

Resíduos Sólidos: Gestão e gerenciamento

Irene Maria Silva de Almeida
Kardelan Arteiro da Silva
Soraya Giovanetti El-Deir
(Org.)

2022



Editora
Universitária
da UFRPE

Resíduos Sólidos: Gestão e gerenciamento

Irene Maria Silva de Almeida
Kardelan Arteiro da Silva
Soraya Giovanetti El-Deir
(Organizadores)

EDUFRPE e Gampe/UFRPE
Recife, 2022
1ª edição



Prof. Marcelo Brito Carneiro Leão
Reitor da UFRPE

Prof. Gabriel Rivas de Melo
Vice-Reitor

Antão Marcelo Freitas Athayde Cavalcanti
Diretor da Editora da UFRPE

Edson Cordeiro do Nascimento
Diretor do Sistema de Bibliotecas da UFRPE

Marco Aurélio Cabral Pereira
Chefe de Criação Gráfica da Editora UFRPE

José Abmael de Araújo
Coordenador Administrativo da Editora UFRPE

Josuel Pereira de Souza
Chefe de Produção da Editora UFRPE



Editora Universitária da UFRPE
Endereço: Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n
Bairro de Dois Irmãos CEP 52171-900 Recife - PE
<http://www.editora.ufrpe.br/>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

R433 Resíduos sólidos: gestão e gerenciamento / Irene Maria Silva de Almeida, Kardelan Arteiro da Silva, Soraya Giovanetti El-Deir, organizadores. – 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2022.
638 p. : il.

Obra disponível em versão eletrônica.
Inclui bibliografia e anexo(s).

1. Gestão integrada de resíduos sólidos 2. Saúde ambiental
3. Gestão ambiental 4. Meio ambiente 5. Desenvolvimento sustentável 6. Engenharia ambiental 7. Sustentabilidade I. Almeida, Irene Maria Silva de, org. II. Silva, Kardelan Arteiro da, org. III. El-Deir, Soraya Giovanetti, org.

CDD 628

ISBN nº 978-65-86547-56-6

COMISSÃO EDITORIAL

IFCE	Adeildo Cabral da Silva
IFAL	Adelmo Lima Bastos
UFCEG	Adriana Saete Dantas de Farias
IFMA	Alessandra dos Santos Silva
UFRRJ	Alexandre Lioi Nascentes
UFOPA	Alice Sabrina Ferreira da Silva
OMS	Aline Carolina da Silva
UFERSA	Amanda Estefânia de Melo Ferreira
UNESP	Ana Claudia Giannini Borges
UFRPE	Ana Karoline Caitano do Nascimento
UFPE	Ana Paula Lima Pacheco
UNINASSAU	Andressa Ribeiro de Queiroz
UFSC	Armando Borges Castilhos Júnior
UFPB	Carlos Antonio Belarmino Alves
IFPE	Christianne Torres de Paiva
UFPB	Claudia Coutinho Nóbrega
IFPE	Claudia Wanderley Pereira Lira
ASCES	Cláudio Emanuel Silva Oliveira
UFPE	Daniella Roberta Silva de Assis
UFRPE	Ednilza Maranhao dos Santos Santos
UNICAP, IFPE	Eduardo Antonio Maia Lins
UFRJ	Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco
UFRR	Elói Martins Senhoras
UFPE	Érika Alves Tavares Marques
UFRRJ	Érika Flávia Machado Pinheiro
MARKET ANALYSIS	Fabian Antonio Echegaray
UNB	Fernanda Santana de Oliveira
UFRPE	Fernando de Figueiredo Porto Neto
UFVJM	Francisco César Dalmo
UNITINS	Fred Newton da Silva Souza
UFERSA	Gabriela Valones Rodrigues de Araújo
UFMA	Glauber Cruz
UFABC	Graziella Colato Antonio
IFBA	Iara Terezinha Queiros Pereira dos Santos
UFSE	Isabela Cristina Gomes Pires
IFCE	Ítalo Emanuel Rolemberg dos Santos
UPE	Iwelton Madson Celestino Pereira
UNIT/AL	Janaina Accordi Junkes
IFCE	Janisi Sales Aragão
IFPA	Jaqueline Maria Soares da Silva
UFCEG	João Batista Alves
IFPE	João Manoel de Freitas Mota
UFAL	Jorge Ferreira da Silva Filho
FGV	José Carlos Barbieri
IFCE	José Lima de Oliveira Junior

UPE	José Luiz Alves
UFRPE	Júlia Barbosa de Almeida Salgado
UFABC	Juliana Tófano de Campos Leite Toneli
IFRN	Julio Cesar de Pontes
UPE	Kalinny Patrícia Vaz Lafayette
UFRPE	Kátia Cristina Silva de Freitas
UFPE	Laís Roberta Galdino de Oliveira
UnB	Leides Barroso Azevedo Moura
IFTO	Liliana Garcia Silva
UFMG	Luciana Alves Rodrigues Macedo
UnB	Lúcio Câmara Silva
IFBA	Luiz Antônio Pimentel Cavalcanti
ITEP	Luiz Filipe Alves Cordeiro
UFPB	Luiz Moreira Coelho Júnior
IFPE	Maria Clara Mavia de Mendonça
UFCEG	Maria de Fátima Nóbrega Barbosa
UNEB	Maristela Casé Costa Cunha
UFPE	Maurício Alves da Motta Sobrinho
UNIVASF	Miriam Cleide Cavalcante de Amorim
EMBRAPA-RR	Oscar José Smiderle
FTC Salvador - BA	Patrícia Carla Barbosa Pimentel
UFPE	Quésia Jemima da Silva
IFRN	Raimundo Nonato Barbosa Felipe
IFRN	Regia Lucia Lopes
INPA - AM	Reinaldo Corrêa Costa
UPE	Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel
IFRN	Renata Carla Tavares dos Santos Felipe
UFPE	Renata Laranjeiras Gouveia
UNIFOR	Roberto Ney Ciarlini Teixeira
UFABC	Rodolfo Sbrolini Tiburcio
UFPE	Rodrigo Cândido Passos da Silva
UNEB	Rosilda Alves Magalhães Menezes
UFPB	Samara Teixeira Pereira
UNICAP, IFPE	Sérgio Carvalho Paiva
UPE	Simone Ferreira Teixeira
UFSCar	Simone Moraes Stange
UFMA	Solange da Silva Nunes Boni
UFRPE	Soraya Giovanetti El-Deir
UFRPE	Suzana Pereira Vila Nova
UFRPE	Thaís Meira Menezes
UFRJ	Tháisa Ferreira Macedo
UFRPE	Vagne de Melo Oliveira
ESMAC	Velber Xavier Nascimento
UFPE	Wagner Jose de Aguiar

APRESENTAÇÃO

A crise desencadeada pela síndrome respiratória aguda grave coronavírus-2 (SARS-CoV-2) e a subsequente pandemia global da COVID-19 mudou a dinâmica da geração de resíduos em quase todos os setores e, portanto, provocou desafios específicos para a capacidade de descarte de resíduos sólidos, bem como a efetivação de políticas relacionadas à redução de produtos plásticos e reciclagem de resíduos.

A crescente geração de resíduos sólidos em países em desenvolvimento sempre foi uma fonte de preocupação ambiental. O advento da pandemia COVID-19 transformou ainda mais a situação em um atoleiro com riscos elevados para a saúde, uma vez que a sociedade já enfrenta os desafios da gestão de resíduos, e os materiais gerados durante o cenário de pandemia se somam aos desafios já existentes. Portanto, garantir a coleta, o transporte e o descarte de resíduos, com riscos mínimos para a saúde e segurança, tornou-se uma tarefa ainda mais desafiadora.

Um dos requisitos essenciais para adaptar as atividades em condições de pandemia é o reconhecimento dos efeitos sobre os resíduos sólidos urbanos e os vários estágios de gestão na saúde pública da população. Práticas de coleta inadequadas podem levar à contaminação dos resíduos sólidos com o vírus, o que pode representar um risco de transmissão. Diante desse cenário, as preocupações em torno da segurança e da higiene durante a pandemia levaram a um aumento substancial na produção de resíduos, com prováveis implicações nos esforços globais de sustentabilidade para reduzir a poluição e a contaminação do meio ambiente.

Prevê-se que a atual situação da pandemia continuará além de 2025. As variações imprevisíveis na quantidade e na composição dos resíduos pressionam os formuladores de políticas a reagir dinamicamente. Sendo assim, desenvolver um plano de curto, médio e longo prazo para o gerenciamento de resíduos sólidos é necessário. A implementação de uma estratégia contínua de gestão e de gerenciamento de resíduos sólidos torna-se, portanto, cada vez mais relevante. Os aspectos de gestão diferem em termos jurídicos, econômicos, governamentais, políticos, administrativos e atores sociais.

O manuseio seguro e a disposição final desses resíduos são elementos vitais para uma resposta efetiva e emergencial. Identificação, coleta, separação, armazenamento, transporte, tratamento e descarte adequados, bem como aspectos associados importantes, incluindo desinfecção, proteção de pessoal e treinamento, tornam-se parte da gestão eficaz de resíduos sólidos. A pandemia levará à criação de um mundo futuro mais forte e diferente como base/lição. Uma questão significativa é como, após a pandemia, as medidas estariam em vigor para enfrentar o problema de resíduos sólidos em direção à solução sustentável.

Desta forma, o presente ebook está dividido em 6 capítulos que apresentam as estratégias de gestão e de gerenciamento de modo a reduzir a carga de resíduos durante a pandemia, bem como no período pós-pandemia. Além de apresentar soluções inovadoras para lidar com os problemas atuais de gestão de resíduos, este livro digital também propõe várias diretrizes importantes para mitigar de forma holística os impactos da geração de resíduos sólidos. Por fim, espera-se que a leitura deste material implique na criação de estratégias específicas para prevenir/ controlar qualquer pandemia de tipo semelhante no futuro próximo.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1. COLETA DE RESÍDUOS

1.1 RECUPERAÇÃO DE ELEMENTOS TERRAS-RARAS DE LÂMPADAS FLUORESCENTES PÓS-CONSUMO	11
1.2. ANÁLISE DA COLETA SELETIVA DE TRÊS CAPITAIS DO NORDESTE POR MEIO DE INDICADORES	23
1.3 GERENCIAMENTO DA COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: DETERMINAÇÃO DA FROTA DE VEÍCULOS COLETORES DO BAIRRO PLANALTO NO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE/CE	33
1.4 PROGRAMAS MUNICIPAIS DE COLETA SELETIVA: CONTEXTO NACIONAL	47
1.5 MODELOS DE COLETA SELETIVA: PRINCÍPIOS E ESPECIFICIDADES	57

CAPÍTULO 2. GERENCIAMENTO

2.1 ACORDOS INTERNACIONAIS E POLÍTICAS PÚBLICAS RELATIVAS AO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS ...	74
2.2 CLASSIFICAÇÃO DE VETORES OCASIONADOS PELO GERENCIAMENTO INADEQUADO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS	90
2.3 COMPREENSÃO DA POPULAÇÃO SOBRE OS RESÍDUOS ESPECIAIS GERADOS NAS RESIDÊNCIAS EM TEMPOS DE PANDEMIA.....	103
2.4 CARACTERIZAÇÃO DO RSU DA CIDADE DE XANGRI-LÁ/RS VISANDO O APROVEITAMENTO EM PROCESSOS DE WTE	117
2.5 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES FACE À PANDEMIA DO COVID-19	133

CAPÍTULO 3. GESTÃO DE RESÍDUOS

3.1 PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS DA PECUÁRIA NO BRASIL: ASPECTOS RELACIONADOS A GESTÃO E SUSTENTABILIDADE.....	144
3.2 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NOS PLANOS MUNICIPAIS PAULISTAS: RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE E COVID-19.....	159
3.3 VISÃO GLOBAL DA COVID-19; IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS NA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS HOSPITALARES E ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS	174
3.4 INICIATIVAS AMBIENTAIS APLICADAS NA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NAS INSTITUIÇÕES DURANTE A PANDEMIA DA COVID-19	190
3.5 GESTÃO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE: ACIDENTES COM PERFUROCORTANTES DOS PROFISSIONAIS DA SAÚDE	204
3.6 RESÍDUOS DOMICILIARES RECICLÁVEIS; DESAFIOS NA GESTÃO DE RESÍDUOS URBANOS DURANTE A PANDEMIA DA COVID-19	215
3.7 AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE ESTUDOS DE CASOS EM ZONAS RURAIS DO ESTADO DE PERNAMBUCO	228

3.8 UMA PERSPECTIVA SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO RAMO DA SAÚDE	242
3.9 GESTÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS; OBSOLESCÊNCIA PROGRAMADA DE CELULARES COMO LIMITANTE DA SUSTENTABILIDADE	247
3.10 ANÁLISE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS; PROJETO ECORECIFE	260

CAPÍTULO 4: DESTINAÇÃO FINAL

4.1 ESTADO DA ARTE DA DISPOSIÇÃO FINAL DE EMBALAGENS DE AGROTÓXICOS: UMA REFLEXÃO.....	274
4.2 COMPOSTAGEM APLICADA AO TRATAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS EM UMA EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE BELÉM/PA	286
4.3 A IMPORTÂNCIA DA UMIDADE CONTROLADA NO USO DA VERMICOMPOSTAGEM PARA TRATAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS	297
4.4 ANÁLISE DOS ESTUDOS SOBRE DESCARTE DE MEDICAMENTOS EM HOSPITAIS NO BRASIL.....	309
4.5 PANDEMIA DA COVID-19 E OS IMPACTOS DA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM LIXÕES NO BRASIL.....	324
4.6 ESTUDO DA VIABILIDADE PARA DESTINAÇÃO DO LODO EM CORPOS HÍDRICOS	339
4.7 MAPEAMENTO DE ÁREAS DE DEPOSIÇÃO IRREGULAR DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM BAIROS DA ZONA NORTE DA CIDADE DO RECIFE-PE.....	351
4.8 LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE ATERROS SANITÁRIOS: PROCEDIMENTOS E CRITÉRIOS PARA A DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE	368

CAPÍTULO 5: TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

5.1 TOMADA DE DECISÃO (MCDM) EM CONJUNTO COM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) PARA SELEÇÃO DE ÁREAS APTAS À INSTALAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE JABOATÃO DOS GUARARAPES/PE	382
5.2 AVALIAÇÃO DE UM SOLO ERODÍVELPROVENIENTE DE UMA ENCOSTA DE ITAMARACÁ/PE BENEFICIADO COM MATERIAL ALTERNATIVO	399
5.3 DIAGNÓSTICO DE UM SOLO DISPERSIVO COM REFORÇO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL	413
5.4 REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS: UM APORTE TEÓRICO.....	425
5.5 UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS LIMPAS PARA SEGURANÇA ENERGÉTICA EM MOMENTOS DE CRISE SANITÁRIA.....	443

5.6 TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÉPTICOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS POR CORONAVÍRUS (SARS-COV-2) ATRAVÉS DE ESTERILIZAÇÃO POR MICROONDAS	460
5.7 TECNOLOGIAS DE DESINFECÇÃO DE RESÍDUOS HOSPITALARES DURANTE A PANDEMIA DA COVID-19 NO BRASIL	472
5.8 QUALIDADE QUÍMICA DO SOLO EM CERRADO MARANHENSE SOB RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS	487
5.9 POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE RECIFE, PERNAMBUCO	499

CAPÍTULO 6: PROCESSOS PRODUTIVOS

6.1 PRODUÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS; INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS ALTERNATIVOS	513
6.2 RESÍDUOS DA MARISCAGEM; UMA ABORDAGEM QUANTITATIVA	525
6.3 REUTILIZAÇÃO E TRANSPORTE DE RCD; ESTUDO DE 101 EDIFÍCIOS DA CIDADE DO RECIFE - PE	537
6.4 MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE BIOSSORÇÃO DE ÍONS METÁLICOS EM EFLUENTES ORIUNDOS DO <i>LITOPENAEUS VANNAMEI</i>	551
6.5 BIOMINERAÇÃO URBANA NO PÓS-COVID-19: UMA “DISPUTA VERDE” POR METAIS CRÍTICOS.....	561
6.6 INDÚSTRIA DE PRODUÇÃO DE COURO: UMA DISCUSSÃO SOBRE OS PRINCIPAIS IMPACTOS OCACIONADOS	570
6.7 MATÉRIA-PRIMA DA PESCA E AQUICULTURA COM POTENCIAL PARA TRATAMENTO DO COVID-19; A SOLUÇÃO ESTÁ NOS RESÍDUOS DO PESCADO?. 581	
6.8 REUTILIZAÇÃO DO RESÍDUO INDUSTRIAL “BORRA DE TINTA” NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CERÂMICA VERMELHA E A INFLUÊNCIA DA PANDEMIA DO COVID-19 NA PRODUTIVIDADE	596
6.9 EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO COMBUSTÍVEL DERIVADO DE RESÍDUOS ORIUNDOS DE PRODUÇÃO MUNICIPAL	610

CAPÍTULO 1. COLETA DE RESÍDUOS

1.1 RECUPERAÇÃO DE ELEMENTOS TERRAS-RARAS DE LÂMPADAS FLUORESCENTES PÓS-CONSUMO

RAMOS, Christofer de Azevedo
CETEM
nicodias14@gmail.com

GONÇALVES, Fábio dos Santos
CETEM
fgoncalves@cetem.gov.br

GIESE, Ellen Cristine
CETEM
egiese@cetem.gov.br

RESUMO

Devido à crise da COVID-19, muitos países endossaram medidas para recuperação de elementos de terras-raras (ETR) a partir de resíduos-eletrônicos. Os ETR se tornaram essenciais como recurso mineral tecnológico e estratégico para o avanço de diversos países. As suas aplicações estão relacionadas a diversos produtos tais como: lâmpadas fluorescentes, catalisadores, telas de computadores e TVs, lasers, entre outros. O presente trabalho buscou avaliar a recuperação de ETR a partir do pó de fósforo de lâmpadas fluorescentes pós-consumo através do processo de bioissorção. Os resultados obtidos demonstraram a presença dos fósforos tricromáticos de ETR contendo cério (Ce), lantânio (La), térbio (Tb) e ítrio (Y). Todos os íons puderam ser recuperados de um licor ácido com taxas de até 34% com o uso do bioissorvente alginato de cálcio.

PALAVRAS-CHAVE: lâmpadas; reciclagem; matérias-primas críticas; bioissorção.

1. INTRODUÇÃO

O uso de lâmpadas fluorescentes (LF) cresceu rapidamente nos últimos anos devido sua alta capacidade de iluminação graças à fluorescência emitida pelo material impregnado em seu vidro, denominado pó de fósforo. Esse pó é constituído de óxidos de metais alcalinos terrosos dopados com elementos terras-raras (ETR) e halofosfatos. Os principais ETR visados na reciclagem de LF são o ítrio (Y) e o európio (Eu), advindos do composto $Y_2O_3:Eu^{3+}$, o qual por muito tempo foi o principal composto fluorescente utilizado na composição das lâmpadas.

A extração e recuperação desses elementos do pó de fósforo por meio de ataque ácido se mostra uma boa alternativa para a recuperação de ETR, porém há ainda muitas dúvidas sobre a viabilidade e o custo benefício para o uso deste processo hidrometalúrgico em grande escala. Vários métodos para extração de ETR a partir do pó de fósforo de LF pós-consumo têm sido propostos para utilização em grande escala. As demandas crescentes por minerais críticos e estratégicos têm impulsionado a mineração urbana, ampliando o desenvolvimento de novas rotas tecnológicas baseadas na biometalurgia para extrair, separar, purificar e recuperar metais críticos a partir de resíduos (GIESE; XAVIER; LINS, 2018; XAVIER et al., 2019; GIESE, 2019; GIESE, 2020a; MARQUES; SILVA; SOBRAL, 2021).

O acesso aos recursos minerais é uma questão de segurança estratégica e autonomia para a maioria dos países. Minerais considerados matérias-primas de maior importância econômica e de alto risco de escassez de abastecimento são denominados minerais críticos. Os minerais críticos são fundamentais para o desenvolvimento de tecnologias verdes, incluindo a produção de energia por meio de turbinas eólicas e veículos elétricos, o que garantirá que o mundo cumpra os objetivos de desenvolvimento sustentável ODS-ONU (LEE; CHA, 2020). A grande maioria dos países desenvolvidos, incluindo os países do G-7, apresentam lacunas em suas reservas minerais naturais, assim como na capacidade de mineração de ETR a partir de fontes secundárias.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi identificar tecnologias baseadas nos processos biohidrometalúrgicos, atualmente desenvolvidas em laboratório, que têm uma perspectiva para a recuperação de metais em larga escala a curto e médio prazos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Lâmpadas fluorescentes

A fluorescência é a capacidade que uma substância tem de emitir luz quando exposta a alguns tipos de radiação. As lâmpadas que se fundamentam nesse princípio são constituídas basicamente por um tubo de vidro transparente, dois eletrodos, um em cada extremidade, uma mistura de gases à baixa pressão (um gás inerte, normalmente argônio, somado a vapor de mercúrio) e um material luminescente que reveste internamente o tubo, geralmente pó de fósforo (JÚNIOR; WINDMÖLLER, 2008).

De maneira geral, uma LF é constituída por: vidro (88%), metais (5%), plástico (4%), pó de fosfato (3%) e mercúrio (0,005%). A composição da fração de fósforo da lâmpada obtida após o esmagamento e peneiramento é de halofosfato de cálcio (45%), partículas de vidro fino e sílica (20 a 30%), alumina (12%), fósforos de ETR (10% a 20%) e uma fração residual mista (5%) (JANG et al., 2005; WU et al., 2014). As LF têm sido destinadas à reciclagem (OLIVEIRA; RAMOS, 2015), porém, o resíduo de pó de fósforo tem sido destinado aos aterros sanitários.

Os cinco fósforos de ETR mais comuns em LF estão apresentados na Tabela 1. As LF mais antigas podem ser ainda constituídas de uma fração de halofosfato de cálcio e estrôncio ((Sr,Ca)₁₀(PO₄)₆(Cl,F)₂:Sb³⁺, Mn²⁺). Este halofosfato não contém ETR e é frequentemente utilizado em mistura com fósforos de ETR para obter uma boa renderização de cores. O fósforo vermelho têm maior valor intrínseco dentre os fósforos para os recicladores, porque contém maiores concentrações de ítrio (Y) e európio (Eu), e muitas vezes se apresentam em maiores proporções nas frações de fósforo recicladas (até cerca de 20% em peso) (BINNEMANS; JONES, 2014).

Tabela 1. Composição e concentração dos fósforos utilizados em lâmpadas fluorescentes.

Tipo de fósforo	Compostos contendo ETR
Fósforo vermelho	Y ₂ O ₃ :Eu ³⁺
Fósforo azul	BaMgAl ₁₀ O ₁₇ :Eu ²⁺ (Sr,Ca,Ba) ₅ (PO ₄) ₃ Cl: Eu ²⁺
Fósforo verde	LaPO ₄ :Ce ³⁺ , Tb ³⁺ GdMgB ₅ O ₁₀ :Ce ³⁺ , Tb ³⁺ (Ce,Tb)MgAl ₁₁ O ₁₉ (Sr,Ca,Ba,Mg) ₅ (PO ₄) ₃ Cl:Eu ²⁺

2.2. Elementos terras-raras

Os ETR são um grupo de elementos químicos da série dos lantanídeos (do lantânio (La, Z=57) até o lutécio (Lu, Z=71)), acrescidos do escândio (Sc) e do ítrio (Y), que apresentam comportamentos químicos similares devido sua configuração eletrônica. Em geral, os elementos químicos de números atômicos inferiores aos do elemento gadolínio (Gd) são classificados como ETR leves, e os de números atômicos superiores aos do európio (Eu) são classificados como ETR pesados. Os ETR pesados são mais escassos e difíceis de processar quando comparadas aos ETR leves, o que os torna proporcionalmente mais valiosos (SOUZA, NASCIMENTO, GIESE, 2019).

Atualmente, a China é responsável pela produção de 90% das matérias-primas que contém os elementos ETR e 84,1% dos óxidos de ETR, o que equivaleu à produção de 122.220 toneladas de óxidos de ETR em 2016 (SUMÁRIO MINERAL, 2017). O restante da produção global de ETR é distribuído entre Austrália (11,2%), Malásia, Brasil, Índia,

Rússia e Vietnã (ZHOU et al., 2017). A taxa de crescimento anual da demanda global de ETR aumentou em 5% em 2020, devido à grande corrida pelo desenvolvimento de altas tecnologias que impulsionam o mercado de energia renovável.

A extração de terras-raras a partir de seus minérios de origem, como a monazita e o xenotímio, é realizada por processos físicos de separação granulométrica, flotação e separação magnética. Após as etapas de processamento mineral, as amostras são então separadas através de métodos baseados na extração líquido-líquido (extração por solventes) ou sólido-líquido (troca iônica) (VERA, 2015).

A troca iônica é preferencial nas etapas finais de polimento dos produtos obtidos nas etapas anteriores, devido à baixa concentração de ETR a serem retiradas da solução (TEXIER et al., 2002). Os ETR apresentam propriedades óticas, químicas, magnéticas e físicas extraordinárias devido à sua configuração especial de elétrons na camada 4f. O efeito de contração dos lantanídeos torna seus tamanhos e propriedades muito semelhantes e sua separação uma da outra muito difícil.

Neste contexto, a biossorção tem sido descrita na literatura científica como uma ferramenta potencial de troca iônica para a recuperação e separação de ETR (ANDRÈS et al., 2000; DAS; DAS, 2013; GIESE, MAGALHÃES, EGLER; 2016; GIESE, 2020a). O processo de adsorção pode ser físico (fisissorção) entre o adsorvato e o adsorvente através de forças de Van der Waals (dipolo-dipolo ou dipolo induzido); ou químico (quimissorção), quando envolve reações químicas. Este processo pode ocorrer com outros elementos além dos ETR, como metais e corantes (SILVA et al., 2018.; SOUZA et al., 2019; ALMEIDA et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2021).

A biossorção é um termo que descreve a remoção de íons metálicos, radioisótopos ou ETR, por sua ligação passiva com sítios ativos de biomassas vivas ou inativas (mortas) em soluções aquosas. Neste processo, a interação íon-biomassa é baseada nas propriedades químicas dos revestimentos celulares do biossorvente e não em sua atividade biológica (AZEVEDO, FERREIRA, SOBRINHO, 2021).

O alginato é um polissacarídeo linear constituído por unidades de ácido manurônico e ácido gulurônico. As propriedades mecânicas das esferas de gel de alginato obtidas dependem basicamente de sua composição monomérica e do grau de polimerização, sendo que a capacidade de formar gel depende da presença de íons divalentes como Ca^{2+} ou Mg^{2+} assim como de resíduos de ácido gulurônico, os quais atuam como sítios ativos e fornecem a capacidade de adsorção a este biossorvente (COIMBRA et al., 2017).

As esferas de alginato são comumente obtidas através da técnica do gotejamento de solução de alginato de sódio em solução de cloreto de cálcio. A formação do gel de alginato de cálcio consiste em uma reação denominada gelificação iônica, na qual os íons Ca^{2+} em solução se ligam aos resíduos de guluronato ou manurato (GIESE, 2015). O gel de alginato de cálcio tem sido aplicado em diferentes processos de biossorção, incluindo os processos de recuperação de ETR de soluções (GIESE, 2020b; GIESE et al., 2020).

Em virtude da escassez natural, que demanda esforço minerário extrativista brutal - a título de exemplo a fração de grama de ETR em tonelada de material minerado -, reservas situadas em poucos pontos do planeta, e, também, devido ao papel chave nas novas tecnologias, a questão das matérias-primas críticas, como é o caso das ETR, ganha ares de alta prioridade. É este o cenário que indica ser a reciclagem um protagonista a ser ativado nesse processo visando minorar dependência e escassez.

Do ponto de vista da reciclagem dos produtos pós-consumo, os grandes desafios são extrair e recuperar as ETR, uma vez que são usados em pequenas quantidades dentro de estruturas complexas. Atualmente, as perdas de metais críticos nas diferentes etapas das cadeias de coleta e tratamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) são bastante elevadas (RIZZO et al., 2020). A aplicação dos princípios de restauração, reciclagem e regeneração da produção, básicos na economia circular (SILVA et al., 2018; MEDEIROS et al., 2019; CERQUEIRA-STREIT et al., 2021), pode proporcionar a recuperação de ETR de resíduos eletroeletrônicos, com potencial uso de técnicas biohidrometalúrgicas, como a bioissorção (GIESE; XAVIER; LINS, 2018; GIESE, 2021).

3. METODOLOGIA

3.1. Amostra de pó de fósforo

A amostra utilizada nesse trabalho representa uma amostra de pó de fósforo obtido de lâmpadas fluorescentes pós-consumo fornecida gentilmente pela empresa Tramppo Comércio e Reciclagem de Produtos Industriais.

3.2. Caracterização da amostra de pó de fósforo

O quarteamento do pó de fósforo foi realizado no CETEM. Uma amostra representativa de 20g foi pulverizada em moinho de barra. A caracterização foi realizada através de análise química (fluorescência de raios-X) e mineralógica (difração de raios-X e microscopia eletrônica de varredura acoplada ao EDS).

3.3. Testes de recuperação de ETR do pó de fósforo

O pó de fósforo foi submetido à uma lixiviação clorídrica à 90° C durante 4 horas. A concentração de HCl utilizada foi igual a 2M e o teor de sólidos (% m/v) correspondeu a 20%. Para a recuperação de ETR, foi utilizado o processo de bioissorção com o uso do bioissorvente alginato de cálcio. O bioissorvente foi obtido através do gotejamento de 10 mL de solução de alginato de sódio 2% (m/v) em 15 mL de solução CaCl₂ 1M.

O processo de bioissorção foi conduzido em frascos de Erlenmeyer de 125 mL contendo 20 mL do licor ácido lixiviado. Os frascos permaneceram sob agitação constante de 150 rpm à 30 °C. A cinética do processo de bioissorção foi avaliada nos tempos de 30min, 1h, 2h, 4h, 6h e 24h. Após o término do tempo de contato, as soluções foram filtradas para

remoção do pó fosfórico e analisadas utilizando espectrometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES, marca Horiba, modelo ULTIMA 2).

O processo de bioissorção foi expresso pela capacidade de bioissorção (q) e pela eficiência de remoção (%) de ETR, calculadas de acordo com a Equação 1 e Equação 2:

$$q = \left(\frac{C_i - C_e}{m} \right) \cdot V \quad (1)$$

$$\% = \left(\frac{C_i - C_e}{C_i} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

em que, C_i é a concentração inicial de ETR em solução (mg/L); C_e é a concentração em equilíbrio de ETR em solução (mg/L); m é a massa do bioissorvente na mistura reacional (g); V é o volume da mistura reacional (L).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

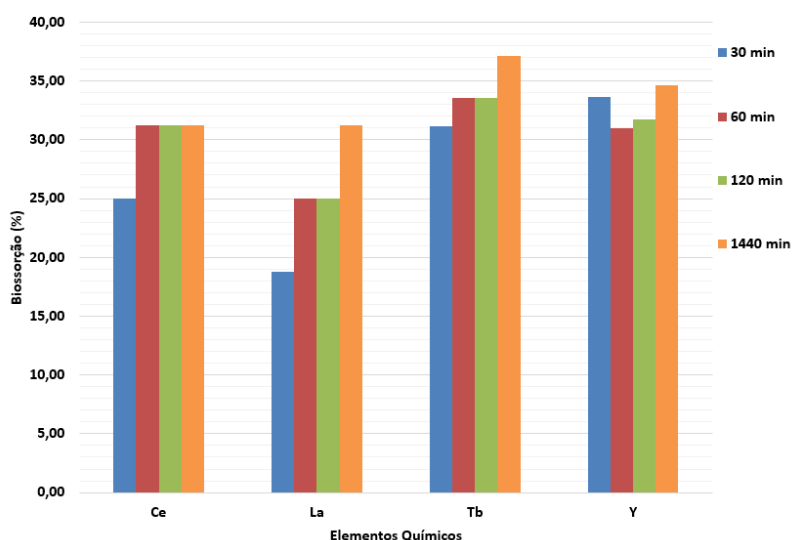
A Tabela 1 mostra a análise química da amostra de pó de fósforo estudada. A análise química demonstrou que o percentual de óxidos de ETR na amostra corresponde a cerca de 1,45%, correspondendo a 1% de Y_2O_3 , 0,13% de La_2O_3 , 0,13% de Tb_2O_3 e 0,19% de Ce_2O_3 . O componente com maior massa presente é a sílica (SiO_2 , 37,2%) e o cálcio (CaO , 20,9%).

Tabela 1. Análise química da amostra de pó de fósforo de lâmpadas fluorescentes pós-consumo.

Na₂O (%)	MgO (%)	Al₂O₃ (%)	SiO₂ (%)	P₂O₅ (%)	SO₃ (%)	K₂O (%)	CaO (%)	MnO (%)
10	1,8	3,9	37,2	20	0,15	0,5	20,9	0,32
Fe₂O₃ (%)	Y₂O₃ (%)	Sb₂O₃ (%)	BaO (%)	La₂O₃ (%)	Ce₂O₃ (%)	Tb₂O₃ (%)	F (%)	Cl (%)
0,83	1	0,18	0,18	0,13	0,19	0,13	0,54	0,26

A amostra de pó de fósforo foi submetida à lixiviação clorídrica onde se obteve um licor ácido constituído por 36,5 g/L de Ca, 1,6 mg/L de Ce, 1,6 mg/L de La, 118 mg/L de Mg, 16,6 g/L de P, 0,82 mg/L de Tb e 2,0 g/L de Y. Este licor ácido foi submetido a um processo de bioissorção para avaliação da recuperação de ETR. A Figura 1 ilustra a bioissorção de ETR em diferentes tempos de contato. Pode-se observar que a bioissorção de ETR foi maior nos maiores tempos de contato correspondendo a porcentagens entre 31,25 e 37,13%. As taxas de porcentagem foram baixas provavelmente pela competição dos sítios ativos do bioissorvente alginato de cálcio com os outros íons metálicos disponíveis em maiores concentrações em solução.

Figura 1. Bioissorção de ETR de um licor ácido de pó de fósforo de lâmpadas fluorescentes pós-consumo.



A capacidade de bioadsorção (q) e as porcentagens de eficiência de remoção (%) das diferentes ETR avaliadas estão demonstradas nas Tabelas 1 a 4. Apesar das taxas de porcentagem de bioadsorção serem similares, a capacidade bioadsorção de íons Y foi maior, uma vez que estes estavam em maior quantidade no licor lixiviado.

Tabela 1. Capacidades de bioadsorção (q) e eficiência de remoção de Ce a partir de um licor ácido lixiviado de lâmpadas fluorescentes pós-consumo para o bioadsorvente alginato de cálcio.

Tempo de contato (min)	q (mg/g)	Bioadsorção (%)
30	0,001	25,00
60	0,001	31,25
120	0,001	31,25
1440	0,001	31,25

Tabela 2. Capacidades de bioadsorção (q) e eficiência de remoção de La a partir de um licor ácido lixiviado de lâmpadas fluorescentes pós-consumo para o bioadsorvente alginato de cálcio.

Tempo de contato (min)	q (mg/g)	Bioadsorção (%)
30	0,001	18,75
60	0,001	25,00
120	0,001	25,00
1440	0,001	31,25

Tabela 3. Capacidades de bioadsorção (q) e eficiência de remoção de Tb a partir de um licor ácido lixiviado de lâmpadas fluorescentes pós-consumo para o bioadsorvente alginato de cálcio.

Tempo de contato (min)	<i>q</i> (mg/g)	Biossorção (%)
30	0,001	31,14
60	0,001	33,53
120	0,001	33,53
1440	0,001	37,13

Tabela 4. Capacidades de biossorção (*q*) e eficiência de remoção de Y a partir de um licor ácido lixiviado de lâmpadas fluorescentes pós-consumo para o biossorvente alginato de cálcio.

Tempo de contato (min)	<i>q</i> (mg/g)	Biossorção (%)
30	13,95	33,65
60	12,84	30,97
120	13,17	31,77
1440	14,36	34,64

5. CONCLUSÕES

Tendo em vista a escassez iminente de metais críticos e a necessidade de reagir à crise da COVID-19, a recuperação de elementos terras-raras à partir de resíduos eletroeletrônicos é uma oportunidade única para transformar nossa economia para criar um futuro sustentável e desejável. O presente trabalho demonstrou a capacidade de recuperação destes íons através da biossorção dos mesmos após lixiviação ácida. Os resultados obtidos demonstraram a eficiência do biossorvente alginato de cálcio para adsorção de íons Ce, La, Tb e Y em solução.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Serviço Nacional de Aprendizagem do Cooperativismo (SESCOOP) pelo apoio financeiro no âmbito do Projeto CNPq/SESCOOP nº 403048/2018-4. Christofer Azevedo Ramos agradece a bolsa PIBIC-CNPq-CETEM. Fábio dos Santos Gonçalves agradece a bolsa PCI-CNPq-CETEM.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.J.G.A.; GUEDES, F.L.; SANTOS JR., J.I.; TAVARES, C.M. Aplicação de carvão ativado proveniente de resíduos de madeira para remoção de corante têxtil através de processo de adsorção. In: ALMEIDA, I.M.S.; GUEDES, F.L.; EL-DEIR, S.G.; MENEZES, N.S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 353-365.
- ANDRÈS, Y.; THOUAND, G.; BOUALAM, M.; MERGEAY, M. Factors influencing the biosorption of gadolinium by micro-organisms and its mobilization from sand. **Applied Microbiology and Biotechnology**, 2020, v. 54, p. 262-267.

AZEVEDO, F.G.; FERREIRA, F.G.D.; MOTTA SOBRINHO, M.A. Remoção de metais pesados presentes em efluentes pelo gênero *Saccharomyces*. In: ALMEIDA, I.M.S.; GUEDES, F.L.; EL-DEIR, S.G.; MENEZES, N.S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 417-427.

BINNEMANS, K.; JONES, P.T. Perspectives for the recovery of rare earths from end-of-life fluorescent lamps. **Journal of Rare Earths**, 2014, v. 32, p.195-200.

CERQUEIRA-STREIT, J.A.; SANTOS, M.P.; GUARNIERI, P.; LAFAYETE, K.P.V. Gestão de resíduos sólidos industriais como contributo à economia circular e indústria 4.0; uma revisão de literatura. In: ALMEIDA, I.M.S.; GUEDES, F.L.; EL-DEIR, S.G.; MENEZES, N.S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 205-218.

COIMBRA, N. V.; NASCIMENTO, M.; GIESE, E. C. Avaliação do uso de biomassa bacteriana imobilizada na bioissorção de terras-raras leves e médias. **HOLOS**, 2017, v. 6, p. 136-146.

DAS, N.; DAS, D. Recovery of rare earth metals through biosorption: An overview. **Journal of Rare Earths**, 2013, v. 31, p. 933.

GIESE, E.C. **Potencial biotecnológico do uso de micro-organismos imobilizados em gel de alginato de cálcio**. Série Tecnologia Ambiental, 2015. CETEM/MCTIC, 49p.

GIESE, E.C.; MAGALHÃES, D.P.; EGLER, S.G. **Biossorção de elementos de terras-raras**. Série Tecnologia Mineral, 2016. CETEM/MCTIC, 75p.

GIESE, E.C.; XAVIER, L.H.; LINS, F.A.F. Urban biomining: the future of recycling of electrical and electronic waste. **Brasil Mineral**, 2018, v. 385, p. 36-39.

GIESE, E.C. Challenges of biohydrometallurgy in the circular economy. **Insights in Mining, Science and Technology**, 2019, v. 4, Article 555569.

GIESE, E.C. Mining applications of immobilized microbial cells in alginate matrix: an overview. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, 2020, v. 36, p. 775-787.

GIESE, E.C. Biosorption as green technology for the recovery and separation of rare earth elements. **World Journal of Microbiology and Biotechnolog**, 2020, v. 36, p. 52.

GIESE, E.C.; SILVA, D. D.V.; COSTA, A.F.M.; ALMEIDA, S.G.C.; DUSSAN, K.J. Immobilized microbial nanoparticles for biosorption. **Critical Reviews in Biotechnology**, 2020, v. 40, p. 653-666.

GIESE, E.C. Biomining in the post-COVID-19 circular bioeconomy: a “green dispute” for critical metals. **International Research Journal of Multidisciplinary Technovation**, 2021, v. 3, p. 35-38.

JANG, M.; MOHONG, S.; PARK, K. Characterization and recovery of mercury from spent fluorescent lamps. **Waste Management**, 2005, v. 25, p. 5-14.

JÚNIOR, W.A.D.; WINDMÖLLER, C.C. A Questão do mercúrio em lâmpadas fluorescentes. **Revista Química Nova Escola**, 2008, n. 28, p. 15-19.

LEE, K.; CHA, J. Towards improved circular economy and resource security in South Korea. *Sustainability*, v. 13, 2020, Article 17.

MARQUES, E.A.T.; SILVA, A.C.; SOBRAL, M.C. Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos e mineração urbana. In: ALMEIDA, I.M.S.; GUEDES, F.L.; EL-DEIR, S.G.; MENEZES, N.S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 606-621.

MEDEIROS, A.M.A.; MARINHO, J.I.M.; COUTINHO, C.N.; LEITE, T.R.N. Logística reversa e economia circular dos resíduos eletroeletrônicos. In: NUNES, I.L.S.; PESSOA, L.A.; EL-DEIR, S.G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 287-296.

OLIVEIRA, R.S.; RAMOS, J.B.E. Análise comparativa do gerenciamento logístico reverso de lâmpadas fluorescentes pós-consumo em instituições de ensino federais. In: AGUIAR, A.C.; SILVA, K.A.; EL-DEIR, S.G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologias limpas e boas práticas**. 1ª ed. Recife: Gampe/UFRPE, 2015. p. 127-141.

SOUZA, A.C.S.P.; NASCIMENTO, M.; GIESE, E.C. Desafios para a extração sustentável de minérios portadores de terras raras. **HOLOS**, 2019, v. 1, p. 1-9.

SUMÁRIO MINERAL. Agência Nacional da Mineração, 2017, v. 37.

OLIVEIRA, J.L.S.; MEDEIROS, T.K.F.; LUTOSA, E.A.; SILVA, E. Aplicação da inteligência artificial na remoção de metais pesados de efluentes. In: ALMEIDA, I.M.S.; GUEDES, F.L.; EL-DEIR, S.G.; MENEZES, N.S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 155-166.

RIZZO, A.; GOEL, S.; GRILLI, M.L.; IGLESIAS, R.; JAWORSKA, L.; LAPKOVSKIS, V.; NOVAK, P.; POSTOLNYI, B.O.; VALERI, D. The critical raw materials in cutting tools for machining applications: A Review. **Materials**, 2020, v. 13, p. 1377.

SILVA, R.P.; VILA NOVA, S.P.; BEJAN, C.C.C.; FREITAS, K.C.S. Adsorção de corantes têxteis utilizando a estrutura metal-orgânica $[Cu_3(BTC)_2 \cdot (H_2O)_3]_n$ com obtenção de resíduo sólido inerte. In: SILVA, R.C.P.; SANTOS, J.P.O.; MELLO, D.P.; EL-DEIR, S.G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologias e boas práticas de economia circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 184-193.

SILVA, A.M.B.; RIBEIRO, A.R.B.; SANTOS, M.V.N.; LIMA, T.L.A. Impactos ambientais, sociais e econômicos da logística reversa: uma revisão bibliográfica. In: SANTOS, J.P.O.; SILVA, R.C.P.; MELLO, D.P.; EL-DEIR, S.G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 186-197.

SOUZA, K.C.; MARQUES, O.M.; GOMES, M.J.F.; CAMPÊLO, J.M. Remoção de corantes têxteis por biomassa mista de *Aspergillus niger* e casca de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) In: AGUIAR, A.C.; SILVA, K.A.; EL-DEIR, S.G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 264-275.

TEXIER, A.C.; ANDRÈS, Y.; FAUR-BRASQUET, C.; LE CLOIREÇ, P. Fixed-bed study for lanthanide (La, Eu, Yb) ions removal from aqueous solutions by immobilized *Pseudomonas aeruginosa*: experimental data and modelization. **Chemosphere**, 2002, v. 47, p. 333-342.

WU, Y.; YIN, X.; ZHANG, Q.; WANG, W.; MU, X. The recycling of rare earths from waste tricolor phosphors in fluorescent lamps: A review of processes and technologies. **Resources, Conservation and Recycling**, 2014, v. 88, p. 21-31.

ZHOU, B.; LI, Z.; CHEN, C. Global potential of rare earth resources and rare earth demand from clean technologies. **Minerals**, 2017, v. 7, p. 203-217.

VERA, Y.M. **Separação de terras raras a partir da extração por solvente: revisão sobre o uso dos extratantes ácidos organofosforados**. Série Tecnologia Mineral, 2015. CETEM/MCTIC, 59p.

XAVIER, L. H.; DUTHIE, A. C.; GIESE, E. C.; LINS, F. A. F. Sustainability and the circular economy: A theoretical approach focused on e-waste urban mining. **Resources Policy**, 2019, Article 101467.

1.2. ANÁLISE DA COLETA SELETIVA DE TRÊS CAPITAIS DO NORDESTE POR MEIO DE INDICADORES

SÁ, Ana Cecília Novaes de
UFPB
ananovaes1@gmail.com

ALVES, Natanael Batista Pereira
Gampe/UFRPE
natanaelbpa@hotmail.com

LACERDA, Gleyton Lopes Barboza
UFRPE
gleytonlb@gmail.com

SÁ, Victória Eduarda Novaes de
UPE
victoria.eduarda@upe.br

RESUMO

A coleta seletiva proporciona a reinserção dos resíduos sólidos na cadeia produtiva, conferindo novas formas de uso, além da valorização econômica, ambiental e social. No Nordeste, a coleta seletiva ainda é incipiente, funcionando de forma lenta e precária, por esta razão, faz-se necessária a utilização de ferramentas para o monitoramento e compreensão da complexidade do sistema. Neste sentido, o objetivo do estudo é avaliar a evolução da coleta seletiva por meio de indicadores em três capitais do nordeste brasileiro. Quatro indicadores foram extraídos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), para avaliar a coleta seletiva de João Pessoa-PB, Natal-RN e Recife-PE ao longo de 5 anos, de 2015 a 2019. A análise mostrou que os sistemas ainda são precários nas três capitais estudadas, entretanto, Natal e Recife apresentaram o pior desempenho, com os menores índices de massa coletada. João Pessoa foi a capital com melhor oferta do serviço, onde apresentou a maior taxa de cobertura e, conseqüentemente, maior volume de resíduos coletado seletivamente. Apesar da evolução gradual da coleta seletiva, nota-se que os programas demandam de incentivos financeiros e políticos, estruturação organizacional e sistematização do processo de coleta.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de resíduos; Resíduos sólidos; Reciclagem.

1. INTRODUÇÃO

O elevado crescimento populacional aliado ao capitalismo instalado na sociedade tem gerado aumento na demanda por uso dos recursos naturais, de forma que tais recursos são transformados em produtos, e posteriormente descartados ao término da sua vida útil (SILVA et al., 2018). Desta forma, o estudo dos resíduos sólidos tem apresentado relevância, visto que a elevação da sua produção tem sido contínua, se configurando em uma problemática de grande potencial de impacto ao meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2021).

Visando a regularização dos resíduos sólidos em âmbito nacional, a Política Nacional de Resíduos Sólidos foi criada por meio da promulgação da Lei Federal nº 12.305 (BRASIL, 2010), na qual estabelece instrumentos para o desenvolvimento de atividades que incentivem a não geração, redução, reutilização e reciclagem dos resíduos (PIMENTEL et al., 2018). Estes instrumentos promovem a valorização dos resíduos, conferindo novas formas de uso e aproveitamento destes materiais no processo produtivo. Esta Lei delimitou as responsabilidades do gerenciamento entre os âmbitos do poder público federal, estadual e municipal (ALMEIDA, 2020).

Os resíduos sólidos urbanos estão associados de forma intrínseca a inúmeros transtornos ambientais e de saúde pública, visto que é comum a destinação inapropriada em corpos hídricos, vias públicas, lixões e até mesmo a queima a céu aberto (DANTAS; LOPES, 2019). Neste sentido, a coleta seletiva apresenta-se como uma importante ferramenta no gerenciamento dos resíduos, capaz de mitigar os impactos ao meio, assim como otimizar a gestão dos mesmos (SILVA et al., 2021).

A coleta seletiva se alicerça na coleta de resíduos segregados mediante a sua composição gravimétrica, visando a valorização e reciclagem (LIMA; FREIRE, 2019). Dentre as principais vantagens, pode ser apontada a redução do volume de resíduos destinado a aterros sanitários, promovendo o aumento da vida útil dos aterros, redução de custo de transporte e consumo energético. Otimiza o volume de material reciclado, possibilitando a volta de produtos a cadeia econômica, diminui a poluição do solo, da água e do ar. Também são apontados benefícios na esfera social em virtude do fortalecimento de associações e cooperativas de catadores, gerando emprego e renda pela comercialização dos produtos (AGOVINO; MUSELLAB, 2020).

Diante das exigências legais e da necessidade de implantação de mecanismos que garantam o diagnóstico e monitoramento preciso de uma situação, torna-se indispensável a inclusão de ferramentas que incorporem estes requisitos. Os indicadores são instrumentos eficientes, capazes de fornecer informações úteis e indispensáveis aos gestores e autoridades a respeito do processo de gestão (TAVARES et al., 2021).

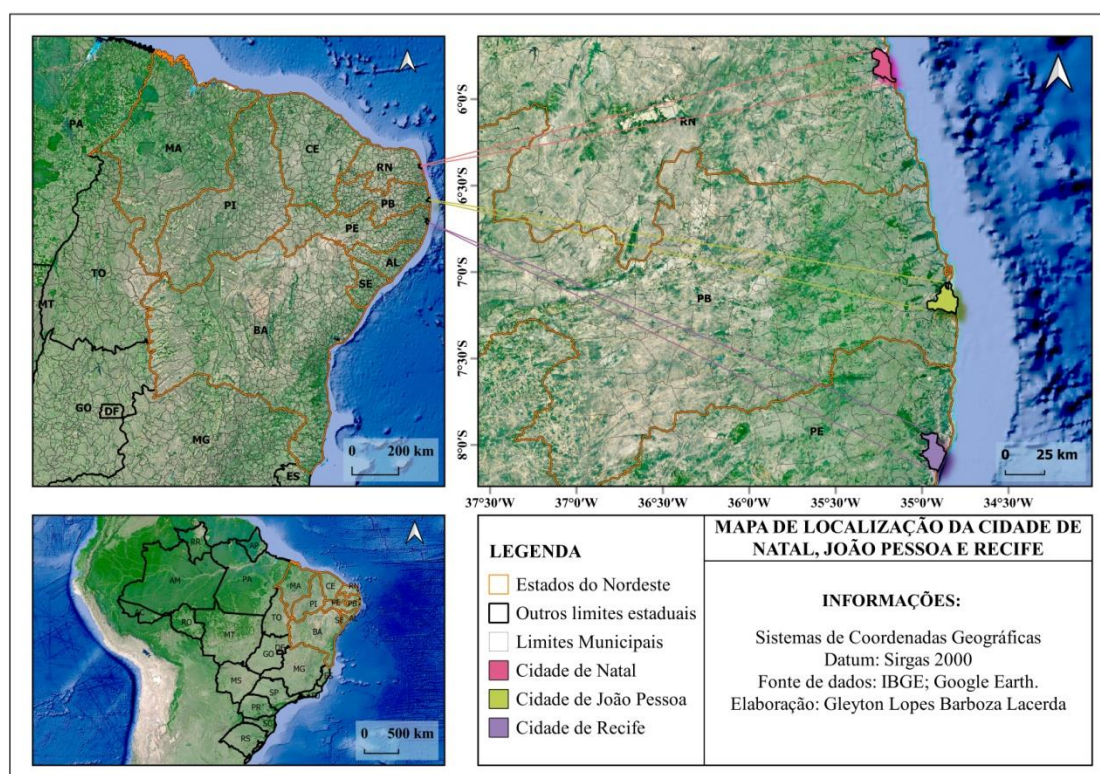
Indicadores voltados para análise do cenário da coleta seletiva têm sido cada vez mais difundidos, possibilitando uma avaliação do serviço por meio da determinação de métricas. Assim, é possível subsidiar a gestão do programa de coleta seletiva por meio da

identificação de problemas, auxílio para planejamento de ações, assim como a otimização de processos, gerando benefícios ambientais, sociais e econômicos (PORTO FILHO; MELO, 2021). Deste modo, o presente artigo tem como objetivo avaliar a evolução da coleta seletiva por meio de indicadores em três capitais do nordeste brasileiro.

2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado em três capitais da região Nordeste: João Pessoa, Paraíba; Natal, Rio Grande do Norte e Recife, Pernambuco. A seleção destes municípios se deu a partir do porte populacional e integralidade dos dados, respeitando a série histórica de 5 anos a partir do último ano de referência, 2019. Inicialmente, todas as capitais nordestinas com mais de 800.000 habitantes foram selecionadas, a partir disso, foi analisada a consistência dos dados ao longo dos anos de 2015 a 2019, possibilitando a exclusão de municípios que não apresentavam informações capazes de representar a relevância dos indicadores.

Figura 1 – Mapa de Localização das cidades de João Pessoa, Natal e Recife



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Esta análise de cunho quali-quantitativo, teve como fonte os indicadores de coleta seletiva do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS do ano de 2019 (SNIS, 2019). Levando em consideração os dados secundários disponíveis e a importância das ferramentas em fornecer informações que contribuem para a identificação das lacunas existentes no âmbito da coleta seletiva, quatro indicadores foram escolhidos conforme mostrado no Quadro 1. Dantas e Lopes (2019) selecionaram quatro indicadores que pudessem apresentar a situação da coleta seletiva em momentos distintos na cidade de

Natal, levando em consideração a disponibilidade das informações, sendo possível a realização das análises.

Quadro 1 – Indicadores selecionados e respectivas unidades de medida e fórmula de cálculo

Código	Indicador	Unidade de Medida	Fórmula de Cálculo
IN030	Taxa de cobertura do serviço de coleta seletiva porta-a-porta em relação à população urbana do município	%	$(\text{População urbana do município atendida com a coleta seletiva do tipo porta a porta executada pela Prefeitura (ou SLU)} / \text{População Urbana}) * 100$
IN031	Taxa de recuperação de materiais recicláveis (exceto matéria orgânica e rejeitos) em relação à quantidade total (rdo + rpu) coletada	%	$(\text{Quantidade total de materiais recicláveis recuperados} / \text{Quantidade total de resíduo domiciliar e público coletado}) * 100$
IN032	Massa recuperada per capita de materiais recicláveis (exceto matéria orgânica e rejeitos) em relação à população urbana	kg/hab/ano	$(\text{Quantidade total de materiais recicláveis recuperados} / \text{População Urbana}) * 1000$
IN054	Massa per capita de materiais recicláveis recolhidos via coleta seletiva	kg/hab/ano	$(\text{Quantidade total recolhida pelos agentes executores da coleta seletiva} / \text{População urbana}) * 1000$

Fonte: SNIS, 2019.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quatro indicadores foram extraídos do SNIS com o intuito de avaliar, inicialmente, o desempenho da coleta seletiva dos municípios de João Pessoa-PB, Natal-RN e Recife-PE, no período de cinco anos. A Tabela 1 apresenta os resultados dos indicadores para cada capital e os valores médios encontrados.

Tabela 1 – Resultado dos indicadores para o período de 2015 a 2019 nos municípios de João Pessoa, Natal e Recife.

Indicadores	Município	2015	2016	2017	2018	2019	Média
Pop. Urbana (hab)	João Pessoa	788.452	798.693	808.536	797.303	805.962	799.789
	Natal	869.954	877.662	885.180	877.640	884.122	878.912
	Recife	1.617.183	1.625.583	1.633.697	1.637.834	1.645.727	1.632.005
Resíduos Sólidos Domiciliares coletados (ton/ano)	João Pessoa	270517,88	288607,71	250848,29	259003,88	255933,23	264.982
	Natal	314357,88	313939,7	306936,17	365186	406607,7	341.405
	Recife	820477,8	818806,16	822893,18	860845,55	871001,01	838.805
	João Pessoa	20003,03	21061,53	3500,96	23209,49	14523,44	16.460
	Natal	2949,14	2984,05	3053,87	3150,73	3677,95	3.163

Massa coletada seletivamente (ton/ano)	Recife	2991,79	2698,47	2466,88	2800,7	2995,22	2.791
IN030 (%)	João Pessoa	13,95	28,8	26,72	27,09	43,43	28,00
	Natal	13,12	13	12,89	13	13,04	13,00
	Recife	24,81	24,8	27	30	29,86	27,00
IN031 (%)	João Pessoa	1,46	2,07	1,39	5,31	4,57	2.96
	Natal	0,78	0,79	0,83	0,72	0,76	0.78
	Recife	0,16	0,25	0,27	0,2	0,21	0.22
IN032 (kg/hab/ano)	João Pessoa	4,97	7,47	4,33	17,23	14,53	9.71
	Natal	2,84	2,83	2,88	3	3,47	3.00
	Recife	0,83	1,25	1,35	1,04	1,09	1.11
IN054 (kg/hab/ano)	João Pessoa	25,37	26,37	4,33	29,11	18,02	20.64
	Natal	3,39	3,4	3,45	3,59	4,16	3.60
	Recife	1,85	1,66	1,51	1,71	1,82	1.71

Ao longo dos anos analisados, foi possível observar franca evolução na geração de resíduos sólidos domiciliares (RSD) nos municípios de Natal-RN e Recife-PE, correspondendo a média per capita de 1,06 kg/hab.dia e 1,41 kg/hab.dia, respectivamente. Em contrapartida, a produção de resíduos em João Pessoa-PB apresentou variações para o período, demonstrando redução do quantitativo gerado no ano de 2019, com taxa média de geração de 0,91 kg/hab.dia. De acordo com dados da ABRELPE (2019) a média nacional de geração per capita diária foi de 1,039 kg para o ano de 2019, este dado revela que a taxa per capita de Recife é superior à nacional, enquanto João Pessoa apresenta valor inferior à média nacional e das capitais estudadas.

Um fator que pode ter contribuído diretamente para o aumento da geração de resíduos na cidade de Recife e Natal foi o crescimento populacional, conforme apontado na Tabela 1. O adensamento populacional resulta na produção de um maior número de bens e serviços para a sociedade, provocando a ascensão na quantidade de resíduos gerados (Gutierrez-Gomes et al., 2021), tornando um problema de ordem mundial, principalmente em locais que não possuem sistemas de gestão eficientes (EWIJK; STEGEMANN, 2020). Desta forma, medidas efetivas de diminuição da geração devem ser adotadas proporcionalmente a essa expansão (Costa e Dias, 2020).

Em relação à massa coletada seletivamente, foi constatada uma breve evolução do volume recolhido, com exceção de João Pessoa-PB que apresentou uma oscilação no total coletado ao longo do tempo. Apesar da semelhança no porte populacional dos municípios de Natal-RN e João Pessoa-PB, a média do volume coletado seletivamente na capital paraibana foi cinco vezes superior à recolhida em Natal-RN, este fato pode estar relacionado com a taxa de cobertura do sistema e eficiência do programa, em que João Pessoa-PB possui melhor desempenho. Em Recife-PE o cenário é preocupante, pois apresenta o menor valor médio coletado, apenas 2.791 ton/ano.

A coleta seletiva no Brasil é bastante deficitária, principalmente na região Nordeste que apresenta baixa eficiência na oferta deste serviço (COSTA; DIAS, 2020). De acordo com Yukalang, Clarke e Ross (2017) as dificuldades encontradas para o sucesso dos programas estão relacionadas à falta de tecnologias confiáveis para a concretização dos serviços, ausência de suporte financeiro, político e a carência de conscientização ambiental da população. O processo de educação ambiental proporciona a conscientização da população, sendo indispensável para uma gestão eficiente dos resíduos (MARQUES; PEREIRA; GUIMARÃES, 2021; MARCUCCI; BORGES, 2021).

De início observa-se que a média da taxa de cobertura da coleta seletiva (IN030) no período avaliado para as três capitais variou entre 13,01 e 28%, mostrando uma alta disparidade da cobertura do serviço. A cidade de João Pessoa obteve a maior valor médio. Segundo Gallardo et al. (2017), fatores como o a renda econômica, a variação sazonal da coleta e a segregação adequada dos resíduos podem interferir na consolidação de um sistema de coleta seletiva. Essa expressiva diferença na cobertura do serviço pode também estar relacionada aos planos de gestão de resíduos sólidos, as políticas de educação ambiental, a conscientização da população, ao crescimento populacional, a disponibilidade e a aplicação de recursos e, ainda, as outras vertentes da temática de resíduos sólidos adotada por cada município.

O valor máximo para o período (43,43%) pertence a cidade de João Pessoa no ano de 2019, indicando um aumento representativo de 29,48 pontos percentuais entre os anos de 2015 e 2019. A cidade de Natal apresentou baixa evolução do serviço, com valores que variaram entre 12,89 e 13,2%, o que indica uma baixa variabilidade no período. Para a cidade de Recife os valores variaram entre 24,8 e 30,0%, obtendo um aumento de 5,05 pontos percentuais entre 2015 e 2019.

Percebe-se que os municípios de João Pessoa e Natal apresentam populações semelhantes, porém existe uma enorme diferença quando comparados os valores da taxa do indicador, fato que indica falhas de gestão ou desinteresse municipal nessa área. Isso não é comum em apenas um município, diversos problemas relacionados aos resíduos sólidos urbanos são frequentes em todo Brasil (SÁ et al., 2019). Diante disso, a análise da cobertura de coleta seletiva não pode se pautar a um fator isoladamente, é necessário aprofundar-se a uma visão holística descentralizada e criteriosa.

O indicador IN031 é responsável por relacionar a massa coletada de Resíduos Sólidos Domiciliares (RDO) e a massa coletada de Resíduos Sólidos Públicos (RPU) com a população urbana residente nos municípios com a população total atendida. Podemos identificar que houve variação entre as taxas de recuperação nas capitais a partir das médias, Recife com 0,22%, Natal 0,78% e João Pessoa com 2,96%.

Podemos associar a variação encontrada neste indicador à efetividade dos programas de coleta nas capitais. Tal situação pode ser refletida na Massa Coletada Separadamente, uma vez que dentro do intervalo temporal estudado (2015-2019), a média da massa foi de

2.791, 3.163 e 16.460 tonelada/ano em Recife, Natal e João Pessoa respectivamente. Ou seja, apesar da cidade pernambucana apresentar aproximadamente o dobro da capital paraibana, a sua massa coletada de separadamente é muito inferior, apontando necessidade de ampliação e otimização no serviço (CASAIS et al, 2020).

Os baixos valores de massa coletada separadamente são preocupantes por retratar uma problemática ambiental, tendo em vista que parte da massa não coletada acaba sendo destinada de maneira incorreta, degradando meio. Para Almeida et al. (2021), os resíduos devem ser manejados de forma e serem recuperados e reintroduzidos na cadeia econômica, evitando que sejam descartados. Desta forma, é possível minimizar os riscos de contaminação ambiental provocado pelo descarte incorreto destes materiais.

O indicador IN032 expressa a análise da massa de materiais recicláveis recuperada, em relação com a população urbana de cada município. Entre os principais materiais inclusos neste indicador estão o papel, plástico, metal, vidro e outros (ALBUQUERQUE; NASCIMENTO; ROCHA, 2018). É possível constatar elevada discrepância entre as três capitais, uma vez que Recife apresentou média de massa recuperada de 1,11 kg/hab/ano, enquanto Natal obteve 3,0 kg/hab/ano e João Pessoa com 9,71 kg/hab/ano. Com valores superiores em todo o período estudado, no ano de 2018, a capital paraibana alcançou a máxima de 17,23 kg/hab/ano, ao passo que a capital de Pernambuco atingiu apenas 3 kg/hab/ano para o mesmo ano.

Alguns fatores podem estar associados, como a baixa cobertura populacional do programa de coleta, a dificuldade de comunicação entre o setor público e a comunidade, resultando em uma baixa adesão. Deste modo, a disparidade encontrada entre as cidades neste indicador retrata a diferença entre a realidade da gestão pública, assim como da consciência ambiental da população face ao gerenciamento dos resíduos sólidos nas cidades estudadas (PORTO FILHO; MELO, 2020).

Os valores médios do IN054 (Massa per capita de materiais recicláveis recolhidos via coleta seletiva) mostraram que João Pessoa-PB é a capital que apresenta o melhor cenário, com 20,64 kg/hab/ano, enquanto Natal-RN e Recife-PE apresentam taxas de 3,6 kg/hab/ano e 1,71 kg/hab/ano, nesta ordem. A média do indicador IN054 para o país é de 13,6 kg/hab/ano (SNIS, 2019), o que comprova que o índice da capital paraibana é 1,5 vezes superior à nacional.

Analisando a evolução ao longo dos anos, é possível constatar uma variação na massa per capita de João Pessoa, atingindo valores de 4,33 kg/hab/ano no ano de 2017, o menor número apresentado para o período, com esta exceção, o município apresentou desempenho significativo, com taxas superiores à nacional. Por outro lado, Recife-PE mostrou o pior desempenho, com massa per capita alternando entre 1,51 a 1,85 kg/hab/ano.

Considerando que a massa potencialmente reciclável existente nos resíduos sólidos domiciliares seja de 30% (SNIS, 2019), e levando em consideração os valores médios per

capita resíduos sólidos domiciliares coletados em João Pessoa, Natal e Recife que foram 332,15 kg/hab/ano; 386,9 kg/hab/ano e 514,65 kg/hab/ano, respectivamente, têm-se um quantitativo passível de reciclagem de 99,65 kg/hab/ano, 116,07 kg/hab/ano e 154,39 kg/hab/ano, para os municípios, na mesma ordem. De posse destes valores, pode-se estimar a massa coletada seletiva nas capitais, que foram de 21,1% em João Pessoa, 3,45% em Natal e 2,6% em Recife. Fazendo uma análise dos percentuais, infere-se que a coleta seletiva em Natal e Recife ainda são deficitárias e estão distantes da sustentabilidade, o que pode estar associada à falta de estruturação, elevada urbanização e ausência de infraestrutura adequada (FERRONATO et al., 2020).

4. CONCLUSÕES

A análise da coleta seletiva por meio de indicadores mostrou que os sistemas ainda são precários nas três capitais estudadas, entretanto, Natal e Recife apresentaram o pior desempenho ao longo do período analisado, com os menores índices de massa coletada, quando comparadas à João Pessoa.

João Pessoa foi a capital com melhor oferta do serviço, apresentando as maiores taxas de cobertura e, conseqüentemente, maior volume de resíduos coletado seletivamente. Recife apesar de apresentar cobertura similar à capital paraibana apresentou os menores índices, apontando para a necessidade organizacional e estrutural do programa. Natal-RN apontou comportamento constante para o período estudado, todavia, precisa de melhorias para tornar a coleta seletiva eficiente.

Apesar da evolução gradual da coleta seletiva, nota-se que os programas demandam de incentivos financeiros e políticos, estruturação organizacional e sistematização da coleta. A utilização de indicadores pelos gestores é imprescindível para o monitoramento e identificação de falhas no processo de gestão, entretanto, pode tornar a avaliação ímproba devido à falta de dados de qualidade.

Por se tratar de uma análise preliminar dos sistemas de coleta seletiva das três capitais, sugere-se que estudos futuros realizem uma análise aprofundada dos programas, por meio de indicadores de sustentabilidade previstos na literatura e, em paralelo, realizem a análise em maior escala cronológica, para que sejam identificadas as fragilidades dos setores em termos econômicos, sociais e ambientais.

REFERÊNCIAS

AGOVINO, M., MUSELLAB, G. Separatewastecollection in mountain municipalities. A case study in Campania. **Land Use Policy**, v. 91, n. 104408, 2020.

ALBUQUERQUE, N. C. de, NASCIMENTO, E. C. H. do, ROCHA, E. M. R. Análise quali-quantitativa dos materiais recicláveis no município de João Pessoa: série histórica do SNIS (2005-2015). **Anais...** Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade. v. 6: 2018.

ALMEIDA, A. J. G. A.; GUEDES, F. L.; TAVARES, C. M.; LIMA, K. F. A. Desempenho socioambiental na priorização da gestão de resíduos sólidos do Tribunal Regional Eleitoral de Pernambuco. In: MENEZES, N. S. de, EL-DEIR, S. G., GUEDES, F. L., ALMEIDA, I. M. S. de. **Resíduos sólidos: Educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 606-620. P. 578-589.

ALMEIDA, V. C. de. Coleta seletiva de resíduos sólidos em Fortaleza-CE: uma avaliação do ecoponto do Bairro de Fátima. 2020. 145 f. **Dissertação** (Mestrado em Avaliação de Políticas Públicas) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

BRASIL. Lei nº. 12.305. **Diário Oficial da União**, 02 ago. 2010.

CASAI, A. G. M., SILVA, C. A. Q. da, CRUZ, L. M. S., SILVEIRA, R. N. P. de O. Análise quantitativa da gestão de resíduos sólidos na cidade de Palmas-TO: um foco na Coleta Seletiva e ODS. **Anais...Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade**. 2020.

COSTA, I. M.; DIAS, M. F. Evolution on the solid urban waste management in Brazil: A portrait of the Northeast Region. **Energy Reports**, v. 6, p. 878-887, 2020.

DANTAS, M. W. A.; LOPES, R. L. Desafios e perspectivas na gestão integrada da coleta seletiva de resíduos sólidos de Natal-RN. In: NUNES, I. L. da S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 405-418.

EWIJK, S. V.; STEGEMANN, J. A. **Recognising waste use potential to achieve a circular economy**. *Waste Management*, v. 105, p. 1-7, 2020.

FERRONATO, N., PREZIOSI, G., PORTILLO, M. A. G., LIZARAZI, E. G. G., TORRETTA, V. Assessment of municipal solid waste selective collections scenarios with geographic information systems in Bolivia. **Waste management**, v. 102, p. 919-931, 2020.

GALLARDO, A.; CARLOS, M.; COLOMER, F. L.; ALCON, N. E. Analysis of the waste selective collection at drop-off systems: case study including the income level and the seasonal variation. **Waste Management and Research**, v. 36, n. 1, p. 30-38, 2017.

GUTIERREZ-GOMES, A. C.; GALLEGOS, A. G.; PALACIOS-BERECHÉ, R.; LEITE, J. T. C.; PEREIRA NETO, A. M. Energy recovery potential from Brazilian municipal solid waste via combustion process based on its thermochemical characterization. **Journal of Cleaner Production**, v. 293, 2021.

LIMA, A. S., FREIRE, M. N. Implantação da coleta seletiva em escolas públicas do município de Marechal Deodoro-AL. In: NUNES, I. L. da S., PESSOA, L. A., EL-DEIR, S. G. **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 419-431.

MARCUCCI, J. C.; BORGES, A. C. G. Sustentabilidade e resíduos sólidos urbanos no cenário da Pandemia da COVID-19. In: EL-DEIR, S. G. **Resíduos Sólidos e Covid-19**. 1. ed. - Recife: EDUFRPE e Gampe/UFRPE, 2021, p. 11-25.

MARQUES, C. S.; PEREIRA, M. J. C.; GUIMARÃES, P. V. P. Relato de experiência da elaboração de brinquedo de grãos e embalagens reaproveitadas para educação ambiental. In:

MENEZES, N. S. de, EL-DEIR, S. G., GUEDES, F. L., ALMEIDA, I. M. S. de. **Resíduos sólidos: Educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 275-286.

OLIVEIRA, U. R. de., APARECIDA NETO, L., ABREU, P. A. F., FERNANDES, V. A. Risk management applied to the reverse logistics of solid waste. **Journal of Cleaner Production**, v. 296, n. 126517, 2021.

PIMENTEL, P. C. B., ALCÂNTARA, A. M. C. de M., FIGUEIREDO, L. da C., FREITAS, M. Impacto da Política Nacional de Resíduos Sólidos sobre a produção científica sobre descarte de medicamentos. In: MELLO, D. P. de, EL-DEI, S. G., SILVA, R. C. P. da, SANTOS, J. P. de O. **Resíduos sólidos: Gestão pública e privada**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 51-63.

PORTO FILHO, R., MELO, N. A. de. Coleta Seletiva em Uberlândia (MG): indicadores de sustentabilidade e diretrizes para aperfeiçoamento. **Revista Brasileira de Engenharia Civil**, v.01, n.01, p.02-16, 2021.

SÁ, F.B.; CERQUEIRA-STREIT, J. A.; GUARNIERI, P. S.; SILVA, L. C. Identificação do conhecimento quanto à PNRS nas revendedoras autorizadas de pneus do plano piloto em Brasília-DF. In: NUNES, I. L. da S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 67-79.

SILVA, M. Á. B. da, PIMENTEL, H. R., GOMES, S. da S., PAZ, D. H. F. da. Desenvolvimento de uma rede de coleta seletiva solidária de resíduos sólidos no município do Cabo de Santo Agostinho. In: MENEZES, N. S. de, EL-DEIR, S. G., GUEDES, F. L., ALMEIDA, I. M. S. de. **Resíduos sólidos: Educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 809-820.

SILVA, N. M., SOUZA, C. C. de, GOUVEIA, R. L., SELVA, V. S. F. Valiação da coleta seletiva solidária na UFPE, campus Recife, após a implantação do projeto UFPE COOPERA. In: SANTOS, J. P. de O., SILVA, R. C. P. da, MELLO, D. P. de, EL-DEI, S. G. **Resíduos sólidos: Impactos socioeconômicos e ambientais**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 358-370.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2018**. Brasília, 2019. 247 p.

TAVARES, C. M., GUEDES, F. L., ALMEIDA, A. J. G. de A., JUCÁ, J. F. T. Indicadores de sustentabilidade da limpeza urbana para o município de Sairé – PE. In: MENEZES, N. S. de, EL-DEIR, S. G., GUEDES, F. L., ALMEIDA, I. M. S. de. **Resíduos sólidos: Educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 606-620.

YUKALANG, N.; CLARKE, B.; ROSS, K. Barriers to effective municipal solid waste management in a rapidly urbanizing area in Thailand. **International Journal Environmental Research and Public Health**, v. 14, 2017.

1.3 GERENCIAMENTO DA COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: DETERMINAÇÃO DA FROTA DE VEÍCULOS COLETORES DO BAIRRO PLANALTO NO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE/CE

SOUSA, Sóstenes Gomes de
PPEAMB/UFRPE
sostenes.sousa@ufrpe.br

LIMA, Iara Lícia Pereira
PPEAMB/UFRPE
iaraliciapl@gmail.com

RESUMO

Os problemas causados pelos resíduos aumentam significativamente, principalmente nos centros urbanos. A cidade de Juazeiro do Norte localiza-se no semiárido nordestino, na Região Metropolitana do Cariri, no sul do estado do Ceará, onde, o município enfrenta problemas no que se refere aos resíduos sólidos urbanos, bem como, a coleta e a disposição final ambientalmente adequada dos mesmos. Neste contexto, o objetivo desse estudo foi calcular a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados diariamente no bairro Planalto do município de Juazeiro do Norte-CE, bem como a frota de caminhões de coleta necessária para coletar esses resíduos sólidos urbanos. Inicialmente considerou-se o cálculo da quantidade de resíduos sólidos gerados por indivíduo, analisando a população do bairro, a produção de resíduos per capita e o peso específico dos resíduos. O cálculo do tamanho da frota de caminhões para a coleta de resíduos sólidos urbanos considerou fatores como o volume de resíduos a serem coletados, a velocidade de coleta, a extensão das vias públicas, por exemplo. Para além disso a pesquisa foi pautada em levantamento bibliográfico e documental acerca do tema. Vale ressaltar que foram utilizados programas de Sistema de Informações Geográficas - SIG para a elaboração de mapas e projeções de distâncias das rotas percorridas pelos veículos durante a coleta e destinação final dos resíduos. Constatou-se que são produzidos cerca de 0,73 m³ de resíduos sólidos urbanos por dia no bairro Planalto, sendo necessário apenas 1 caminhão compactador de coleta de resíduos para o bairro. Ressaltando que não basta uma coleta eficiente de resíduos, mas é essencial focar em políticas públicas que auxiliem na disponibilidade de um aterro sanitário para a cidade.

PALAVRAS-CHAVE: Políticas públicas; Coleta urbana; Disposição de resíduos sólidos.

1. INTRODUÇÃO

A problemática que envolve a geração desordenada de resíduos sólidos urbanos está diretamente ligada ao errôneo processo de urbanização, crescimento populacional, consumo de bens e serviços, dentre outros (MARTINS FILHO; CUNHA; PIRES, 2019). Tais fatores representam um desafio contínuo para as políticas públicas e ambientais, pois tanto o mau gerenciamento como a destinação final inadequada destes resíduos, desencadeiam uma série de impactos negativos, afetando diretamente todo o meio ambiente e a saúde pública dos grandes centros urbanos (KLEIN; DIAS; JAYO, 2018). O comportamento consumista que a sociedade vem adotando faz com que a questão dos resíduos sólidos urbanos se torne cada vez mais preocupante, tanto do ponto de vista ambiental, quanto social e econômico (DA CRUZ, 2021). Conforme a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2020) a geração de resíduos dá-se de forma crescente devido ao aumento populacional. Com isso, agrava-se a problemática dos resíduos sólidos, principalmente nos centros urbanos, visto que a concentração urbana da população no país cresce exponencialmente a cada ano (BAPTISTA, 2018).

Considerando os aspectos que envolvem a dificuldade dos pequenos municípios em gerenciar corretamente os resíduos sólidos gerados pela população, destaca-se a baixa cobertura, falta de conhecimento técnico e a destinação inadequada em lixões a céu aberto, como os principais aspectos que contribuem para o desencadeamento de uma cadeia de poluição ambiental, desigualdade social e ‘*deficit*’ econômico (ARAÚJO et al., 2018; LINS, LINS; SANTOS FILHO, 2018; DE PAIVA MEDEIROS et al., 2020).

Segundo dados de Ceará (2017), os municípios que compõem a Região do Cariri geram diariamente uma média de 673,20 toneladas de resíduos domiciliares indiferenciados ao dia, representando uma produção per capita de 1,21 Kg de resíduos por habitante. Ainda segundo o mesmo autor, Juazeiro do Norte destaca-se por apresentar índices relevantes de produção de resíduos, cerca de 1,1 kg/ hab.dia. Vale ressaltar que a maior parte de todos os resíduos no município tem como destinação final o depósito inadequado popularmente conhecido como “lixão”.

O planejamento e controle operacional da coleta e do transporte de resíduos sólidos tornam-se atividades imprescindíveis para a execução dos mesmos, esses serviços são os que estão entre os de maior visibilidade, perante a população (SCARPIONI, 2017). Portanto, um bom gerenciamento desses serviços demonstra à população local eficiência da gestão pública no que tange às discussões sobre resíduos sólidos (PEREIRA; CURI; CURI, 2017)

Frente às informações apresentadas, o objetivo desse estudo foi calcular a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados diariamente no bairro Planalto, no município de Juazeiro do Norte - CE, bem como determinar a frota de caminhões necessária para coletar os resíduos sólidos urbanos (RSU) e auxiliar na adequada gestão e gerenciamento destes.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Impactos ambientais e a gestão dos resíduos sólidos urbanos

O crescimento urbano e as ações antrópicas resultam em impactos negativos no âmbito socioeconômico e ambiental (SANTOS; SILVA; LAFAYETTE, 2019). Em conformidade com estas informações, o estilo de vida da sociedade atual vem causando o agravamento dos efeitos negativos no ambiente natural e urbano em que esta população está inserida e, um dos agentes impactantes desta discussão é a disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos (SILVA; ALMEIDA, 2019).

A disposição final de resíduos sólidos urbanos aliados ao manejo inadequado destes materiais resulta em impactos ambientais negativos no solo, ar, corpos hídricos e demais recursos naturais, afetando assim, a qualidade ambiental dos ecossistemas (PESSOA, 2019). Para além dos impactos causados no ambiente natural, a problemática dos resíduos sólidos perpassa pelos meios econômico e social, como, a má gestão desta questão em áreas urbanizadas, causando acúmulo dos materiais, provocando inundações em épocas de elevadas taxas de pluviosidade e acentuando os efeitos negativos à saúde pública local (YUKALANG; CLARKE; ROSS, 2017). Apesar dos problemas da destinação final dos resíduos sólidos, é comum que a disposição seja realizada em terrenos ou que a coleta urbana não seja eficiente (SILVA et al., 2020).

Os impactos ambientais provenientes dos resíduos sólidos destacam-se, principalmente, pela inexistência, ineficiência ou ineficácia de políticas públicas atreladas à adequada gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos (OLIVEIRA; ANDRADE, 2021). Com isso, faz-se urgente a busca e utilização de estratégias que auxiliem no sucesso da implementação desta prática (LIMA; EL-DEIR, 2021). Para além da adequada gestão técnica dos resíduos, é válido destacar o atendimento à conformidade legal processual, que beneficia o meio ambiente e a sociedade civil (WANG; YOU, 2020). Tais práticas e conformidades legais estão previstas em lei, onde, destaca-se a Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

A inserção de ações relacionadas à responsabilidade socioambiental e econômica no processo de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos confere um equilíbrio entre os afetados por esta problemática (AGUIAR; PESSOA; EL-DEIR, 2019). Além disso, a geração e controle destes materiais deve ser de interesse de toda a sociedade, visto que, é de responsabilidade compartilhada, competindo ao poder público, sociedade civil e iniciativa privada, relacionando-se assim, à proteção ambiental e de saúde pública (CAVALCANTE et al., 2019).

2.2. Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em Juazeiro do Norte - CE

O município de Juazeiro do Norte possui carência na sustentabilidade ambiental no que diz respeito às discussões sobre os resíduos sólidos, necessitando de uma estrutura de gestão mais sustentável (FEITOSA; BARDEN; CONRAD, 2018). Para Macêdo et al.

(2018), além da legislação ambiental vigente no país, o município necessita de legislação municipal para os RSU, considerando as peculiaridades locais.

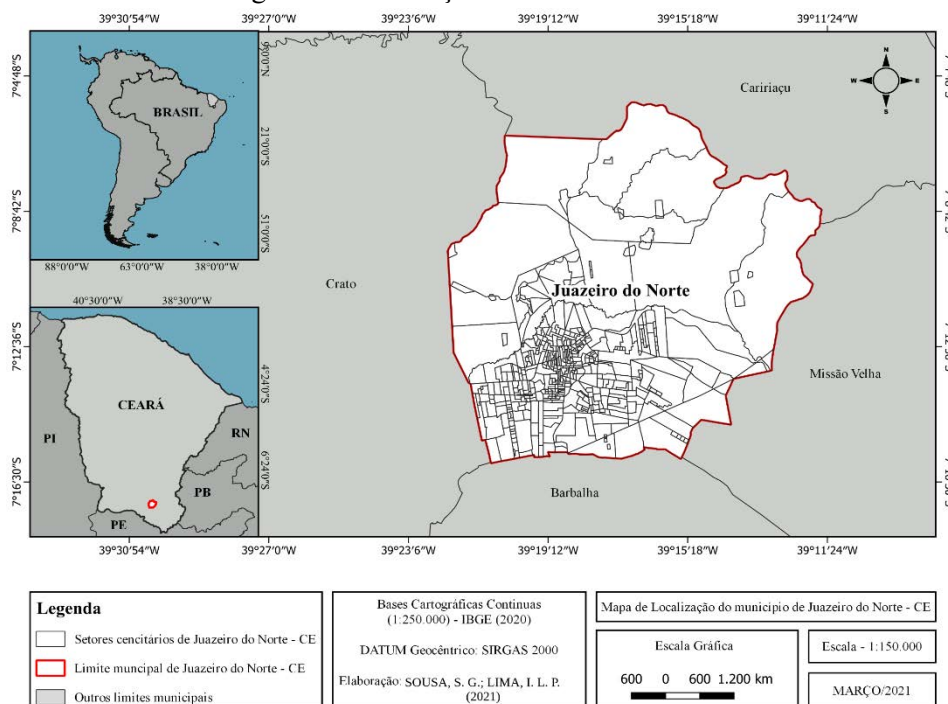
Um estudo realizado por Feitosa et al. (2019) identificou que Juazeiro do Norte possui uma cobertura de 94,22% de coleta de resíduos sólidos, em contrapartida, a disposição final destes materiais acontece em uma área municipal que não oferece tratamento, sistema de drenagem, impermeabilização do solo e controle dos gases gerados. Além disso, os mesmos autores observaram acúmulo de resíduos em terrenos baldios do município e em vias públicas.

3. METODOLOGIA

3.1. Estudo de Caso

O município de Juazeiro do Norte localiza-se na Região Metropolitana do Cariri, no sul do estado do Ceará, há 491 km da capital, Fortaleza, com uma área territorial de 258.788 km² (Figura 1), segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020). Conforme o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) as características ambientais locais se resumem a uma pluviosidade média de 925,1 milímetros anuais, temperaturas de 24 °C a 26 °C e, uma vegetação predominantemente típica do semiárido, mais especificamente de floresta caducifolia espinhosa (IPECE, 2017). A população do município em 2020, segundo a estimativa do IBGE, foi de 276.264 habitantes, o que o torna o terceiro município mais populoso do Ceará sendo que a taxa de urbanização é de 95,3% (IBGE, 2021).

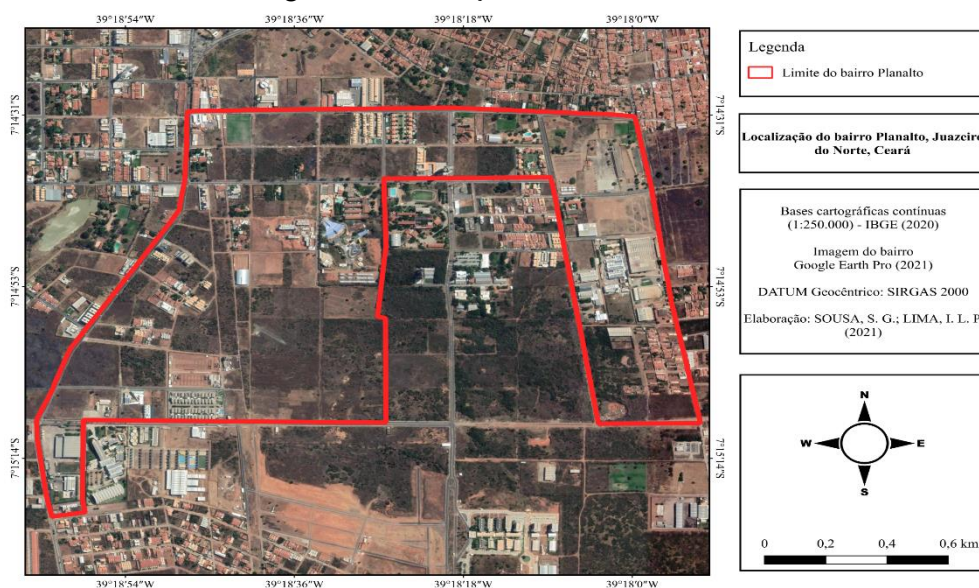
Figura 1. Localização de Juazeiro do Norte.



Fonte: Adaptado de IBGE (2020)

A área de estudo selecionada para o desenvolvimento da pesquisa no município foi o bairro Planalto (Figura 2), localizado nas coordenadas latitude -7.250732° de longitude -39.312888° (IBGE, 2021). Conforme o último censo (IBGE, 2010) a população deste bairro é bem distribuída entre homens e mulheres, de forma que a população masculina representa 172 habitantes e a feminina 173 habitantes, perfazendo um total de 345 habitantes. As faixas etárias dos moradores do bairro, no que lhe concerne, apresentam maioria de residentes com idades entre 15 e 64 anos. Vale ressaltar que, além de residências, o bairro apresenta universidades, hotéis, fábricas, condomínios, hospitais, escolas, parque de eventos, dentre outros (IBGE, 2021).

Figura 2. Localização do bairro Planalto.



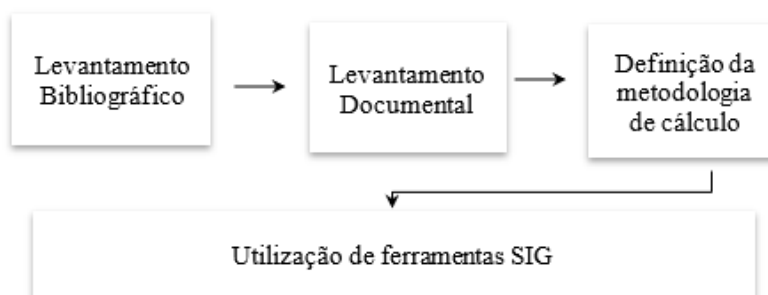
Fonte: Adaptado de Google Earth Pro (2021)

Sendo assim, o aumento na quantidade de resíduos pode ser maior que o esperado em relação à população existente no bairro, devido aos serviços oferecidos no mesmo. No presente estudo, foram considerados apenas os resíduos gerados por residências domiciliares.

3.2. Passos metodológicos

A metodologia da pesquisa seguiu um cronograma metodológico que se dividiu em quatro passos essenciais (Figura 3).

Figura 3. Fluxograma de análise metodológico.



O primeiro passo consistiu em levantamento bibliográfico visando a compreensão do “estado da arte” atual acerca do tema da pesquisa, bem como, verificar a literatura clássica desta discussão. Para este levantamento priorizou-se a busca em bases de dados clássicas como “*Web of Science*”, “*Science Direct*” e “*Google Scholar*”.

O levantamento documental teve por finalidade a compreensão da área de estudo, tanto do município quanto do bairro, que é o objeto de estudo. Este levantamento foi dado a partir da coleta em *sites* relacionados ao poder público federal, estadual e municipal.

O cálculo da geração de resíduos, apesar de ser um item complementar ao cálculo posterior, destacou-se nesse estudo por ser um importante indicador para melhorias da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos municipais. Portanto, para a determinação desta informação considerou-se um cálculo definido pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020):

$$Q = (\text{População} \times \text{Produção per capita}) / \text{Peso Específico}$$

Para a determinação do valor da quantidade total de resíduos a ser coletada no setor (Q), estimou-se a população atual do bairro Planalto em Juazeiro do Norte. Para tanto, foram utilizados valores determinados pela estimativa do IBGE no ano de 2020, com isso, o município apresentou uma estimativa populacional de 276.264 habitantes. Considerando que para o cálculo da taxa de crescimento médio anual de uma população determina-se o índice de crescimento populacional geométrico, e que provavelmente, este cálculo foi utilizado pelo IBGE para uma estimativa da quantidade da população em 2020, o mesmo cálculo foi utilizado para o bairro Planalto.

Para a estimativa da produção de resíduos sólidos urbanos (RSU) por habitante por dia na sede de Juazeiro do Norte, adotou-se o valor de 1,035 Kg/hab/dia (ABRELPE, 2020).

Para se calcular o tamanho da frota de caminhões para a coleta de resíduos sólidos urbanos foi utilizada a seguinte fórmula (FUNASA, 2020):

$$N_s = (1/J) \times [(L/V_c) + 2 \times (D_g/V_t) + 2 \times \{(D_d/V_t) \times (Q/C)\}]$$

Onde:

N_s = Número de veículos necessários para cada setor de coleta;

J = Duração útil da jornada de trabalho da guarnição (em horas), desde a saída da garagem até seu retorno, excluindo os intervalos para refeições e outros tempos improdutivos;

L = Extensão total das vias (ruas e avenidas) do setor de coleta (km);

V_c = Velocidade média de coleta (km/h);

D_g = Distância entre a garagem e o setor de coleta (km);

Dd = Distância entre o setor de coleta e o ponto de descarga (km);
Vt = Velocidade média do veículo nos percursos de posicionamento e de transferência (km/h);
Q = Quantidade total de resíduos a ser coletada no setor (t ou m³);
C = Capacidade dos veículos de coleta (t ou m³); em geral, adotam-se 70% da capacidade nominal considerando-se variabilidade da quantidade de resíduos sólidos coletada a cada dia.

Para definir as distâncias necessárias para a realização do cálculo anterior, utilizou-se a plataforma digital do Google Maps (2021) para coletar a medição das distâncias entre os pontos em análise e assim, determinar os valores da distância entre o setor de coleta e o ponto de descarga (Dd) e da distância entre a garagem e o setor de coleta (Dg).

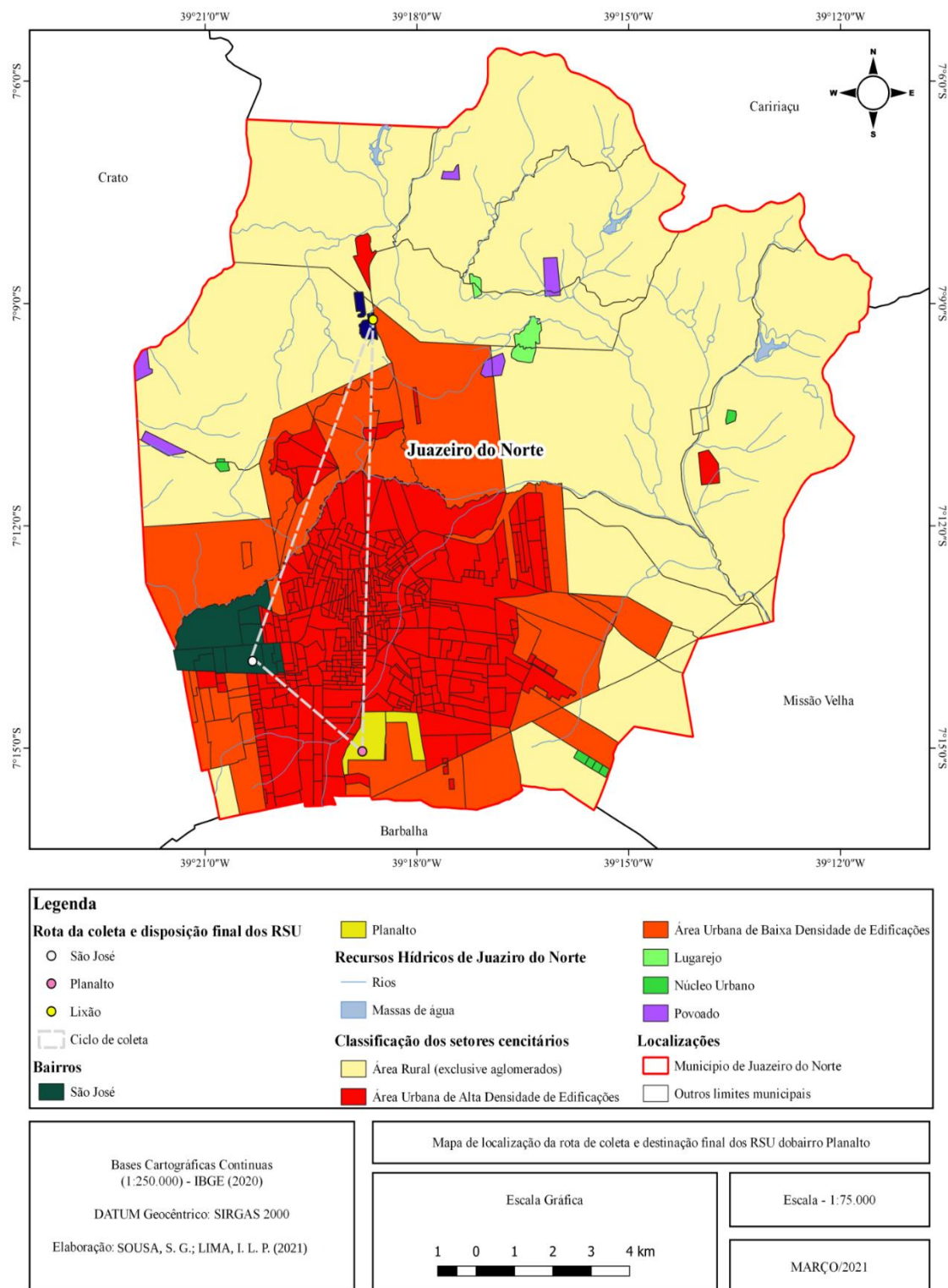
Vale ressaltar que a equação utilizada se aplica a municípios com mais de 100 mil habitantes, assim, adequando-se a este estudo. Para a determinação de cada um desses valores, foram realizados estudos em referências bibliográficas, bem como calculados segundo as especificidades do bairro em questão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo os levantamentos realizados, o veículo de coleta municipal dos resíduos sólidos parte da garagem da empresa responsável, localizada no bairro São José (ponto branco no mapa), já o bairro Planalto localiza-se no mapa (em roxo) ilustrando o local onde ocorre a coleta dos resíduos sólidos urbanos (RSU) daquela região, já o local de disposição inadequada dos resíduos (na cor amarelo) localiza-se em uma região mais externa da zona central da cidade (Figura 4). Apesar do município possuir aterro sanitário ativado desde 2020, a Prefeitura Municipal de Juazeiro do Norte relatou diversos conflitos entre o poder público e a empresa terceirizada responsável pela coleta urbana municipal e gestão do aterro, fazendo com que não houvesse informações suficientes para esta pesquisa, com isso, considerou-se que os resíduos sólidos urbanos do bairro Planalto são depositados na área de disposição inadequada dos resíduos. Esses três pontos permitiram delimitar um polígono e medir as distâncias necessárias para a pesquisa.

Os resíduos domiciliares em Juazeiro do Norte são coletados pela empresa privada MXM Soluções Ambientais, localizada no bairro São José. Vale ressaltar que a garagem com os caminhões coletores se encontra no mesmo local. O percurso de coleta após a saída da garagem é o Bairro Planalto, e o ponto de descarga é o depósito de disposição municipal (popularmente conhecido como “lixão”), localizado entre os municípios de Juazeiro do Norte e Caririaçu. Dessa forma, obtiveram-se os resultados de Dd igual a 11 km e Dg igual a 4,93 km. Os trabalhadores responsáveis pela coleta de resíduos no município têm uma jornada de trabalho (J), igual a 8 horas diárias, considerando informações da empresa em meios eletrônicos e mídias sociais. A projeção da distância percorrida pelo caminhão de coleta de lixo em uma rota que abrange toda a extensão das vias incluindo, ruas e avenidas, do setor de coleta (L), foi obtida através do site Wikimapia (2021). O valor encontrado foi de L igual a 14,3 km.

Figura 4. Distâncias entre a garagem, o ponto de descarga e o setor de coleta.



Fonte: Adaptado de IBGE (2020)

A categoria do caminhão de coleta escolhido foi o modelo de compactador, que são veículos com carroceria fechada, contendo dispositivos mecânicos ou hidráulicos que possibilitam a distribuição e compressão dos resíduos no interior da carroceria, e são denominados pela Norma Brasileira da Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 12.980 (ABNT, 1993), como Coletores Compactadores (Figura 5).

Figura 5. Coletores compactadores fechados.



Fonte: Senalimp (2016)

O sistema de compactação pode ser contínuo ou intermitente, e o sistema de carregamento pode ser traseiro ou lateral. Nesses veículos, os sistemas de descarga são feitos sem nenhum contato manual com a carga. Os caminhões compactadores são notadamente os veículos de coleta mais prevalentes em uso. São largamente utilizados para coleta domiciliar, sendo equipados com prensas hidráulicas para compactação do lixo e consequente aproveitamento de volume, e para empurrar o lixo compactado no local de disposição (CARVALHO, 2001).

O veículo escolhido pode transportar cerca de 15 m^3 de resíduo. Para calcular a capacidade do veículo de coleta (C), adotou-se 70% da capacidade nominal considerando-se variabilidade da quantidade de resíduos sólidos coletada a cada dia (FUNASA, 2020). Portanto, o valor de C é igual a $10,5 \text{ m}^3$.

Para determinar o valor da Velocidade média de coleta em km/h (V_c) foi utilizado o valor sugerido por GOIÁS (2017) para caminhões compactadores, onde o V_c é igual a 5 km/h, e o peso específico do lixo em kg/m^3 varia de 500 a 580, adotou-se um valor médio de 540 kg/m^3 . Já a velocidade média do veículo nos percursos de posicionamento e de transferência em km/h (V_t), foi adotado um valor na faixa sugerida pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES, 2006), que é de 15 a 30 km/h. Em geral, é medido em campo e depende de fatores como trânsito, carga, etc., mas foi adotado o valor de 25 km/h para o V_t , considerando que o bairro não apresenta muito trânsito por ser bem afastado do centro da cidade, mas apresenta ruas de difícil locomoção por não serem pavimentadas.

Para a determinação do valor da quantidade total de resíduos a ser coletada no setor (Q), estimou-se a população atual do bairro Planalto em Juazeiro do Norte. Para tanto, foram utilizados que a população de Juazeiro do Norte cresceu cerca de 10,53% em 10 anos (IBGE, 2021). Assim sendo, ao aplicar essa taxa à população do bairro Planalto no ano de 2010, que era de 345 habitantes, estimou-se que em 2021 este bairro apresente aproximadamente 381 habitantes.

A produção de resíduos sólidos urbanos (RSU) por habitante por dia na sede de Juazeiro do Norte foi de 1,035 Kg/hab/dia (ABRELPE, 2020). Além disso, como já foi mencionado o intervalo de valores do peso específico dos resíduos compactados, foi considerado o valor médio de 540 Kg/m³.

A partir daí, pode-se calcular a quantidade total de resíduos a ser coletada no setor por dia (ABRELPE, 2020):

$$Q = (\text{População} \times \text{Produção per capita}) / \text{Peso Específico}$$

$$Q = (381 \text{ hab} \times 1,035 \text{ kg/hab/dia}) / 540 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = 0,73 \text{ m}^3/\text{dia}.$$

Os cálculos referentes à quantidade de resíduos produzidos foram cerca de 0,73 m³ de resíduos sólidos urbanos por dia no bairro Planalto. E, apesar da quantidade de resíduos gerada por habitante estar dentro da média de geração do Brasil, o gerenciamento dos resíduos domiciliares ainda carece de ações efetivas. Os resíduos sólidos urbanos, em especial os domiciliares, ainda recebem descarte facilitado e sem nenhuma categoria de cuidado e tratamento prévio em virtude dos impactos que estes podem ocasionar (SILVA et al., 2020).

Finalizado a determinação dos dados anteriores, faz-se então a determinação do número de veículos necessários para cada setor de coleta (Ns), como se segue:

$$N_s = (1/J) \times [(L/V_c) + 2 \times (D_g/V_t) + 2 \times \{(D_d/V_t) \times (Q/C)\}]$$

$$N_s = (1/8) \times [(14,3/5) + 2 \times (4,93/25) + 2 \times \{(11/25) \times (0,73/10,5)\}]$$

$$N_s = 0,414 \text{ veículos}.$$

Portanto, será necessário apenas 1 caminhão compactador de coleta de resíduos para coletar o lixo no bairro Planalto. Deve-se considerar que a manutenção necessária seja sempre realizada no veículo para garantir um serviço de qualidade ofertado à população. Para além disso, a coleta de resíduos sólidos destacada neste estudo considera apenas um único bairro do município, fazendo-se necessário estudos mais abrangentes acerca da logística envolvendo todo o território municipal.

5. CONCLUSÃO

Diante dos valores adotados e obtidos, conforme as especificidades do bairro em estudo, foi possível calcular o número de veículos necessários para cada setor de coleta, resultando em cerca de um veículo suficiente para realizar toda a coleta de resíduos do bairro Planalto. Porém, vale ressaltar que para a determinação do número de veículos (Ns) foi considerado apenas os resíduos domiciliares, sendo que no presente bairro, além de residências domiciliares, há também universidades, hotéis, fábricas, condomínios, hospitais, escolas e parque de eventos, que também geram uma elevada quantidade de resíduos. Nesse caso, faz-se necessário a utilização de pelo menos um caminhão

compactador para abranger a coleta de resíduos sólidos de todo o bairro Planalto no município Juazeiro de Norte - CE.

É importante frisar que não basta limitar-se a uma coleta eficiente de resíduos, mas também focar em políticas públicas que auxiliem na disponibilidade de um aterro sanitário eficiente para a cidade e que promovam a conscientização da população em se comprometer na coleta seletiva dos resíduos que produzem, para manter uma melhor qualidade ambiental e na sociedade na qual estão inseridas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPEAMB/UFRPE); ao Grupo de Pesquisa Gestão Ambiental em Pernambuco (Gampe/UFRPE) pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa. Agradecem também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pelos financiamentos das bolsas de estudo e produtividade.

REFERÊNCIAS

ABES – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Seção Ceará. **Resíduos Sólidos Urbanos: Coleta e Destino Final**. Abril de 2006.

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. São Paulo. 2020.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Coleta, Varrição e Acondicionamento de Resíduos Sólidos Urbanos**. NBR 12980, Rio de Janeiro, RJ. 1993.

AGUIAR, A. C.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. Modelos de gerenciamento de resíduos sólidos: proposta para melhora contínua. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife:EDUFRPE, 2019. Cap. 5.1. p. 313-325.

ARAÚJO, F. N. F.; ARAÚJO, V. B., MARTINS, M. F., BARBOSA, M. F. N. Impactos socioambientais provocados por resíduos sólidos em terrenos baldios de Campina Grande – PB: um olhar fotográfico. In: Santos, J. P. de O., Silva, R. C. P., Mello, D. P., El-Deir, S. G. (Eds.). **Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. Edufrpe, Recife, Pernambuco, BR. p. 104-120, 2018.

BAPTISTA, K. G. A. S. **Valorização social de resíduos orgânicos para o turismo no Brasil**. 194f. Tese (Doutorado em Alterações Climáticas e Políticas de desenvolvimento Sustentável). Universidade de Lisboa, 2018.

BELTRAME, T. F.; BELTRAME, A. F.; LHAMBY, A. R.; PIRES, V. K. Efluentes, resíduos sólidos e educação ambiental: Uma discussão sobre o tema. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 283-294, 2016.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Lei Nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010**. Brasília, DF, 02 ago. 2010.

CAVALCANTI, M. L. C.; CRUZ, A. D.; MOURA, I. A. A.; CAVALCANTI, R. S. T. Avaliação do Cenário Jurídico e Políticas Públicas no Setor de Resíduos Sólidos. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Os desafios da gestão**. 1ª edição. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 21-30.

CEARÁ - GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. Secretaria de Meio Ambiente (2017). **Plano das coletas seletivas Bacia Hidrográfica do Salgado**. Fortaleza. Acesso em: 10 mar. 2021, disponível em: https://www.sema.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2018/12/Plano-COLETAS-SELETIVAS-MULTIPLAS-Resumo_Salgado.pdf

DA CRUZ, E. N.; OLIVEIRA, B. B. R.; GOMES, I. S. A.; CARVALHO, F. A. G.; OLIVEIRA, N. C. R.; FRAGA, E. C. Gestão socioambiental de resíduos sólidos na comunidade Caxirimbu, Caxias, Maranhão. **Journal of Education, Science and Health–JESH**, v. 1, n. 1, 2021.

MEDEIROS, I. N. P.; ROSADO, A. K. H. B.; SILVA, R. M.; DEMARTELAERE, A. C. F. Problemas socioambientais e dos resíduos sólidos no entorno do lixão do Município de Apodi (RN). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 85684-85707, 2020.

SCARPIONI, M. Resíduos Sólidos Urbanos em Rio Grande da Serra: Estudo da Implementação de uma Política Pública Consorciada. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 590-616, 2017.

FEITOSA, A. K.; BARDEN, J. E.; KONRAD, O. Cidades sustentáveis e o desafio da gestão de resíduos sólidos urbanos: Considerações sobre um município de médio porte no Nordeste Brasileiro. **IBEAS - Instituto brasileiro de estudos ambientais**, p. 388–416, 2018.

FEITOSA, A. K.; MATOS, M. A. A. M.; BARDEN, J. E.; KONRAD, O. Saneamento básico, um direito fundamental: implicações da gestão de resíduos sólidos em um município no nordeste brasileiro. **Scientia Amazonia**, v. 8, n. 1, 2019.

FUNASA - FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Saneamento**. 5ª. ed. rev. **Brasília**: Fundação Nacional de Saúde, 2020.

GOIÁS. Tribunal de Contas dos Municípios. **Manual para análise de serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos**. Goiás, 2017. Disponível em: <<https://www.tcm.go.gov.br/site/wp-content/uploads/2018/02/Manual-Limpeza-Urbana.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base de dados**. Disponível em:<http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso: 13 de mar. 2021.

IPECE – INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil Básico Municipal 2017 de Juazeiro do Norte**. 2017. Disponível em:

<http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2016/Juazeiro_do_Norte.pdf>.
Acesso em: 25 abr. 2021.

KLEIN, F. B.; DIAS, S. L. F. G.; JAYO, M. Gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: uma análise sobre o uso de TIC no acesso à informação governamental. *urbe*, **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 10, n. 1, 2018. p. 140-153.

LIMA, R. C.; EL-DEIR, S. G. Análise do gerenciamento de resíduos sólidos no município de Vitória de Santo Antão - PE. In: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. Cap. 5.10. p. 677-692.

LINS, E. A. M., LINS, C. M. M. S, SANTOS FILHO, A. G. N. Contaminação de lençol freático por lixiviado de aterros de resíduos urbanos. In Santos, J. P. O., Silva, R. C. P., Mello, D. P., El-Deir, S. G. (Eds.). **Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. Edufrpe, Recife, Pernambuco, 2018. p. 501-520.

MACÊDO, C. C. A.; SALES, J. P.; FIGUEIRÊDO, S. S. M.; GRANGEIRO, T. L.; OLIVEIRA, C. W. Avaliação sobre a disposição irregular dos resíduos sólidos urbanos a partir de técnicas de sensoriamento remoto. **Nature and Conservation**, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2018. DOI: 10.6008/CBPC2318-2881.2018.001.0001.

MARTINS FILHO, J. B., CUNHA, A. J. S., PIRES, I. C. G. Compostagem de resíduos orgânicos nos planos estaduais de resíduos sólidos. In Nunes, I. L. S., Pessoa, L. A., El-Deir, S. G. (Eds.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. Edufrpe, Recife, Pernambuco, 2019. p. 41-52.

OLIVEIRA, A. P. A.; ANDRADE, R. W. N. Gestão de resíduos sólidos no município de Caraúbas/RN: Uma revisão de produções acadêmicas. In: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. Cap. 5.8. p. 649-663.

PEREIRA, S. S; CURTI, R. C.; CURTI, W. F. Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 3, p. 471-483, 2018.

PESSOA, D. S. **Avaliação de impactos ambientais em áreas de disposição final de resíduos sólidos no semiárido**. Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. João Pessoa – PB, 2019.

SANTOS, M. J. P.; SILVA, T. A.; LAFAYETTE, K. P. V. Análise dos impactos ambientais causados por resíduos sólidos numa encosta no município de Recife - PE. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. **Resíduos Sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas**. Recife: Edufrpe.Gampe, 2019. Cap.1.7. p. 84-93.

SCHLINDWEIN, J. R. **Discurso e a prática do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) em Caxias do Sul/RS**. 216f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

SILVA, V. P.; ALMEIDA, L. M. C. A. Resíduos sólidos versus desastres urbanos: alguns aportes teóricos. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. **Resíduos Sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas**. Recife: Edufrpe.Gampe, 2019. Cap.1.1. p. 18-30.

SILVA, D. D. S.; RODRIGUES, J. B.; ERICEIRA, M. P.; SILVA, A. C. Análise da disposição irregular de resíduos sólidos urbanos; estudo de caso em área de disposição inadequada no bairro Cohab em São Luís -MA. In: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. Cap. 7.1. p. 407-414.

WANG, W.-J.; YOU, X.-Y. Benefits analysis of classification of municipal solid waste based on system dynamics. **Journal of Cleaner Production**, v. 279, ago. 2020.

YUKALANG, N.; CLARKE, B.; ROSS, K. Barriers to effective municipal solid waste management in a rapidly urbanizing area in Thailand. **International journal of environmental research and public health**, v. 14, n. 9, p. 1013, 2017.

1.4 PROGRAMAS MUNICIPAIS DE COLETA SELETIVA: CONTEXTO NACIONAL

SILVA, Aline Carolina da
Uniceplac-DF, Sosan Engenharia
alinesilva.ambiental@gmail.com

SILVA, Rodrigo Cândido Passos da
GRS/UFPE, Gampe/UFRPE
rcpassos13@gmail.com

JUCÁ, José Fernando Thomé
GRS/UFPE
jucah@ufpe.br

VITORINO, Kelma Maria Nobre
GRS/IF-SE
kelma.v@uol.com.br

RESUMO

No Brasil, do total de resíduos gerados, menos de 3% é segregado. Para tanto, a implementação ou aperfeiçoamento das ações e programas acerca dos resíduos sólidos urbanos (RSU) requer comprometimento de toda sociedade, maior planejamento e atenção pelo poder público, e participação efetiva da indústria, podendo vir a potencializar a gestão dos RSU no País e, conseqüentemente, promover ganhos nas esferas social, econômica e ambiental. Neste contexto, este trabalho apresenta uma discussão fundamentada acerca dos Programas Municipais de Coleta Seletiva brasileiro no contexto da Logística Reversa, de maneira a contribuir para a compreensão dos desafios e oportunidades nas tomadas de decisões. Destaca-se que a baixa difusão da coleta seletiva e a falta da cultura de separação dos resíduos por parte da população precisam ser superadas para melhorar a triagem e otimizar o processo de reciclagem com a reinserção na cadeia produtiva.

PALAVRAS-CHAVE: Coleta seletiva. Logística reverá. Acordos setoriais.

1. INTRODUÇÃO

Com a Lei Federal nº 12.305/2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foram dados passos largos ao inserir a gestão compartilhada para o gerenciamento dos resíduos sólidos. Pode-se observar que a PNRS, regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010, estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos por parte dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, na gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos.

Porém, conforme pontuado por Mannarino *et al.*, (2016), as dificuldades em torno da reciclagem possuem fragilidades significativas relacionadas a: falta de adesão da população à coleta seletiva; pouca participação do setor industrial no desenvolvimento de um sistema de logística reversa; inexistência de locais adequados para separação dos resíduos por tipo de material; além de, em muitos casos, longas distâncias entre os centros geradores de resíduos e as indústrias de processamento e reciclagem de materiais concentradas (MANNARINO *et al.*, 2016).

Acrescenta-se as discussões as realidades do Brasil que mostram que a mudança de cenário está condicionada à sustentação financeira das ações de modo que possam ser implantados e mantidos os padrões necessários de qualidade operacional nos municípios, com a contribuição e participação efetiva da população geradora dos resíduos (JUCÁ *et al.*, 2014).

Neste cenário, alguns produtos pós-consumo, especialmente as embalagens em geral, têm relação direta com os Programas Municipais de Coleta Seletiva (PMCS). A exemplo, parcela de materiais potencialmente recicláveis nos RSU, que é predominantemente composta por embalagens, representa em média 31,9%, em peso, dos resíduos coletados pelos municípios (IPEA, 2011).

Vale salientar que o Acordo Setorial das Embalagens em Geral pós-consumo firmado, em novembro de 2015, trata da fração seca dos resíduos sólidos urbanos ou equiparáveis, exceto aquelas classificadas como perigosas pela legislação brasileira. Esse prevê que na primeira fase de implementação do Sistema de Logística Reversa (SLR) deverá garantir a destinação final ambientalmente adequada de, pelo menos, 3.815,081 toneladas de embalagens em geral não perigosas por dia. Frisa-se que será indispensável o apoio às cooperativas e associações de catadores de materiais recicláveis e parcerias privadas.

Portanto, há grande potencial de conexão entre os serviços públicos de manejo de RSU, por meio dos PMCS, e os SLR. A definição desse ponto de conexão e da forma de participação do setor empresarial nos PMCS ou do município nos SLR é de primordial importância para a sustentabilidade dos dois sistemas (COUTO e LANGE, 2017).

Neste contexto, este artigo objetiva discutir acerca da temática Programas Municipais de Coleta Seletiva no contexto da Logística Reversa de Embalagens Pós-Consumo, de

maneira a contribuir para a compreensão dos desafios e oportunidades do país para tomadas de decisões

2. METODOLOGIA

O artigo faz uma reflexão teórica em relação às estruturas fundamentais para a compreensão dos desafios e oportunidades dos Programas municipais de Coleta Seletiva no contexto da Logística Reversa. Do ponto de vista dos objetivos, a pesquisa caracteriza-se como um método exploratório, buscando proporcionar familiaridade com o problema a partir de pesquisas bibliográficas (dados secundários). Para tanto, foram feitos fichamento de periódicos consultados nas plataformas *Scopus*, *Scielo*, *Web of Science*, entre outras, além de artigos, teses, dissertações de relevância para o estado da arte. Estes foram fundamentais na estruturação e fundamentação do trabalho.

3. BRASIL: ARCABOUÇO REGULATÓRIO PARA OS PROGRAMAS MUNICIPAIS DE COLETA SELETIVA

Um dos aspectos importantes trazido pela PNRS no Brasil é o instrumento chamado Logística Reversa, que trata de um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos para reaproveitamento em seu ciclo produtivo ou em outros, ou ainda em outra forma de destinação final ambientalmente adequada (Lei nº 12.305/2010, Art. 3º, XII).

O Decreto nº 7.404/2010, regulamentador da referida Lei, estabelece no Artigo 15, inciso I, que os Sistemas de Logística Reversa (SLR) serão implementados e operacionalizados por meio de Acordo Setorial. Cabe aos referidos Acordos estabelecer as responsabilidades de cada setor no SLR: o setor público (federal, estadual e municipal), setor empresarial e organizações de catadores.

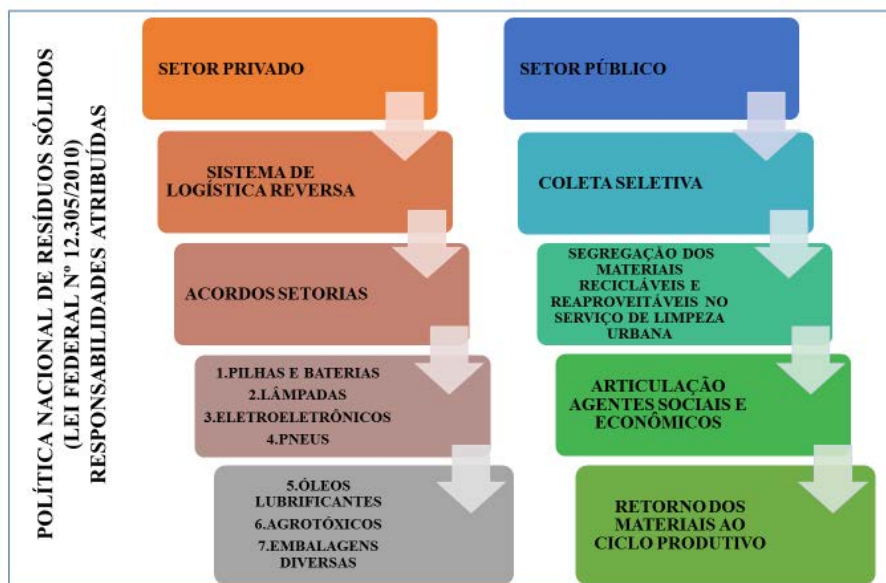
O Decreto nº 7.404/2010, que regulamentou a referida Lei, dedica o Capítulo II à Coleta Seletiva, classificando-a como instrumento essencial para o atingimento da meta de disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (Artigo 54 da Lei 12.305) (BRASIL, 2010a).

Também, Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010, estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos por parte dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, na gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos.

Logo, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes são obrigados a estruturar e implementar Sistemas de Logística Reversa pós-consumo, mediante retorno de produtos após o uso pelo consumidor.

À administração pública cabe a responsabilidade de estabelecer a coleta seletiva de modo a otimizar os procedimentos para o reaproveitamento dos materiais reutilizáveis e recicláveis, como também, a articulação com os agentes econômicos e sociais viabilizando o retorno dos materiais passíveis de reciclagem ou reutilização, coletados pelos serviços de limpeza pública, ao ciclo produtivo (Figura 1).

Figura 1: Responsabilidades setoriais estabelecidas pela PNRS



Fonte: Silva, 2018. Dados PNRS, 2010.

O Art. 33º da Lei Federal nº 12.305/2010, obriga a estruturar e a implementar SLR por meio de retorno dos produtos após o uso do consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos RSU. Assim engloba-se: fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de agrotóxicos, seus resíduos e embalagens; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; e produtos eletroeletrônicos e seus componentes (BRASIL, 2010).

Importante ressaltar também o Artigo 53º da Lei da PNRS, que alterou o texto do parágrafo 1º do Artigo 56º da Lei de Crimes Ambientais, remanejando seu conteúdo e criando dois incisos, ampliando assim o alcance da norma. Além de quem abandona os resíduos, pode-se agora penalizar quem manipula, acondiciona, armazena, coleta, transporta, reutiliza, recicla ou dá destinação final a resíduos perigosos em desconformidade com a Lei. Dessa forma, qualquer infração cometida pelo poder público, seja na esfera Federal, Estadual e Municipal, ou por particulares no que tange a estes crimes ambientais dispostos na Lei nº 12.305/2010, terão penas de 1 a 4 anos de reclusão e multa (SILVA, 2014).

Elementar à prática correta na gestão de resíduos, a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), Lei Federal nº 9.795/99, torna-se instrumento normativo

indispensável na implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, conforme observado no Art. 1º:

“Art. 1º Entende-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.” (BRASIL, 1999)

Soma-se as discussões a Política Nacional sobre Mudança do Clima, Lei Federal nº. 12.187/2009 e seu Decreto regulamentador nº 7.390/2010. No processo de aterramento de resíduos e rejeitos, há geração de biogás. A Política Nacional sobre Mudança do Clima estabelece como um de seus objetivos a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) oriundas das atividades humanas, nas suas diferentes fontes, inclusive a referente aos resíduos (Art. 4º, II).

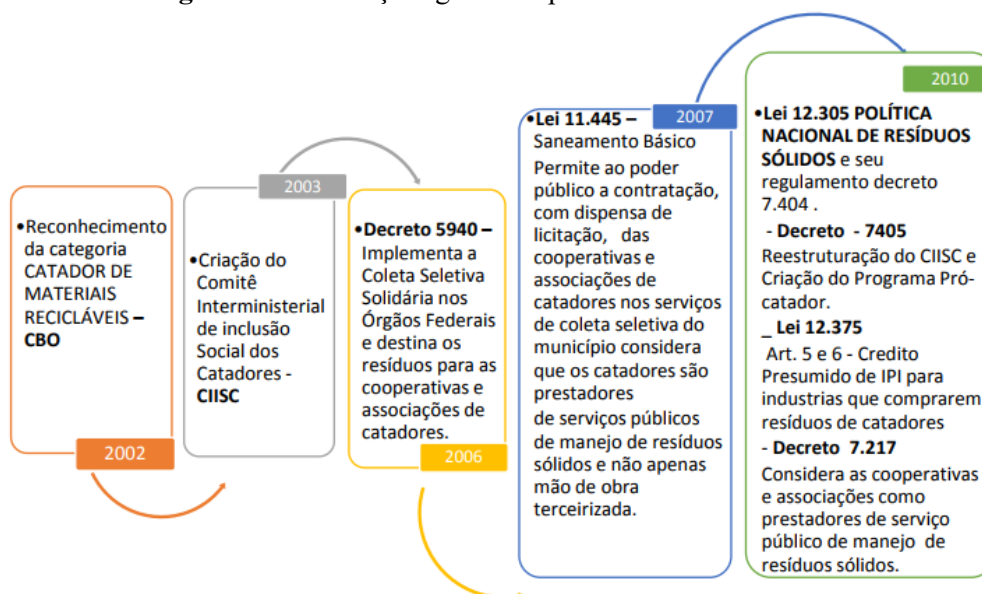
Tirado *et al.* (2011) expõe que a cadeia produtiva da reciclagem envolve ciclos e interações relativamente complexos, por integrar atividades de naturezas distintas e envolver diversos tipos de agentes (cidadãos, catadores, sucateiros, poder público, indústrias e empresas de recuperação, reprocessamento e transformação). Para o autor a cadeia produtiva da reciclagem inicia-se a partir do descarte, ou seja, após o consumo de um produto. Se o descarte ocorrer de maneira adequada e seletiva, facilita-se as próximas etapas da coleta – triagem e recuperação.

Outrossim, em outubro de 2015, foi lançado no Brasil o Programa CE100 Brasil. Este programa se desenvolve paralela e complementarmente à rede global CE100. Ele possibilita às organizações membro desenvolver conhecimentos, superar desafios e aproveitar oportunidades associadas às características únicas do País (EMF, 2015). Logo, entende-se que o CE100 impactará positivamente na cadeia produtiva de reciclagem do País, propiciando o fechamento cíclico do processo.

Logo, o setor da reciclagem apresenta um campo de análises bastante particular e desafiador em termos de mobilização coletiva dos atores para a sustentabilidade do sistema, tendo a quantidade de resíduos comercializados e o acesso às tecnologias para a coleta, triagem, prensagem e comercialização dos resíduos como fatores que determinam o seu avanço na cadeia produtiva da reciclagem dos resíduos sólidos urbanos (PEPINELLI, 2011, p. 145-146).

Outrossim, Viana (2017) coloca que “a crescente organização, a constante mobilização e articulação política dos catadores e catadoras de materiais recicláveis tem provocado um maior reconhecimento por parte da sociedade e do poder público no Brasil”. Esse processo se fez sentir com um novo e amplo conjunto de leis e normas, Figura 2:

Figura 2: Arcabouço regulatório profissional dos catadores



Fonte: Viana, 2017.

Tal empoderamento jurídico permite que na cadeia produtiva da reciclagem a estratégia de integração das associações e cooperativas em Redes Solidárias seja articulada pelos catadores como forma de vencer a fragilidade e precariedade de alguns empreendimentos no mercado de alta competitividade.

4. MERCADO DE RECICLÁVEIS NO CENÁRIO DA CADEIA PRODUTIVA ECONÔMICA PÓS-CONSUMO

Os preços do mercado da reciclagem são determinados pelos mercados internacionais, principalmente dos Países Asiáticos que são os grandes compradores mundiais de materiais-prima secundários. De 2000 a 2011, a taxa de crescimento do Produto Interno Bruto - PIB da China registrou uma média mensal de 2,5%. Entre 2012 e 2015, no entanto, a taxa desacelerou para 1,8%. O estudo de Morris e Pasterz (2017) encontrou uma queda nos preços médios do mercado por uma tonelada de material reciclado de US\$ 24 para jornal, US\$ 19 para papelão, US\$ 143 para latas de alumínio, US\$ 13 para latas, US\$ 66 para garrafas de PET e US\$ 36 para recipientes de HDPE, no mesmo período.

A comercialização dos materiais recicláveis é sempre um elo com pouca governança por parte dos catadores (atores dos Programas Municipais de Coleta Seletiva) dadas as características econômicas intrínsecas à atividade e também a realidade social que define a identidade na maioria das vezes marginalizada de sua força de trabalho - uma vez que a escala de produção é um dos entraves para comercializarem diretamente para a indústria recicladora, o que vem a propiciar a dependência da intermediação que restringe as margens de ganho na venda de seus produtos (SILVA, 2017).

Mannarino *et al.* (2016) enfatizam que a realidade das regiões e municípios brasileiros é bastante diferente em relação à capacidade de investimento na gestão de resíduos sólidos.

Entretanto, as exigências definidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos são as mesmas para todo o país, o que traz à tona dificuldades para a efetiva implantação de um sistema de reciclagem de materiais no Brasil, tendo em vista as diferenças regionais existentes que impactam em diferentes formas de tratamento.

O aumento da escala na oferta de materiais reciclados, com reflexos na consolidação da cadeia produtiva da reciclagem no país, depende da evolução da coleta seletiva nos grandes centros urbanos, que concentram o maior percentual do consumo de embalagens e são irradiadores de tendências e novos modelos de gestão para outras regiões.

Há necessidade de aperfeiçoamento em relação as informações relativas à segregação e coleta dos materiais secos recicláveis no País, que ocorrem, em sua maioria, pelos Programas Municipais de Coleta Seletiva (PMCS). O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010) levantou que 994 municípios praticavam, em 2008, ações de coleta seletiva, e apenas 411 destes abrangiam toda a área urbana. Sete anos depois, em 2015, o diagnóstico da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2015) divulgou que 3.859 municípios brasileiros tinham iniciativas de coleta seletiva. Em 2016, o Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE, 2016) publicou que 1.055 municípios brasileiros (cerca de 18% do total) operavam Programas de Coleta Seletiva, correspondendo 31 milhões de brasileiros (15%), aproximadamente, com acesso aos Programas Municipais de Coleta Seletiva.

Percebe-se que as informações relativas a este modelo de coleta no Brasil mostram diferenças significativas entre as fontes. Podendo implicar negativamente quanto ao real alcance das ações municipais, e comprometer a implementação de políticas públicas pela possível inconsistência dos dados acerca da realidade brasileira.

Em contrapartida à pseudo onerosidade dos PMCS, destaca-se o potencial econômico da indústria da reciclagem. O setor produtivo nacional tem despertado, mesmo que tardiamente, para os ganhos que podem advir da logística reversa dos materiais recicláveis e reaproveitáveis. Vale lembrar que o empresariado é responsável direto, conforme Lei Federal nº 12.3015/2010, pela promoção da sensibilização junto à população e logística de retorno do material que é comumente coletado e triado pelas organizações de catadores dos PCMS.

Alguns produtos pós-consumo, especialmente as embalagens em geral, têm relação direta com os Sistemas Municipais de Coleta Seletiva (PMCS). A exemplo, parcela de materiais potencialmente recicláveis nos RSU, que é predominantemente composta por embalagens, representa 31,9%, em peso, dos resíduos coletados pelos municípios (IPEA, 2011).

O Acordo Setorial das Embalagens em Geral pós-consumo firmado em novembro de 2015 trata da fração seca dos resíduos sólidos urbanos ou equiparáveis, exceto aquelas classificadas como perigosas pela legislação brasileira. Esse prevê que na primeira fase de implementação do SLR o sistema deverá garantir a destinação final ambientalmente

adequada de, pelo menos, 3.815,081 toneladas de embalagens em geral não perigosas por dia. Frisa-se que será indispensável o apoio às cooperativas e associações de catadores de materiais recicláveis e parcerias privadas.

Mannarino *et al.* (2016) enfatizam que a realidade das regiões e municípios brasileiros é bastante diferente em relação à capacidade de investimento na gestão de resíduos sólidos. Entretanto, as exigências definidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos são as mesmas para todo o país, o que traz à tona dificuldades para a efetiva implantação de um sistema de reciclagem de materiais o Brasil, tendo em vista as diferenças regionais existentes que impactam em diferentes formas de tratamento.

O primeiro delineamento para o foco dos resultados atrelou-se ao Acordo Setorial de Embalagens em Geral, pois, neste estão contidos 90% dos materiais coletados pelos PMCS das capitais, permitindo melhor compreensão do cenário atual e possíveis contribuições para futuras tomadas de decisão. A partir do referido Acordo foram realizados outros recortes para delimitação das informações, são eles: Programas Municipais de Coleta Seletiva, Empreendimentos de Economia Solidária, Intermediários e Indústrias.

Outro ponto a ser observado é a elaboração dos Planos Municipais de Saneamento e Resíduos Sólidos. Estes são instrumentos de suma importância na Gestão Municipal quando são verossímeis na etapa diagnóstico para projeção de cenários que tenham alcance para as características do município. Os planos em sua grande maioria apresentam falhas quanto as informações das realidades dos PMCS, principalmente no que tange aos quantitativos, comercialização e identificação dos potenciais materiais valorados no mercado e com retorno e restituição à indústria por capital.

A maioria dos PMCS funciona com aporte de coleta pelas prefeituras municipais, cooperativas e associações. Todos os materiais segregados coletados são direcionados para os galpões de triagem dos EES, e após caracterização e triagem são comercializados principalmente junto aos intermediários. Ressalta-se que a adequação de modelo de gestão e gerenciamento dos PMCS, através de estudos que levem em consideração a veracidade da realidade local, tende a: reduzir o quantitativo de rejeitos inseridos na coleta diferenciada; melhorar a qualidade do material segregado e quantidade dos montantes triados para comercialização; contribuir significativamente com a logística direta entre EES e indústria; e, conseqüentemente, minimizar a atuação dos intermediários.

Outrossim, é de se destacar a influência das regiões metropolitanas (RM) na dinâmica das capitais, tanto locais quanto regionais. Há interferências socioeconômicas e ambientais que não permitem uma análise dissociada quando o assunto é resíduos sólidos. Não há como, por exemplo, mensurar quantitativo exato das produções das cidades, sem considerar todo o fluxo proveniente das RM no que tange a composição, quantitativo e destinação dos resíduos.

Identificar os principais atores das cadeias produtivas na comercialização de materiais recicláveis é uma necessidade inicial. Há também que se compreender as diferentes

formas de agregação de valor e dos ganhos relativos ao longo das cadeias para finalmente reconhecer as características existentes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ações do Sistema de Logística Reversa necessitam de estruturação de modo a lapidar estratégias eficientes e alcançáveis de acordo com a realidade local. Existem limitadores e processos não transparentes para proposição de cenários que apresentem a viabilidade econômica futura, como exemplo, ausência de dados contundentes de produção das embalagens destinadas para as capitais, bem como, do quantitativo de materiais que retorna para recuperação.

Logo, a cadeia de reciclagem necessita de “ataque” imediato, há viabilidade logística que o planejamento adequado, juntamente com a estruturação de um sistema corporativo e cooperativo, poderá render ganhos governamentais, empresariais e socioeconômicos significativos.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e resíduos especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo: Associação brasileira de empresas públicas e resíduos especiais, 2015. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/>. Acesso em: Set, 2016.

BRASIL. Decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências.. Brasília, DF, 2010b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm>. Acesso em: jan. 2015.

BRASIL. Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Institui a Política Nacional de Saneamento Básico. Brasília, DF, 2007a. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso em: jun. 2015.

BRASIL. Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2010a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: jan. 2015

BRASIL. Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF, 1981. Disponível em: http://pm.al.gov.br/bpa/documentacao/lei_fed_6938.pdf>. Acesso em: jul. 2015.

BRASIL. Lei 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, DF, 1999. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/educacaoambiental/lei9795.pdf>>. Acesso em: jan. 2015.

COUTO, M. C. L.; LANGE, L. C. Análise dos Sistemas de Logística Reversa no Brasil. *Eng Sanit Ambient.* v.22 n.5, set/out 2017, 889-898. DOI: 10.1590/S1413-41522017149403.

EMF- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Rumo a economia Circular: o racional de negócio para acelerar a transição (dezembro de 2015). Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-a-economia-circular_Updated_08-12-15.pdf> Acesso em: out. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro, 2010. Rio de Janeiro, IBGE, 2010.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (2011) Caderno de diagnóstico: resíduos sólidos urbanos. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf Acesso em: 25 ago. 2017.

JUCÁ, J.F.T.; LIMA, J.D.; LIMA, D.A.; MARIANO M.O.; LUCENA L.; FIRMO, A. (2014) Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. Jaboatão dos Guararapes (PE): UFPE - BNDES, CCS Gráfica Editora Ltda. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/268811770_Analise_das_Diversas_Tecnologias_de_Tratamento_e_Disposicao_Final_de_Residuos_Solidos_Urbanos_no_Brasil_Europa_Estados_Unidos_e_Japao.

MANNARINO, C. F., FERREIRA, J. A., GANDOLLA, M. Contribuições para a evolução do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil com base na experiência Européia. *Eng Sanit Ambient*, v.21 n.2, abr/jul, 2016. 379-385. DOI: 10.1590/S1413-41522016146475.

MORRIS, J. e PASTERZ, P. Rhythms Reasonspricing. Disponível em: <https://resourcerecycling.com/plastics/2017/10/31/rhythms-reasonspricing/> Acesso em: jan, 2018.

PEPINELLI, R. Empreendimentos Econômicos Solidários de Catadores. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

SILVA, A. Análise da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Capitais do Nordeste Brasileiro: o caso de Aracaju-SE e João Pessoa-PB. Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT. João Pessoa, 2014. 156f.

SILVA, A. C. Panorama da comercialização das embalagens em geral pós-consumo coletadas pelos programas municipais de coleta seletiva nas capitais do nordeste brasileiro. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2018.

SILVA, S. P. A Organização Coletiva de Catadores de Material Reciclável no Brasil: dilemas e potencialidades sob a ótica da economia solidária. Brasília: Rio de Janeiro: IPEA, 2017.

TIRADO, M. M. Análise e Formação de Redes de Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis no Âmbito da Economia Solidária. Tese (Doutorado). Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011

VIANA, R. C. G. Comercialização em Rede e Inter Redes, Beneficiamento e Verticalização da Cadeia de Resíduos Sólidos. Um guia para organização das Redes de catadores e catadoras de materiais recicláveis. Escritório Nacional do CATAFORTE III – Negócios Sustentáveis em Redes Solidárias. Disponível em: www.ceadec.org.br/cataforte Acesso em: dez, 2017.

1.5 MODELOS DE COLETA SELETIVA: PRINCÍPIOS E ESPECIFICIDADES

SILVA, Rodrigo Cândido Passos da
GRS/UFPE, Gampe/UFRPE
rcpassos13@gmail.com

SILVA, Aline Carolina da
Uniceplac-DF, Sosan Engenharia
alinesilva.ambiental@gmail.com

EL-DEIR, Soraya Giovanetti
Gampe/UFRPE
sorayageldeir@gmail.com

JUCÁ, José Fernando Thomé
GRS/UFPE
jucah@ufpe.br

RESUMO

A coleta seletiva é uma etapa fundamental para a gestão sustentável dos resíduos sólidos. No entanto, consiste em um desafio contínuo para as administrações municipais, devido à ineficiência, à inviabilidade econômica, não abrangência e não adequação às particularidades locais do serviço prestado. Nesta vertente, entender as especificidades de um modelo seletivo é crucial para propor programas de coleta seletiva que atendam às características socioeconômicas, culturais e geopolíticas de uma área. Em face disto, o artigo faz uma reflexão teórica e propõe quatro estruturas fundamentais para a proposição de um modelo de coleta seletiva: tipologia dos resíduos, modalidade de coleta, agentes de coleta e sistema modal. A proposição de modelos seletivos pautados nestes elementos deve atender aos objetivos, estratégias e características locais para que sejam viáveis e adequados, bem como estimulem a efetiva participação da população.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de resíduos, Gestão municipal, Reflexão teórica.

1. INTRODUÇÃO

A gestão sustentável de resíduos sólidos tem sido amplamente discutida em todo o mundo, sendo um dos pilares para a qualidade ambiental de um país (PELTOLA et al., 2016). Além disso, é considerada como um dos desafios ambientais globais do século XXI (UNEP, 2012), compondo a Agenda 21 para o alcance do desenvolvimento sustentável e ambientalmente saudável dos países (CNUMAD, 1996). Também é considerada como um dos principais desafios das áreas urbanas, desde megalópolis até pequenos municípios, bem como da gestão municipal (UN-HABITAT, 2010).

No hall da gestão sustentável, merecem destaque tecnologias que promovam a valorização energética e mássica dos resíduos sólidos, como biodigestores, compostagem, entre outros. Nesta vertente, a coleta seletiva apresenta-se como uma etapa estratégica para esta efetivação.

De acordo com a Lei Federal nº 12.305 (BRASIL, 2010a), a qual institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e o Decreto Federal nº 7.404 (BRASIL, 2010b), que regulamenta a PNRS, a coleta seletiva é um instrumento que contribui para o desvio de resíduos recicláveis de aterros sanitários, bem como para a valorização destes materiais. Este sistema consiste na separação prévia de resíduos sólidos com base na sua constituição e composição, de modo que as frações segregadas sejam conduzidas para diversas formas de tratamento e recuperação por via de processos tecnológicos disponíveis que sejam economicamente viáveis, e que apenas o rejeito seja disposto em aterros sanitários (BRASIL, 2010a).

Amparado nestes arcabouços legais, a coleta seletiva assume um papel fundamental para a gestão sustentável dos resíduos sólidos, uma vez que apresenta diversos benefícios, como: desvio de resíduos para o aterramento (FERREIRA et al., 2017), aumento da vida útil de aterros sanitários (AYODELE et al., 2018), incentivo a hierarquia dos resíduos (BREZA-BORUTA, 2016), valorização do potencial mássico e de energia dos resíduos sólidos (RAJAEIFAR et al., 2017), contribui para o aumento da reciclagem (SILVA et al., 2017), reduz a extração de novas matérias primas como insumo para a indústria (ZAMAN, 2014) e contribui para o mercado de recicláveis (LINO; ISMAEL, 2017), trazendo benefícios ambientais, econômicos e sociais para a sociedade (FUSS et al., 2018).

No entanto, a efetivação da coleta seletiva no contexto municipal é um desafio para a gestão sustentável dos resíduos sólidos, sobretudo para os gestores responsáveis pelo serviço. Dentre os vários motivos que ratificam esta lógica, Dutra et al. (2018) destacam a mudança da perspectiva gerencial linear, baseada no aterramento dos RSU, para um modelo que vislumbre a gestão cíclica dos resíduos, sendo a coleta seletiva etapa estratégica para a promoção da reciclagem e da inclusão social. Algumas pesquisas reiteram esta discussão (GHISELLINI et al., 2016; ILIĆ; MELECE, 2016; FERREITA et al., 2017; GUERRINI et al., 2017; RIBIĆ et al., 2017). Também vale pontuar a

necessidade de efetivar a integração da coleta seletiva com a logística reversa com base nos acordos setoriais estabelecidos, afim de impulsionar a quantidade de resíduo reciclável coletado, aumentar a taxa de aproveitamento destes materiais, favorecer o retorno dos resíduos à cadeia produtiva e contribuir para a expansão do mercado de recicláveis.

Além disto, os programas municipais de coleta seletiva esbarram na inviabilidade e ineficiência do serviço prestado. Para Besen et al. (2017), este serviço só será atraente às administrações municipais quando for eficiente e viável, cenário oposto ao apresentado pela maioria dos programas municipais brasileiros, e pautado no estímulo ao desvio de resíduos dos aterros sanitários e na valorização mássica destes materiais por meio da reutilização, reciclagem e compostagem, por exemplo. Para que isto seja factível, Ferreira et al. (2017) apontam a necessidade de estudos, sobretudo nas etapas de planejamento, que subsidie e direcione a tomada de decisão dos gestores quanto ao potencial de geração de resíduo reciclável, ao mercado de recicláveis e ao modelo de coleta seletiva adequado às particularidades socioeconômicas da área implantada, a fim de maximizar a quantidade e qualidade do material reciclável coletado.

Reconhecendo a importância da coleta seletiva e a necessidade de estabelecer diretrizes teóricas claras e objetivas que direcionem esta temática, o presente artigo aborda sobre os princípios e estruturais fundamentais para a estruturação de modelos de coleta seletiva. Deste modo, a discussão proposta neste artigo busca nortear a discussão teórica e prática acerca desta temática, de maneira que contribua para a tomada de decisão de gestores municipais, assim como para a proposição viável de modelos de coleta seletiva conforme as particularidades socioeconômicas, ambientais e culturais de cada local.

2. METODOLOGIA

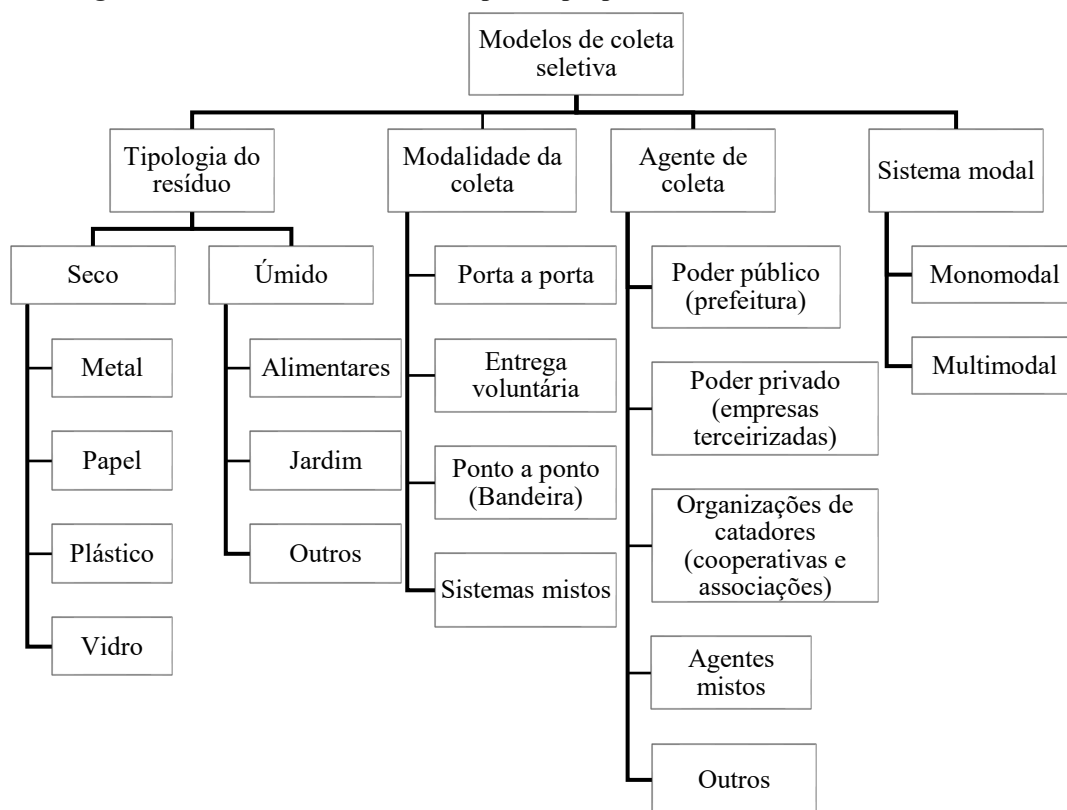
O artigo faz uma reflexão teórica em relação às estruturas fundamentais para a proposição de modelos de coleta seletiva. Neste sentido, foram consultados artigos científicos em revistas consagradas e respeitadas na área acadêmica, como: *Waste Management*; *Waste Management & Recycling*; *Resources, Conservation and Recycling*, *Journal of Cleaner Production*, dentre outras, por meio do acesso às plataformas *Web of Science* e *Science Direct*. As palavras-chave utilizadas com maior frequência para obtenção dos artigos foram: *selective collection*, *selective waste collection*, *waste collection systems*, *separate collection systems*, *selective collection model*, *selective collection system*, *selective collection program*, *waste separate model*, *collection systems for sorted household waste* e *source separation*. Os artigos relacionados à temática foram lidos e, assim, extraídas as informações relevantes para a construção do presente artigo.

3. MODELOS DE COLETA SELETIVA

Os modelos de coleta seletiva variam de município para município, tanto no contexto nacional quanto internacional, pois dependem das condições socioeconômicas locais, da estrutura geomorfológica da área, da infraestrutura disponível, da conjuntura legal,

dentre outros aspectos (TIMLETT; WILLIAMS, 2011). Estes fatores, quando bem estruturados e adequados às condições socioeconômicas locais, aumentam a eficiência do modelo seletivo em função da coleta de resíduos potencialmente recicláveis (STOEVA; ALRIKSSON, 2017), além de viabilizá-lo (MARTINHO et al., 2017). Na tentativa de torná-lo uma realidade às administrações municipais, Besen et al. (2017) e Silva (2020) apontam quatro estruturas fundamentais para a proposição de modelos de coleta seletiva, as quais fundamentam-se nas tipologias do material coletado, nas modalidades da coleta, nos agentes que executam o serviço e no sistema modal empregado (Figura 1).

Figura 1 - Estruturas fundamentais para a proposição de modelos de coleta seletiva



Fonte: Adaptado de Besen et al. (2017) e Silva (2020)

No que tange à tipologia do material coletado, a coleta seletiva compreende a coleta mínima de resíduos secos, usualmente chamado de recicláveis, e de resíduos úmidos, comumente denominados de orgânicos ou compostáveis, separados na fonte geradora, conforme estabelecido no Decreto nº 7.404/2010 (BRASIL, 2010b) que regulamenta a PNRS (BRASIL, 2010a). De acordo com Cariacica (2015), o material coletado pelo modelo seletivo depende dos objetivos traçados pela administração municipal e pelo planejamento operacional proposto de acordo com os aspectos culturais, políticos, legais, sociais e econômicos da região.

De acordo com Dutra et al. (2018), a maioria dos modelos de coleta seletiva do Brasil segrega os resíduos recicláveis em secos e úmidos. O primeiro grupo compreende, tradicionalmente, as frações papel, plástico, vidro e metal, além das várias subclassificações existentes. Já os resíduos úmidos, abrangem os resíduos alimentares,

de jardim, dentre outros. Segundo Campos (2014), a classificação secos e úmidos facilita a segregação dos moradores desde a pré-coleta.

Estudo realizado por Silva (2020), acerca dos modelos de coleta seletiva de referência do Brasil, mostrou que os recicláveis secos coletados em fluxo único, ou seja, misturados, foi a tipologia majoritariamente adotada nos programas municipais brasileiros, independente da região do país analisada. Segundo o autor, a coleta deste material em fluxo único facilita a separação *in loco* e aumenta o engajamento e participação da população, por tornar o processo mais simples. No entanto, aumenta a quantidade de rejeito que chegam às centrais de triagem. Além disso, o autor ressalta que esta adoção deve ser planejada e alinhada concatenada com as demais estruturas operacionais dispostas pelo município, como a presença de centrais de triagem, seja manual ou mecânica, de maneira que facilite o direcionamento do resíduo ao mercado de recicláveis. Nos Estados Unidos, a coleta seletiva de resíduos recicláveis pode ser classificada de acordo com o número de fluxos de coleta, como fluxo único (FU) ou fluxo duplo (FD). Na coleta de fluxo duplo, os residentes separam os resíduos papel, papelão e revistas dos demais materiais recicláveis, utilizando para tal coletores de 60 litros. Já na coleta de fluxo único, os resíduos recicláveis são dispostos em um único coletor de 240 litros e destinados aos centros de triagem (MAIMOUN et al., 2016). Segundo Fitzgerald et al. (2012), durante a última década, muitas comunidades americanas têm mudado o sistema de coleta de fluxo duplo para o fluxo único, sobretudo em virtude da facilidade de operação deste modelo, o qual proporcionou um aumento em torno de 50% na coleta de recicláveis.

No tocante à União Europeia, Seyring et al. (2016) relataram, com base nos dados dos 28 Estados Membros, que as principais frações coletadas foram papel, metal, plástico e vidro. Os autores ainda verificaram que, em alguns países, a coleta de metal e plástico foi realizada juntas. Em Portugal, os resíduos recicláveis foram coletados por meio dos fluxos amarelo, referente aos plásticos e metais; azul, correspondente ao papel e ao papelão; e verde, relativo ao vidro (FERREIRA et al., 2017). As tipologias predominantes das cidades espanholas foram os resíduos mistos, os orgânicos, o papel/papelão, o vidro e as embalagens leves (plástico e metal) (GALLARDO et al., 2012). Já na cidade de Zavidovic, na Bosnia e Herzegovina, as principais frações coletadas foram o papel, o plástico e os metais. Já o vidro não foi coletado por não ter valor de mercado nesta região (VACCARI et al., 2013).

Quanto à modalidade da coleta seletiva, Seyring et al. (2016) relatam que o tipo de modalidade adotado depende das condições socioeconômica, política, administrativa, tecnológica, dentre outras. Jank et al. (2015) complementam afirmando que a modalidade da coleta seletiva varia de cidade para cidade, diferenciando, inclusive, de uma área para outra dentro do próprio município, de acordo com a estratégia e o planejamento adotados. Deste modo, as principais modalidades de coleta seletiva utilizadas nos municípios brasileiros consistem na porta a porta, na entrega voluntária, no ponto a ponto e no sistema de troca e venda de materiais recicláveis, além dos sistemas mistos – resultantes da combinação de outras modalidades (CAMPOS, 2014). De acordo com Besen et al.

(2017) e Silva (2020), cada modalidade apresenta vantagens e desvantagens do ponto de vista da sustentabilidade processual (Quadro 1).

Quadro 1 - Principais modalidades da coleta seletiva do Brasil

MODALIDADE	DEFINIÇÃO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Entrega Voluntária (Pontos ou Locais de Entrega Voluntária – PEV, LEV ou Ecoestação)	São disponibilizados contêineres em pontos e/ou locais estratégicos, onde a população dispõe os resíduos de forma voluntária.	<ul style="list-style-type: none"> - Reduz o trajeto e acúmulo de carga, minimizando o custo logístico; - Demanda equipe menor, pois parte do serviço é executada pela população; - Desperta a cidadania, pois exige participação mais ativa da população; - A presença de contêineres dá maior visibilidade e divulga a coleta seletiva. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mobilização eficaz, pois requer maior participação da população; - Demanda rigor na coleta para evitar que os contêineres se transformem em pontos de acúmulo de lixo; - Quando não controlados, ocorrem desvios de materiais de maior valor e, às vezes, atos de depredação.
Porta a porta	O caminhão coletor segue uma rota de coleta que passa por bairros e coletam os resíduos separados, dispostos geralmente dentro de sacos plásticos.	<ul style="list-style-type: none"> - Garante boa cobertura da coleta na fonte; - Dispensa o deslocamento do cidadão até um posto de entrega voluntária; - Sinalização do serviço prestado pelo caminhão e reconhecimento do som pelos cidadãos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo logístico elevado, devido a maior infraestrutura de coleta; - Tende a apresentar custo mais elevados de coleta e transporte comparado com outras modalidades; - Os dias e horários de coleta precisam de ampla divulgação; - Atrai maior número de catadores informais na área implantada.
Ponto a ponto (Bandeiras)	Os resíduos secos são coletados nos pontos de geração e concentrados em pontos estratégicos, chamados de “bandeiras”, para posterior coleta pelo caminhão. Os coletores levam os resíduos até esses pontos a pé, em bags, ou em carrinhos manuais ou motorizados.	<ul style="list-style-type: none"> - Otimiza a rota, facilita o carregamento e reduz o tempo de coleta; - Reduz o custo logístico; - Os coletores interagem com os moradores e mobilizam a comunidade; - Melhora a qualidade e a quantidade dos materiais separados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessita de equipe com mais pessoas para realização da coleta; - Demanda informação sobre o modo diferente de operação; - Os locais das bandeiras devem ser bem localizados de modo que minimize o tempo de exposição dos resíduos.
Sistemas de troca	Os resíduos secos são levados para pontos específicos e trocados por alimentos, cupons de alimentos, dinheiro ou descontos em contas	<ul style="list-style-type: none"> - Reduz os custos de transporte para a prefeitura; - Os resíduos têm maior qualidade na separação e menos rejeitos; - O cidadão se beneficia 	<ul style="list-style-type: none"> - Não tem garantia de continuidade e depende exclusivamente de quem implantou; - A participação na coleta seletiva fica

de serviço, a exemplo de energia elétrica.	economicamente dos resíduos.	mais restrita ao interesse pessoal e menos ao coletivo.
--	------------------------------	---

Fonte: Adaptado de Besen et al. (2017); Silva (2020).

No Brasil, dados da Pesquisa Ciclossoft sobre coleta seletiva (CEMPRE, 2018) elucidaram que a maioria dos municípios brasileiros empregaram a modalidade mista, com destaque para as coletas porta a porta (PAP) e ponto de entrega voluntária (PEV). Ainda de acordo com o estudo, 80% dos municípios empregaram a coleta porta a porta e 45% utilizaram o PEV. Dados do SNIS (2018) corroboram com este cenário, sendo estas modalidades predominantes nos municípios que alegaram realizar coleta seletiva. Segundo Campos (2014), estas modalidades são usualmente implementadas no formato misto para aumentar a quantidade de resíduos coletados. Já na União Europeia, Seyring et al. (2016) relatam que as principais modalidades empregadas nos Estados Membros, bem como em suas respectivas capitais, foram a coleta porta a porta (door-to-door), a coleta misturada (co-mingled collection), a entrega voluntária (bring-points), o civic amenities, e o depósito e retorno (Quadro 2).

Quadro 2 - Modelos de coleta seletiva nos países da União Europeia

Modelos de coleta seletiva	Definição
Porta a porta	As frações dos resíduos são dispostas em sacos específicos, bolsas especiais, caixas ou recipientes diretamente dos domicílios com frequência regular.
Coleta <i>Co-mingled</i>	Semelhante ao sistema porta a porta, entretanto, neste sistema as frações de resíduos são coletadas no mesmo compartimento.
Entrega voluntária (<i>Bring-points</i>)	Este sistema é semelhante ao sistema de entrega voluntária realizado no Brasil, em que recipientes são dispostos em locais públicos para a coleta de diferentes frações de resíduos.
<i>Civic amenity sites</i>	São semelhantes às ecoestações. Consiste em locais de entrega de resíduos por famílias ou de forma individual. Os resíduos dispostos são os recicláveis, os volumosos, às vezes os resíduos perigosos, os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, as baterias usadas, os resíduos de construção civil, os solventes, dentre outros.
Depósito e retorno	São semelhantes ao sistema de troca de resíduos, sendo tipicamente aplicados a garrafas de bebidas, latas de vidro, plástico e metal.

Fonte: Adaptado de Seyring et al. (2016); Silva (2020).

Nesta perspectiva, Martinho et al. (2017) estudaram a eficiência da coleta seletiva com base em três modalidades (porta a porta, pontos de entrega voluntária e misto) em uma cidade ao oeste de Portugal. Já Pires et al. (2017) avaliaram os benefícios econômicos e ambientais das coletas porta a porta, entrega voluntária e mista em Portugal, com base na análise do ciclo de vida e em indicadores econômicos. Por sua vez, Yıldız-Geyhan et al. (2016) analisaram os benefícios ambientais de quatro modalidades de coleta seletiva (coleta solidária, porta a porta e pontos de entrega voluntária com coletores localizados nas ruas, com intervalos menores - 50 a 100 metros - e maiores - 500 a 1000 metros), na cidade de Istambul, na Turquia. Por fim, Seyring et al. (2016) analisaram os modelos e as modalidades seletivas de 28 Estados Membros da UE, assim como das suas capitais

federativas.

Quanto aos agentes responsáveis pela execução do serviço, a coleta seletiva pode ser operada pela prefeitura municipal, por empresas terceirizadas e/ou por organizações de catadores de materiais recicláveis, agrupados no formato de cooperativas ou de associações (JACOBI; BESEN, 2011; BESEN, 2011; CAMPOS, 2013). A execução do serviço pela prefeitura ou por empresas terceirizadas é comumente realizada em parceria as organizações de catadores, por meio de parcerias ou pela contratação destes trabalhadores para a prestação do serviço (BESEN et al., 2017).

De acordo com Gutberlet (2015), os catadores de materiais recicláveis são importantes mineradores urbanos que atuam na recuperação de recursos e contribuem para a sustentabilidade urbana das cidades. A inserção de catadores de materiais recicláveis estimula a Economia Social e Solidária (LEMAITRE; HELMSING, 2012), assim como a Economia Ecológica (GOWDY; ERICKSON, 2005), além de enquadrar-se nos preceitos das Teorias da Sustentabilidade (ROCKSTRÖM et al., 2009), do trabalho decente (OIT, 2013), do pensamento do ciclo de vida (JØRGENSEN et al., 2008) e do metabolismo urbano (GANDY, 2004). Estes novos modelos econômicos destacam-se das demais formas inovadoras de interação econômica com a população e o meio ambiente, já que atribui importância igual a todos os atores inseridos no processo e foca na eficiência processual, ao invés da simples geração de lucros.

A coleta seletiva com a participação de catadores de materiais reciclável organizados em associação ou cooperativa é comumente denominada por coleta seletiva solidária, coleta seletiva com inclusão social, coleta seletiva sustentável ou coleta seletiva socioproductiva de catadores (BESEN et al., 2017). Este tipo de coleta pode ser realizado por via formal, por meio de organizações de catadores, ou informal, quando a atividade é feita de maneira independente e sem parceria com a administração municipal.

A coleta seletiva solidária é considerada para Spies e Scheinberg (2010) como uma externalidade positiva ofertada aos municípios, uma vez que são beneficiados em termos sociais, ambientais e econômicos pelo serviço prestado por estes profissionais. No entanto, os catadores de resíduos não são reconhecidos como atores economicamente legítimos, embora produzam, simultaneamente, bens e serviços ao recuperar resíduos que seriam destinados aos aterros sanitários e conduzi-los às indústrias como matéria-prima (OLIVEIRA; PEREIRA, 2015). Segundo Gutberlet (2015), a quantidade de catadores individuais, desorganizados e em condições precárias no Brasil é significativa. Entretanto, a contabilização exata torna-se um desafio para os gestores municipais, devido à informalidade da atividade e da demanda existente.

A coleta seletiva solidária promove melhorias nas condições de trabalho (LINZNER; LANGE, 2013; LIMA; MANCINI, 2017) e na qualidade de vida dos membros das organizações (WILSON et al., 2012); gera maior qualidade do material segregado (LINGER; SALHOFER, 2014; GHISOLFI et al., 2017); fortalece o mercado de recicláveis e a comercialização em rede (APARCANA, 2017); mobiliza e sensibiliza a

sociedade sobre a realidade dos catadores (DIAZ; OTAMA, 2014), bem como sobre a necessidade da minimização de resíduos que leva à preservação ambiental e redução de danos (GUTBERLET, 2015); possibilita a contratação de organizações pelos órgãos públicos, sem necessidade de licitação (VERGARA et al., 2016); regulamenta os direitos dos catadores (BAKO, 2014); capacita os integrantes do sistema, com cursos de alfabetização, técnicas de reciclagem, contabilidade (LINO; ISMAIL, 2017), dentre outras.

Diversos estudos realizados em outros países ratificam a importância da coleta seletiva solidária para a gestão sustentável dos resíduos sólidos (SUTHAR et al., 2016; FEI et al., 2016; ANDRIANISA et al., 2016; APARCANA, 2017; SAIDAN et al., 2017; HARTMANN, 2018). No Brasil, vários pesquisadores corroboram esta lógica, sobretudo quanto à qualidade do material coletado pelos sistemas seletivos municipais (CASTILHOS JÚNIOR et al., 2013; LIMA; SILVA, 2013; TIRADO-SOTO; ZAMBERLAN, 2013; CAMPOS, 2014; RUTKOWSKI; RUTKOWSKI, 2015; GHISOLFI et al., 2017; GIL; ÁVILA, 2017; LIMA; MANCINI, 2017).

No que tange aos sistemas modais, estes podem ser monomodais e/ou multimodais. Os sistemas monomodais consistem no uso de apenas um tipo de transporte para a coleta dos resíduos. Este tipo de transporte pode ocorrer por meio de veículos coletores mecanizados (Figura 2), em seus diferentes tamanhos e modelos, os quais são comumente empregados em áreas urbanas, com alta densidade populacional e de elevado poder aquisitivo; assim como por bicicletas, motos e veículos de menor capacidade.

Figura 2. Modelo de veículo coletor utilizado na coleta seletiva da Prefeitura de Recife



Fonte: <http://ecorecife.recife.pe.gov.br/equipamentos-0>

Por outro lado, os sistemas multimodais consistem na combinação de um ou mais modal para o transporte dos resíduos recicláveis gerados nas residências. Este tipo de sistema é comumente empregadas em zonas rurais, áreas distantes dos centros urbanos, centros comerciais, áreas de difícil acesso (como regiões de morros e comunidades), assim como em orlas de praias urbanas. Os principais objetivos atrelados ao uso dos sistemas multimodais estão no encurtamento das distâncias percorridas pelo veículo coletor, na otimização da coleta, na redução de custos, na diminuição de gases de efeito estufa, na viabilidade da universalização da coleta, entre outros.

Em Recife, são utilizadas ecobikes, bicicletas equipadas com uma cesta em sua traseira que possui capacidade para receber um metro cúbico de resíduos, para coletar os recicláveis da orla das praias urbanas da cidade dispostos nos PEVs. As ecomotos são triciclos equipados com caçamba que coletam resíduos recicláveis dos domicílios localizados em áreas de difícil acesso, onde os veículos coletores não conseguem entrar (Figura 3).

Figura 3. Ecobike e ecomoto utilizadas na coleta dos recicláveis domiciliares em Recife



Fonte: <http://ecorecife.recife.pe.gov.br/equipamentos-0>

Para além das estruturas de um modelo de coleta seletiva, é necessário que o modelo seletivo proposto atente para as particularidades socioeconômicas da área estudada (TIMLETT; WILLIAMS, 2011). Para Bringhentí et al. (2011), este requisito é fundamental para a implementação de programas de coleta seletiva adequados e viáveis, o que pode estimular a participação popular neste processo. Sendo assim, são necessários o estabelecimento de estudos que corroborem com esta retórica, além de subsidiar discussões aprofundadas pautadas em uma metodologia analítica sobre o assunto (YILDIZ-GEYHAN et al., 2016).

Para além de pesquisas diretamente relacionadas aos modelos de coleta seletiva, outros estudos foram feitos com o intuito de avaliar diferentes aspectos da coleta seletiva, como o diagnóstico do serviço prestado (BESEN et al., 2014), o uso de metodologias para estruturação de modelos seletivos (GALLARDO et al., 2015), os fatores que influenciam a participação população no processo (STOEVA; ALRIKSSON, 2017; XU et al., 2017), além da avaliação da coleta seletiva em termos econômicos (GRECO et al., 2015; D'ONZA et al., 2016), ambiental (YILDIZ-GEYHANA et al., 2016) e integrando estas duas dimensões (MORA et al., 2014; MAIMOUN et al., 2016). Além de ter sido analisado o desempenho da coleta seletiva (GALLARDO et al., 2012; TEIXEIRA et al., 2014 a, b; RODRIGUES et al., 2016 a, b; FERREIRA et al., 2017). Estes estudos são importantes para fundamentar novas pesquisas e gerar discussões aprofundadas sobre a temática.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo elencou quatro principais elementos estruturais para a proposição de modelos de coleta seletiva: tipologia dos resíduos, modalidade, agente de coleta e sistema modal. O estabelecimento destes elementos facilita a compreensão dos modelos seletivos e de suas diversas particularidades. É importante ressaltar que, para além destes, outros critérios podem ser adotados para a proposição de um modelo seletivo, como a questão tecnológica, geográfica, operacional, legal, cultural, entre outras, de modo que sejam adequados às particularidades e especificidades locais.

REFERÊNCIAS

ANDRIANISA, H.A.; BROU, Y.O.K.; SÉHI, B.A. Role and importance of informal collectors in the municipal waste pre-collection system in Abidjan Côte d'Ivoire. **Habitat Int.**, v. 53, 2016, p. 265–273.

APARCANA, S. Approaches to formalization of the informal waste sector into municipal solid waste management systems in low- and middle-income countries: Review of barriers and success factors. **Waste Management**, v. 61, 2017, p. 593–607.

AYODELE, T.R.; ALAO, M.A.; OGUNJUYIGBE, A.S.O. Recyclable resources from municipal solid waste: Assessment of its energy, economic and environmental benefits in Nigeria. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 134, 2018, p. 165–173.

BAKO, A.G. **Municipal solid waste re-use and recycling for wealth creation and sustainable environment in Zaria, Kaduna State, Nigeria**. 2014. Disponível em: <<https://materials.projecttopics.org/89630-municipal-solid-waste-re-use-and-recycling-for-wealth-creation-and-sustainable-environment-in-zaria-kaduna-state-nigeria>>. Acesso em 14 jan. 2021.

BESEN, G. R. **Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade**. Tese (Doutorado). Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011. 275 p.

BESEN, G.R.; GÜNTHER, W.M.R.; RIBEIRO, H.; JACOBI, P.R.; DIAS, S.M. **Gestão da coleta seletiva e de organizações de catadores: indicadores e índices de sustentabilidade**. 1ª ed. Plataforma digital. São Paulo: Fundação Nacional de Saúde, 2017.

BESEN, G.R.; RIBEIRO, H.; GÜNTHER, W.M.R.; JACOBI, P.R. Coleta seletiva na Região Metropolitana de São Paulo: impactos da política nacional de resíduos sólidos. **Ambiente & Sociedade**, v. 8, n. 3, 2014, p. 259-278.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2010a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 16 jan. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 7.404**, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2010b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm>. Acesso em: 16 jan. 2021.

- BREZA-BORUTA, B. The assessment of airborne bacterial and fungal contamination emitted by a municipal landfill site in Northern Poland. **Atmo Poll Res.**, v. 7, 2016, p. 1043–1052.
- CAMPOS, H.K.T. Recycling in Brazil: challenges and prospects. **Resour. Conservation Recycl.**, v. 85, 2014, p. 130-138.
- CAMPOS, H.K.T. **Resíduos sólidos e sustentabilidade: o papel das instalações de recuperação**. Dissertação (Mestrado). Brasília, DF: CDS-Centro de Desenvolvimento Sustentável –UnB, Universidade de Brasília, 2013.
- CARIACICA. **Plano Municipal de coleta seletiva**. Prefeitura de Cariacica. Espírito Santo/ES: Visão Ambiental, 2015.
- CASTILHOS JÚNIOR, A.B.; RAMOS, N.F.; ALVES, C.M.; FORCELLINI, F.A.; GRACIOLLI, O.D. Recyclable material waste pickers: an analysis of working conditions and operational infrastructure in the south, southeast and northeast of Brazil. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 18, n. 11, 2013, p. 3115–3124.
- COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM (CEMPRE). **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado**. André Vilhena (Coord.) – 4º ed. São Paulo/SP: Cempre, 2018.
- CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CNUMAD). **Agenda 21**. Brasília: Senado Federal/SSET, 1996. 591 p.
- DIAZ, R.; OTOMA, S. Cost–benefit analysis of waste reduction in developing countries: a simulation. **J Mater Cycles Waste Manag.**, v. 16, 2014, p. 108-114.
- D'ONZA, G.; GRECO, G.; ALLEGRINI, M. Full cost accounting in the analysis of separated waste collection efficiency: a methodological proposal. **J. Environ. Manage.**, v. 167, 2016, p. 59–65.
- DUTRA, R.M.S.; YAMANE, L.H.; SIMAN, R.R. Influence of the expansion of the selective collection in the sorting infrastructure of waste pickers organizations: A case study of 16 Brazilian cities. **Waste Management**, v. 77, 2018, p. 50–58.
- FEI, F.; QU, L.; WEN, Z.; XUE, Y.; ZHANG, H. How to integrate the informal recycling system into municipal solid waste management in developing countries: Based on a China's case in Suzhou urban area. **Resour. Conserv. Recycl.**, v. 110, 2016, p. 74–86.
- FERREIRA, F.; AVELINO, C.; BENTES, I.; MATOS, C.; TEIXEIRA, C.A. Assessment strategies for municipal selective waste collection schemes. **Waste Management**, v. 59, 2017, p. 3–13.
- FITZGERALD, G.C.; KRONES, J.S.; THEMELIS, N. J. Greenhouse gas impact of dualstream and singlestream collection and separation of recyclables. **Resour. Conserv. Recycl.** v. 69, 2012, p. 50–56.
- FUSS, M.; BARROS, R.T.V.; POGANIETZ, W.R. Designing a framework for municipal solid waste management towards sustainability in emerging economy countries – An application to a

- case study in Belo Horizonte (Brazil). **Journal of Cleaner Production**, v. 178, 2018, p. 655 – 664.
- GALLARDO, A.; BOVEA, M.D.; COLOMER, F.J.; PRADES, M. Analysis of collection systems for sorted household waste in Spain. **Waste Manag.**, v. 32, 2012, p. 1623–1633.
- GALLARDO, A.; CARLOS, M.; COLOMER, F.; EDO-ALCÓN, N. Analysis of the waste selective collection at drop-off systems: Case study including the income level and the seasonal variation. **Waste Management & Research**, v. 36, n. 1, 2018, p. 30–38.
- GANDY, M. Rethinking urban metabolism: water, space and the modern city. **City**, v. 8, n. 3, 2004, p. 363–379.
- GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **J. Clean Prod.**, v. 114, 2016, p. 11-32.
- GHISOLFI, V.; CHAVES, G.D.L.D.; SIMAN, R.R.; XAVIER, L.H. System dynamics applied to closed loop supply chains of desktops and laptops in Brazil: a perspective for social inclusion of waste pickers. **Waste Manage.**, v. 60, 2017, p. 14–31.
- GIL, M.L.; AVILA, G.M. Estudo comparativo dos meios de transporte utilizados na coleta seletiva. **Cidades Verdes**, v. 05, n. 11, 2017, p. 61–74.
- GOWDY, J.; ERICKSON, J.D. The approach of ecological economics. **Camb. J. Econ.**, v. 29, 2005, p. 207–222.
- GRECO, G.; ALLEGRINI, M.; LUNGO, C.D.; SAVELLINI, P.G.; GABELLINI, L. Drivers of solid waste collection costs. Empirical evidence from Italy. **Journal of Cleaner Production**, v. 106, 2015, p. 364 – 371.
- GUERRINI, A.; CARVALHO, P.; ROMANO, G.; CUNHA MARQUES, R. Assessing efficiency drivers in municipal solid waste collection services through a non-parametric method. **J. Clean. Prod.**, v. 147, n. 20, 2-17, p. 431-441.
- GUTBERLET, J. Cooperative urban mining in Brazil: Collective practices in selective household waste collection and recycling. **Waste Management**, v. 45, 2015, p. 22–31
- GUTBERLET, J. More inclusive and cleaner cities with waste management coproduction: insights from participatory epistemologies and methods. **Habitat Int.**, v. 46, 2014, p. 234–243.
- HARTMANN, C. Waste picker livelihoods and inclusive neoliberal municipal solid waste management policies: The case of the La Chureca garbage dump site in Managua, Nicaragua. **Waste Manage.**, v. 71, 2018, p. 565–577.
- ILIĆ, M.; NIKOLIĆ, M. Drivers for development of circular economy - A case study of Serbia. **Habitat International**, v. 56, 2016, p. 191-200.
- JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estud. av.**, v. 25, n.71, 2011, p. 135-158.

JANK, A.; MÜLLER, W.; SCHNEIDER, I.; GERKE, F.; BOCKREIS, A. Waste separation press (WSP): a mechanical pretreatment option for organic waste from source separation. **Waste Manage.**, v. 39, 2015, p. 71–77.

JØRGENSEN, A.; LE-BOQC, A.; NAZAKINA, L.; HAUSCHILD, M. Methodologies for social lifecycle assessment. **Int. J. Life Cycle Anal.**, v. 13, n. 2, 2008, p. 96–103.

LEMAITRE, A.; HELMSING, H.J. Solidarity economy in Brazil: movement, discourse and practice. Analysis through a Polanyian understanding of the economy. **J. Int. Dev.**, v. 24, n. 6, 2012, p. 745–762.

LIMA, N.S.S.; MANCINI, S.D. Integration of informal recycling sector in Brazil and the case of Sorocaba City. **Waste Management Resource**, v. 35, n. 7, 2017, p. 721–729

LIMA, R.M.S.R.; SILVA, S.M.C.P. Evaluation of a municipal program of selective collection in the context of the national policy of solid waste. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 35, n. 4, 2013, p. 645-653.

LINGER, R.; SALHOFER, S. Municipal solid waste recycling and the significance of informal sector in urban China. **Waste Manage. Res.**, v. 32, n. 9, 2014, p. 896–907.

LINO, F.A.M.; ISMAIL, K.A.R. Recycling and thermal treatment of MSW in a developing country. **IOSR J. Eng.**, v. 7, n. 7, 2017, p. 30–38.

LINZNER, R.; LANGE, U. Role and size of informal sector in waste management - a review. **Waste Resour. Manage.**, v. 166, n. 2, 2013, p. 69–83.

MAIMOUN, M.A.; REINHART, D.R.; MADANI, K. An environmental-economic assessment of residential curbside collection programs in Central Florida. **Waste Manage.**, v. 54, 2016, p. 27–38.

MARTINHO, G.; GOMES, A.; SANTOS, P.; RAMOS, M.; CARDOSO, J.; SILVEIRA, A.; PIRES A. A case study of packaging waste collection systems in Portugal – Part I: Performance and operation analysis. **Waste Management**, v. 61, 2017, p. 96–107.

MORA, C.; MANZINI, R.; GAMBERI, M.; CASCINI, A. Environmental and economic assessment for the optimal configuration of a sustainable solid waste collection system: a ‘kerbside’ case study. **Prod. Plan. Control.**, v. 25, 2014, p. 737–761.

OIT. **The Informal Economy and Decent Work: A Policy Resource Guide Supporting Transitions to Formality**. Employment Policy Department. Geneva, 2013.

OLIVEIRA, F.T.; PEREIRA, I.S. Coleta seletiva com inclusão social dos catadores e viabilidade econômica. **Revista dos Estudantes de Públicas**, v. 1, n. 1, 2015, p. 55-70

PELTOLA, T.; AARIKKA-STENROOS, L.; VIANA, E.; MAKINEN, S. Value capture in business ecosystems for municipal solid waste management: comparison between two local environments. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, n. 1, 2016, p. 1270-1279.

PIRES, A.; SARGEDAS, J.; MIGUEL, M.; PINA, J.; MARTINHO, G. A case study of packaging waste collection systems in Portugal – Part II: Environmental and economic analysis. **Waste Management**, v. 61, 2017, p. 108–116.

RAJAEIFAR, M.A.; GHANAVATI, H.; DASHTI, B.B.; HEIJUNGS, R.; AGHBASHLO, M.; TABATABAEI, M. Electricity generation and GHG emission reduction potentials through different municipal solid waste management technologies: a comparative review. **Renew. Sustain. Energy Rev.**, v. 79, 2017, p. 414–439.

RIBIĆ, B.; VOĆA, N.; ILAKOVAC, B. Concept of sustainable waste management in the city of Zagreb: Towards the implementation of circular economy approach. **J. Air Waste Manag. Assoc.**, v. 67, n. 2, 2017, p. 241-259.

ROCKSTRÖM, J. et al. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. **Ecol. Soc.**, v. 14, n. 2, 2009.

RODRIGUES, S.; MARTINHO, G.; PIRES, A. Waste collection systems. Part A: a taxonomy. **J. Clean. Prod.**, v. 113, 2016a, p. 374–387.

RODRIGUES, S.; MARTINHO, G.; PIRES, A. Waste collection systems. Part B: Benchmarking indicators. Benchmarking of the Great Lisbon Area, Portugal. **J. Clean. Prod.**, v. 139, 2016b, p. 230–241.

RUTKOWSKI, J.E.; RUTKOWSKI, E.W. Expanding worldwide urban solid waste recycling: The Brazilian social technology in waste pickers inclusion. **Waste Management & Research**, v. 33, n. 12, 2015, p. 1084 – 1093.

SAIDAN, M.N.; DRAIS, A.A.; AL-MANASEER, E. Solid waste composition analysis and recycling evaluation: Zaatari Syrian Refugees Camp, Jordan. **Waste Manage.**, v. 61, 2017, p. 58–66.

SEYRING, N.; DOLLHOFER, M.; WEISSENBACHER, J.; BAKAS, I.; MCKINNON, SHAHNOUSHI, N.; FIROOZZARE, A.; JALERAJABI, M.; DANSHVAR, M.; DEHGHANIYAN, S. The use of the order logit model in an investigation of the effective factors on bread waste. **Journal of Economic Research**, v. 46, n. 3, 2012, 111–132.

SILVA, R. C. P. Avaliação de modelos de coleta seletiva em recicláveis secos em perfis socioeconômicos: Estudo de Caso Recife-PE. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2020.

SILVA, A.; ROSANO, M.; STOCKER, L.; GORISSEN, L. From waste to sustainable materials management: Three case studies of the transition journey. **Waste Management**, v. 61, 2017, p. 547–557.

SNIS. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2018**. Disponível em:<<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2018>>. Acesso em 14 jan 2021.

SPIES S, SCHEINBERG A. **Key insights on recycling in low-and middle-income countries**, from the GTZ/CWG (2007) informal-sector study - UN Habitat. 2010. Solid Waste Management in the World's Cities. London: UN Hum. Settl. Programme; 2010.

STOEVA, K.; ALRIKSSON, S. Influence of recycling programmes on waste separation behaviour. **Waste Management**, v. 68, 2017, p. 732–741.

SUTHAR, S.; RAYAL, P.; AHADA, C.P.S. Role of different stakeholders in trading of reusable/recyclable urban solid waste materials: a case study. **Sustain. Cities Soc.**, v. 22, 2016, p. 104–115.

TEIXEIRA, C.A.; AVELINO, C.; FERREIRA, F.; BENTES, I. Statistical analysis in MSW collection performance assessment. **Waste Manage.**, v. 34, 2014b, p. 1584–1594.

TEIXEIRA, C.A.; RUSSO, M.; MATOS, C.; BENTES, I. Evaluation of operational, economic, and environmental performance of mixed and selective collection of municipal solid waste: Porto case study. **Waste Manage. Res.**, v. 32, 2014a, p. 1210–1218.

TIMLETT, R.; WILLIAMS, I.D. The ISB model (infrastructure, service, behaviour): a tool for waste practitioners. **Waste Manage.**, v. 31, 2011, p. 1381–1392.

TIRADO-SOTO, M.M.; ZAMBERLAN, F.L. Networks of recyclable material wastepicker's cooperatives: an alternative for the solid waste management in the city of Rio de Janeiro. **Waste Manage.**, v. 33, n. 4, 2013, p. 1004–1012.

UNEP, **21 Issues for the 21 st Century: Results of the UNEP Foresight Process on Emerging Environmental Issues.** 2012. Disponível em: <<https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8056>>. Acesso em 14 fev. 2021.

UN-HABITAT. **Solid Waste Management in the World's Cities: Water and Sanitation in the World's Cities.** Earthscan, London, 2010.

VACCARI, M.; DI BELLA, V.; VITALI, F.; COLLIVIGNARELLI, C. From mixed to separate collection of solid waste: Benefits for the town of Zavidovici (Bosnia and Herzegovina). **Waste Management**, v. 33, 2013, p. 277–286.

VERGARA, S.E.; DAMGAARD, A.; GOMEZ, D. The efficiency of informality: quantifying greenhouse gas reductions from informal recycling in Bogotá, Colombia. **J. Ind. Ecol.**, v. 20, n. 1, 2016, p. 107–119.

WILSON, D.; RODIC, L.; SCHEINBERG, A.; VELIS, C.; ALABASTER, G. Comparative analysis of solid waste management in 20 cities. **Waste Manage. Res.**, v. 30, n. 3, 2012, p. 237–254.

XU, L.; LING, M.; LU, Y.; SHEN, M. External influences on forming residents' waste separation behaviour: Evidence from households in Hangzhou, China. **Habitat International**, v. 63, 2017, p. 21 – 33.

YILDIZ-GEYHAN, E.; YILAN-ÇİFTÇİ, G.; ALTUN-ÇİFTÇIOĞLU, G.A.; KADIRGAN, M.A.N. Environmental analysis of different packaging waste collection systems for Istanbul – Turkey case study. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 107, 2016, p. 27–37.

ZAMAN, A.U. Measuring waste management performance using the 'Zero Waste Index': the case of Adelaide, Australia. **Journal of Cleaner Production**, v. 66, n. 1, 2014, p. 407-419.

CAPÍTULO 2. GERENCIAMIENTO

2.1 ACORDOS INTERNACIONAIS E POLÍTICAS PÚBLICAS RELATIVAS AO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS

TORRES, Brena Maroja
IFPE, Gampe/IFPE
brenamaroja@gmail.com

EL-DEIR, Soraya Giovanetti
Gampe/UFRPE
Soraya.el-deir@ufrpe.br

RESUMO

Produção, consumo e descarte de produtos afetam a preservação ambiental. Neste contexto, os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) devem ser considerados, pois são formados por recursos naturais e vários produtos químicos, apresentando potencial impactante significativo ao serem descartados incorretamente, gerando riscos à saúde humana e ao meio ambiente. O presente estudo busca compreender os Acordos Internacionais e as Políticas Públicas do Brasil relativas ao gerenciamento dos REEE para mitigar o descarte inadequado. Foi realizado o levantamento em bases de pesquisas, bibliotecas virtuais e documental, com análise crítica da legislação nacional pertinente. A evolução das Políticas Públicas, especificamente no Poder Judiciário, busca alinhar os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) através do Plano de Logística Sustentável, onde a gestão dos REEE promove a destinação ambientalmente adequada. O governo avançou ao regulamentar a implementação do Sistema de Logística Reversa dos REEE de uso doméstico, previstos na Política Nacional de Resíduos Sólidos. Entretanto, o atual Governo extinguiu as Comissões responsáveis pela adequação da Agenda 2030, apesar de ratificada pelo governo anterior, mostrando que devem ser uma Política de Estado e não de governo. Recomenda-se estudos que aprofundem outros aspectos em relação aos REEE e o fortalecimento da rede de logística reversa, visando o estabelecimento de modelo sustentável de logística.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão; Logística Reversa; REEE.

1. INTRODUÇÃO

As atividades antrópicas acarretam uma crescente produção de resíduos sólidos, desafiando a gestão e o gerenciamento (GALLARDO *et al.*, 2016). O aumento da qualidade de vida e as altas taxas de padrões de consumo tiveram um impacto indesejado e negativo no meio ambiente por meio da geração de resíduos, muito além da capacidade de gerenciamento dos entes públicos. Este constitui-se num grande desafio, visto que a rota tecnológica (AGUIAR; PESSOA; EL-DEIR, 2019) deve seguir preceitos de sustentabilidade, com a separação entre resíduos e rejeitos (BRASIL, 2010a). Dentre os resíduos, observa-se que há um crescente descarte de equipamentos eletroeletrônicos (EEE) de forma inadequada (PURUSHOTHAMAN; INAMDA; MUTHUNARAYANAN, 2020).

O gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) apresenta uma elevada complexidade em virtude da existência de metais pesados na composição (OHAJINWAA, *et al.*, 2018; JIANG *et al.*, 2019; YANG *et al.*, 2020), além da excessiva geração. A produção desses resíduos está diretamente associada ao avanço e as inovações tecnológicas e a redução do tempo de vida útil dos EEE, provocando a troca desses equipamentos para usufruir de outros, com recursos mais modernos, porque aqueles ficam obsoletos mais rapidamente, tornando-se agora um REEE. Percebe-se, que o consumismo causa uma grande quantidade de resíduos, especialmente os REEE (AZEVEDO, 2017; DIAS *et al.*, 2018; LI; XU, 2021).

Os REEE, compostos pelas substâncias químicas, ao serem descartados de forma inadequada no meio ambiente, contaminam a água, o solo (OHAJINWAA, *et al.*, 2018; VANVERKOVÁ *et al.*, 2019; YANG *et al.*, 2020), o lençol freático, podendo atingir os seres vivos quando consumirem a água contaminada, gerando uma potencialização em cadeia através da bioacumulação (MELO; MAYER; COSTA, 2016). Além disso, esses resíduos causam riscos ambientais bióticos e abióticos, se descartados inadequadamente (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2017), além de provocar riscos à saúde humana (DIAS *et al.*, 2018; CAETANO *et al.*, 2019; YANG *et al.*, 2020).

Os REEE são compostos por diversos metais, alguns que são considerados como pesados que apresentam elevado potencial de contaminação ambiental (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2017; CAETANO *et al.*, 2019). O valor agregado dos metais preciosos presentes nesses resíduos, tais como o ouro, o paládio, o alumínio, a prata, o cobre e o índio é muito relevante (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2017; LI; XU, 2021), porque são extraídos de fontes naturais não renováveis, por meio de processos altamente poluentes, gerando grandes passivos ambientais (XAVIER *et al.*, 2019). Metais pesados como o mercúrio, o ferro, o cromo, o cádmio, entre outros, tem potencial de contaminação ambiental, como o desastre provocado pelo mercúrio em Minamata, no Japão, e o cromo, nos Estados Unidos (WWF-BRASIL, 2020).

Os metais presentes nos REEE são recursos finitos, extraídos da natureza, podendo causar o esgotamento de fontes com a constante extração desses minerais, além da contaminação

da flora e da fauna das áreas de extração, inclusive, afeta a saúde dos extrativistas (XAVIER *et al.*, 2019). Com o propósito de prevenir e reduzir a geração de REEE, assim como reusar e reciclar os componentes desses resíduos, existe a necessidade de evitar o descarte inadequadamente. O presente estudo busca compreender os acordos internacionais e as políticas públicas relativas ao gerenciamento dos REEE para mitigar ou minimizar o descarte inadequado. Para tal, foi realizado o levantamento em bases de dados e bibliotecas virtuais e documental, a partir de uma análise crítica da legislação nacional pertinente.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada foi uma pesquisa bases de dados e bibliotecas virtuais e documental referente à gestão e o gerenciamento de REEE, cujos dados foram obtidos através de documentos no âmbito internacional e nacional. A pesquisa analisa os aspectos relacionados aos REEE, composição, características, geração, consequências do descarte inadequado, sistema de logística reversa e o percentual de reciclagem de materiais no Brasil.

Na esfera internacional, a pesquisa documental foi obtida através de documentos de acordos internacionais da Organização das Nações Unidas (ONU), buscando alcançar os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. No plano nacional, foi realizada uma evolução das Políticas Públicas através dos conceitos de sustentabilidade, gestão e gerenciamento de REEE, sistemas de logística reversa e plano de logística sustentável na legislação brasileira para mostrar como está a implementação do descarte adequado desses. Ainda foram inseridas informações relevantes das empresas relacionadas à produção, à geração e à coleta REEE, participantes do sistema de logística reversa para esses resíduos.

3. RESULTADOS

3.1. Equipamentos Eletroeletrônicos

Os EEE funcionam dependendo de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos. Por sua vez, os REEE são os equipamentos elétricos ou eletrônicos que constituem resíduos, incluindo todos os componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte do produto no momento em que este é descartado (PEREIRA, RIBEIRO, GUNTHER, 2017). A composição dos REEE é diversificada, com cerca de 1000 substâncias diferentes, algumas destas são metais perigosos como o chumbo, o mercúrio, o cádmio, o arsênio, o berílio e os poluentes orgânicos persistentes (bifenilos policlorados e retardadores de chama bromados (OHAJINWAA, *et al.*, 2018). Há metais com alto valor agregado como o ouro, a prata, o cobre, o chumbo, o cromo e o paládio, tornando o gerenciamento muito complexo e de elevado custo, tanto nos aspectos técnico e econômico, quanto nos riscos à saúde humana (GALLARDO *et al.*, 2016; DIAS *et al.*, 2018; YANG *et al.*, 2020).

O tempo de vida dos EEE vem diminuindo consideravelmente a cada dia, aumentando o consumo e, conseqüentemente, mais REEE são gerados. Estes resíduos representam 5% da geração mundial e 3% da geração europeia em relação aos resíduos sólidos urbanos (RSU). Além disso, calculam um aumento de 3 a 5 vezes na geração destes no futuro próximo (AZEVEDO *et al.* 2017).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a partir dos dados da Associação Brasileira do Alumínio - ABAL; Associação Brasileira de Papel e Celulose - Bracelpa; Associação Técnica Brasileira de Indústrias Automáticas de Vidro - ABIVIDRO; Associação Brasileira da Indústria do PET - Abipet; Associação Brasileira de Embalagem de Aço - Abeaço; Associação Brasileira do Leite Longa Vida - ABLV; Compromisso Empresarial para Reciclagem – Cempre consolidou os dados da atividade industrial vidro de 2011, atividades industriais latas de alumínio, papel, embalagens PET e latas de aço de 2012 e de embalagens longa vida de 2013 (Tabela 1), mostrando que no Brasil existe algumas formas de minimizar a geração de resíduos através da reciclagem. Todavia, a partir de 2012, não foram apresentados dados da reciclagem de vidro e, em 2013, apenas as embalagens longa vida foram contabilizadas. Esses dados mostram que a reciclagem no país ainda precisa avançar. As pesquisas não apresentam dados referentes à reciclagem dos REEE no Brasil (IBGE,2013).

Tabela 1- Reciclagem no Brasil entre 2010 e 2013, em percentual

Ano	Latas de alumínio (%)	Papel (%)	Vidro (%)	PET (%)	Latas de aço (%)	Embalagens longa vida (%)
2010	98,0	43,5	47	55,8	49	25,0
2011	98,3	45,5	47	57,1	47	27,1
2012	97,9	45,7	-	58,9	47	29,2
2013	-	-	-	-	-	30,3

Fonte: IBGE (2013)

3.2. Acordos Internacionais

Após a reunião em 1983, foi criada a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), conhecida como a Comissão de *Brundtland*. Através do relatório “Nosso Futuro Comum” (CMMAD, 1987), foram formulados os princípios do desenvolvimento sustentável, ou seja, que atenda às necessidades atuais sem comprometer as futuras gerações de atender as suas próprias necessidades, o que só seria possível com um modelo econômico que conciliasse a Economia com a preservação dos recursos naturais disponíveis.

Assim, iniciaram as propostas que desencadearam a preocupação ambiental para elaborar diretrizes de um desenvolvimento sustentável. Na época, as questões da Amazônia foram um dos principais fatores para sediar a Conferência Rio 92, com representantes de 178 países, sendo que 114 chefes de estado se fizeram presentes. Os principais documentos aprovados nessa Conferência foram a Declaração do Rio de Janeiro sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, a Convenção sobre Mudanças Climáticas, a Declaração

de Princípios sobre Florestas, a Convenção sobre a Biodiversidade e a Agenda 21 Global, sob a coordenação da Organização das Nações Unidas (ONU, 1992). A Agenda 21 Global, principal documento da Rio 92, teve como foco o combate à pobreza, requisito básico para a existência do desenvolvimento sustentável, sendo necessário recursos para a constituição de fundos que financiassem a materialização dos objetivos.

A Organização das Nações Unidas (ONU, 2000) reuniu os líderes mundiais para adotar a Declaração do Milênio, com o comprometimento, visando uma nova parceria global para reduzir a pobreza extrema. Foi constituída a agenda com oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), a serem alcançados até 2015. Os ODM foram adotados com a proposta de promover uma abordagem global com estratégia coordenada direcionado a: ODM1 - Acabar com a fome e a miséria; ODM2 - Oferecer educação básica de qualidade para todos; ODM3 - Promover a igualdade entre os sexos e a autonomia das mulheres; ODM4 - Reduzir a mortalidade infantil; ODM5 - Melhorar a saúde das gestantes; ODM6 - Combater a Aids, a malária e outras doenças; ODM7 - Qualidade de vida e respeito ao meio ambiente; ODM8 - Estabelecer parcerias para o desenvolvimento (ONU, 2000).

Próximo a 2015, os ODM foram analisados, utilizando um processo de consultas abertas e de pesquisa global, coordenado pela ONU, com a participação de mais de 1,4 milhão de pessoas de mais de 190 países – governos, sociedade civil, setor privado, universidade e instituições de pesquisa. A partir desta, foram elaborados os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que são mais amplos e inclusivos, tendo como meta principal erradicar a pobreza em todas as suas formas, conhecida como a Agenda 2030 (ONU, 2015). Esta é composta por 17 objetivos e 169 metas. O ODS 12 pretende assegurar os padrões de produção e de consumo sustentáveis, tendo como metas: (i) até 2030, alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais; (ii) até 2020, alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados; reduzir significativamente a liberação destes para o ar, a água e o solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente; por último, (iii) até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso. Para tanto os governos nacionais necessitam criar estrutura própria para a adequação dos ODS a realidade nacional.

3.3. Políticas Públicas

A Constituição da República (BRASIL, 1988, Art. 170) determina que “A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar à todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios”, destacando a defesa do meio ambiente. Já no Art. 225 diz que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.”. Esses dois

artigos tratam de uma relação direta com a produção e o consumo associados à sustentabilidade.

A Lei 12.187 (BRASIL, 2009) instituiu a Política Nacional de Mudança de Clima (PNMC), com diretrizes a manutenção e a promoção de padrões sustentáveis de produção e consumo. Esta Lei dá preferência nas licitações e concorrências públicas para as propostas que propiciem maior economia de energia, de água e de outros recursos naturais, além da redução da emissão de gases de efeito estufa e de resíduos.

O Art. 3^a da Lei 8.666 de Licitações (BRASIL, 1993) trata de licitações e contratações, entretanto o preceito de sustentabilidade não estava exposto. Este artigo foi alterado pela Lei 12.349 (BRASIL, 2010a), considerando nas licitações os aspectos do desenvolvimento sustentável com a Administração Pública. O Decreto 7.746 (BRASIL, 2012) regulamenta este artigo, estabelecendo critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela Administração Pública Federal. No Art. 4^o, encontra-se especificado o uso de inovações, visando a redução da pressão sobre recursos naturais. Posteriormente, este foi regulamentado pelo Decreto n^o 9.178 (BRASIL, 2017), que institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública (CISAP).

Já a Lei n^o 12.305 (BRASIL, 2010a) institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), dispendo sobre princípios, objetivos e instrumentos. Esta estabelece diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo resíduos perigosos, responsabilidades dos geradores e do poder público, além de instrumentos econômicos aplicáveis. No inciso VI, do Art. 33 da PNRS, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos e seus componentes são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos. Esta Lei foi regulamentada pelo Decreto n^o 7.404 (BRASIL, 2010b), que instituiu o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa e pelo Decreto n^o 9.117 (BRASIL, 2017a) que regulamentou este artigo e complementou o Art. 16 e o Art. 17 do Decreto n^o 7404 (BRASIL, 2016b).

Estudos mostram que os sistemas de logística reversa abordam as questões ambientais e a elaboração de normas que regulam a gestão de resíduos, inclusive os produtos de equipamentos eletrônicos. Esses sistemas agregam valor a um produto descartado pelo consumidor e traz vantagens competitivas e econômicas para o fabricante, relacionando o custo do retorno/coleta, os fatores ambientais/ legais e a proximidade como o cliente, além de riscos e incertezas recorrentes ao campo estudado através de processos de reciclagem, remanufatura, reutilização, restauração e disposição final (CHAVES; BALISTA; COMPER, 2019).

O aspecto ambiental refere-se à imagem verde dos produtos e serviços oferecidos no mercado, trazendo uma expectativa dos clientes, reduzindo o impacto ambiental. Os aspectos legais impulsionam os setores produtivos a rever os ciclos de vida de produtos e a estruturar sistemas de logística reversa. As características econômicas das empresas são apresentadas através dos lucros nas ações de recuperação de produtos, ou parte destes que proporcionem a redução de custos, o decréscimo no uso de materiais e a economia de valiosas peças de reposição. Entretanto, deve-se analisar os impactos negativos referentes às áreas econômicas e ambientais devido ao consumo de energia, mesmo reduzindo o uso de matéria-prima. (COUTO, LANGE, 2017).

A gestão de resíduos sólidos no Poder Executivo (PE) é tratada no Art. 8º, inciso IV, da Instrução Normativa nº 10 (MPOG, 2012), quando aborda o tema, coleta seletiva, sendo um dos preceitos adotados para as práticas de sustentabilidade na gestão pública. Esta estabelece regras para a elaboração dos Planos de Gestão de Logística Sustentável (PLS), tomando por base o Art. 16 do Decreto nº 7.746 (BRASIL, 2012). Tal artigo prever: (i) a atualização do inventário dos materiais e bens pertencentes ao órgão, além da especificação de similares que causem menor impacto ao meio ambiente, para substituição; (ii) práticas voltadas à sustentabilidade e à racionalização do uso de materiais e serviços; (iii) métodos para implementação e avaliação do plano, bem como as responsabilidades; e (iv) ações para conscientização, capacitação e divulgação. Esta normativa auxilia a gestão pública a utilizar práticas de sustentabilidade.

Temas relativos ao meio ambiente no Poder Judiciário (PJ) foram mencionados na Resolução nº 198 (CNJ, 2014). Esta dispõe sobre o Planejamento e a Gestão Estratégica, adotando valores de responsabilidade socioambiental. Todas essas Leis, Decretos e Resoluções foram consideradas para a instituição da Resolução nº 201 (CNJ, 2015). Esta estabelece a criação e as competências das unidades ou núcleos socioambientais nos órgãos e conselhos para implantação do respectivo Plano de Logística Sustentável (PLS-PJ). As práticas de sustentabilidade no tema relacionado à gestão de resíduos sólidos, o PLS do executivo trata apenas de coleta seletiva, entretanto o PLS-PJ é mais amplo, abordando a gestão de resíduos.

A elaboração do PLS (Figura 1) possui 7 etapas que serão revistas a cada 2 anos e contempla 13 indicadores para as práticas de sustentabilidade, racionalização e consumo consciente de materiais e serviços. Os indicadores da Resolução nº 201 (CNJ, 2015) para avaliação ambiental e econômica são papel, copos descartáveis e água engarrafada, impressão de documentos e equipamentos instalados, energia elétrica, água e esgoto, gestão de resíduos, qualidade de vida no ambiente de trabalho, telefonia, vigilância, limpeza, combustível, veículos, layout e capacitação de servidores em educação socioambiental. Na gestão de resíduos, os subindicadores para o descarte de REEE são destinados à suprimentos de impressão e à resíduos de informática, como fitas, cabos e mídias, ambos com a destinação à reciclagem.

Figura 1 - Etapas do Plano de Logística Sustentável da Resolução 201 do Conselho Nacional de Justiça



Fonte: TCU (2020)

A Resolução nº 249 (CNJ, 2018) alterou a Resolução nº 201 (CNJ, 2015), onde foram atualizados alguns indicadores e acrescentados 2, somando um total de 15: papel, copos descartáveis, água envasada e embalagem plástica, impressão, telefonia, energia elétrica, água e esgoto, gestão de resíduos, reformas, limpeza, vigilância, veículos, combustível, qualidade de vida, capacitação socioambiental. As atualizações feitas na gestão resíduos referem-se aos REEE quanto à destinação adequada. Os suprimentos de impressão serão destinados à rota que contemple a logística reversa, podendo ser realizada pelas empresas qualificadas.

Os resíduos de informática poderão ser destinados à reciclagem, ao reaproveitamento ou a outra destinação correta. Outros REEE, classificados conforme o Acordo Setorial entre o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2019), a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee), a Associação Brasileira da Distribuição de Produtos e Serviços da Tecnologia da Informação (Abradisti), a Federação das Associações das Empresas Brasileiras da Tecnologia da Informação (Assepro Nacional) e a Gestora para Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos Nacional (*Green Eletron*), não estão relacionados a indicador específico do PLS

A partir da publicação do Decreto nº 10.024 (BRASIL, 2019) do Pregão Eletrônico, foi instituído o dever de elaborar o PLS nas instituições públicas, como uma ferramenta de gestão para a prática da política de responsabilidade socioambiental. O PLS é organizado em eixos temáticos, determina metas e prazos e atribui responsabilidade aos envolvidos. Tudo isso possibilita uma gestão mais eficiente e transparente na medida em que os dados coletados passam a ser publicados e monitorados com regularidade. A Resolução nº 325 (CNJ, 2020) revogou a Resolução nº198 (MPOG, 2014) e tratou da elaboração do planejamento estratégico no PJ. Esta trouxe a possibilidade do PLS ser alinhado aos ODS da Agenda 2030 (ONU, 2015) no parágrafo 2º, inciso II, do Art. 3º, entretanto entrou em vigor apenas em 2021 (Figura 2).

Figura 2 - Mapa Estratégico relacionado com os ODS da Agenda



Fonte: Resolução 325 (CNJ, 2020)

No Plano Nacional, foi criado pelo governo brasileiro a Comissão Nacional para a Adequação dos ODS, ficando atribuída ao Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA) a adequação da Agenda 2030 a realidade local. O atual governo editou o Decreto nº 10.179 (BRASIL, 2019) revogando o Decreto nº 8.892 (BRASIL, 2016) que tinha criado a Comissão Nacional para a Adequação dos ODS. Além disso, revogou os Art. 9º ao 14 do Decreto 7.746 (BRASIL, 2012), que criou a CISAP. Portanto, atualmente, não há Comissão Nacional responsável para Adequação dos ODS, nem Comissão Interna de Sustentabilidade na Administração Pública. Entretanto, a Resolução nº 325 (CNJ, 2020) trouxe novamente a adequação do PLS aos ODS da Agenda 2030 (ONU, 2015).

3.4. Acordo Setorial de REEE

A PNRS (BRASIL, 2010a, Art. 33, inciso VI, parágrafo 1º) estabelece que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos e seus componentes são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos. A logística reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social, caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios, destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento em ciclos produtivos ou outra destinação final ambientalmente adequada. O acordo setorial, ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tem em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto.

O Acordo Setorial para Implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos de Uso Doméstico e Componentes (MMA, 2019) foi firmado pela

União, representado pelo Ministério do Meio Ambiente, Abinee, Abrasdisti, Assepro Nacional e *Green Eletron*. O acordo trata da estruturação, da implementação e da operacionalização do Sistema de Logística Reversa de Produtos de equipamentos eletroeletrônicos de uso doméstico e componentes colocados no mercado interno, dando uma destinação ambientalmente adequada, procurando reciclar o máximo dos resíduos, evitando a destinação para aterros sanitários, local utilizado para a disposição de rejeitos.

A fase de estruturação e implementação iniciou-se logo após a publicação do Acordo Setorial (MMA, 2019). Foi criado um Grupo de Acompanhamento de Performance, formado pela adesão dos fabricantes, dos importadores, dos comerciantes e dos distribuidores, pela instituição de mecanismos financeiros, para assegurar a sustentabilidade econômica do Sistema de Logística Reversa. Este Acordo possui várias fases (i) estruturação, (ii) implementação (iii) operacionalização, (iv) mecanismo de monitoramento e (v) acompanhamento por parte das Entidades Gestoras. Estas necessitam da anuência de isenção fiscal de transporte interestadual da operacionalização dos equipamentos eletroeletrônicos coletados, reconhecido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (Ibama) como REEE não perigosos, desde que não envolvam desmonte, separação dos componentes e exposição a possíveis constituintes perigosos e pela criação de Pontos de Recebimento e Pontos de Consolidação nos Estados junto aos órgãos competentes.

A partir de 01 de janeiro de 2021, inicia-se a habilitação de prestadores de serviços que poderão atuar no Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos. Estes estarão habilitados a realizar as ações de comunicação e as campanhas de conscientização da população quanto ao descarte adequado, além da instalação de Pontos de Recebimento e/ou Consolidação. A rota tecnológica segue as etapas: (i) descarte pelos consumidores, (ii) recebimento e armazenamento temporário dos produtos eletroeletrônicos descartados em pontos de recebimento e/ou consolidação, (iii) transporte dos produtos eletrônicos dos pontos de recebimentos, pontos de consolidação e (iv) destinação final ambientalmente adequada (Figura 3).

Figura 3 - Ciclo de Vida dos Produtos Eletroeletrônicos

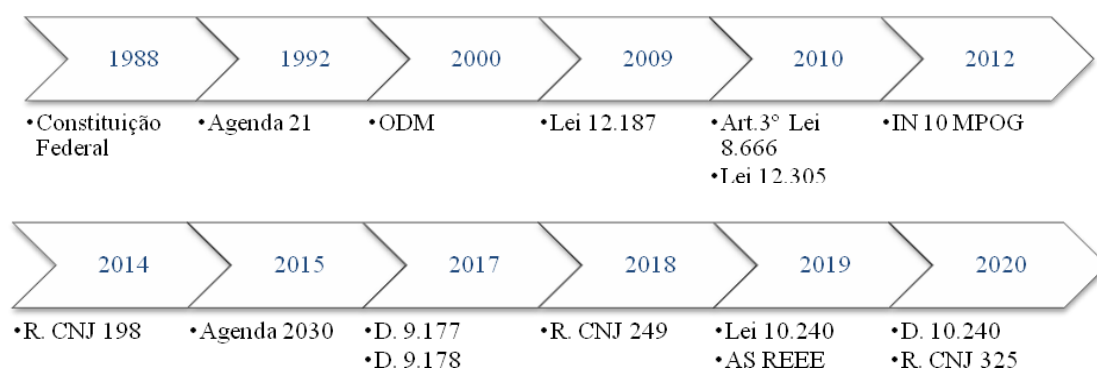


Fonte: *Green Eletron*

Existe a previsão de instalação de 70 dos pontos de recebimento de REEE, com meta de aumentar para mais de 5.000 no país, abrangendo os 400 maiores municípios com população superior a 80.000 habitantes, compreendendo aproximadamente 60% deste universo. Além disso, 100% dos produtos coletados deverão ser enviados para a destinação final ambientalmente adequada, preferencialmente a reciclagem, reinserindo os materiais na cadeia produtiva, reduzindo a pressão por novas matérias-primas e os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado através da logística reversa.

O governo converteu este Acordo Setorial no Decreto nº 10.240 (BRASIL, 2020), que regulamentou o inciso VI do *caput* do Art. 33 e o Art. 56 da Lei 10.305 (BRASIL, 2010) e complementa o Decreto 9.177 (BRASIL, 2017b), referente à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico, assegurando a isonomia de responsabilidades entre as empresas, conforme previsto na PNRS. A evolução da gestão dos REEE baseou nos Acordos Internacionais e nas Políticas Públicas nacionais (Figura 4).

Figura 4 - Evolução dos acordos internacionais e políticas públicas de REEE



Legenda: – AS - Acordo Setorial; CNJ - Conselho Nacional de Justiça; D – Decreto; IN – Instrução Normativa; MPOG – Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão; ODM – Objetivos do Desenvolvimento do Milênio; REEE – Resíduos Equipamentos Eletroeletrônicos; R – Resolução.

A *Green Eletron* prevê a coleta e destinação final ambientalmente adequada de 17% desses resíduos de uso doméstico. Já foram instalados 173 Pontos de Entrega Voluntária (PEV) em São Paulo e Brasília e a previsão para instalação de 243 novos PEV em 12 estados e Distrito Federal, totalizando 500 PEV em 85 cidades, além de campanhas com previsão de coleta e destinação ambientalmente adequada de mais de 600 toneladas de REEE (ABINEE, 2020). A Abinee é uma empresa integrante da Rede Brasil Pacto Global e busca alinhar suas ações aos princípios do Pacto Global da ONU que propõe 10 princípios universais em Direitos Humanos, Trabalho, Meio Ambiente e Anticorrupção, com diretrizes para a promoção do crescimento sustentável e da cidadania compartilhando estes princípios. Com isso, a Abinee tornou-se uma empresa parceira que atua em conjunto com o governo e sociedade civil em prol dos do ODS 17 (ABINEE, 2020)

No Brasil, já existe o sistema de logística reversa para pneus, embalagens de agrotóxicos, pilhas, óleo lubrificantes usados e contaminados (OLUC) e, recentemente, para os REEE.

Este tem previsão de implantação de forma imediata, mesmo assim ainda precisa que sejam estruturados PEV (Tabela 2) (COUTO; LANGE, 2017). Aparentemente, o consumo de REEE é superior ao consumo de pilhas, podendo estar atrelado ao sistema de descarte, que está estruturado no país.

Tabela 2 - Sistemas de logística reversa implantados e previsão para REEE no Brasil

Produtos Pós consumo	Pneus	Embalagens de agrotóxicos	Pilhas	OLUC	REEE
Nº de PEV implantados	817	410	1288	138.824	500
População*/PEV	247.146	492.484	156.769	-	403.837
Quantidade de municípios com PEV	802	240	199	4328	85
Percentual de município com PEV (%)	14,4	4,3	3,6	77,7	1,52
Meta de coleta	479.430tano	42.983tano	nd	38,5%	17%
Quantidades coletadas	459.030tano	40.404tano	nd	445.811.873Lano	600t
Eficiência	95,7	94,0	nd	39,5%	

Fonte: Adaptação de Couto e Lange (2017)

*Utilizados dados de população do ano de publicação da fonte

4. CONCLUSÃO

Os Acordos Internacionais servem como indutores de políticas nacionais. Nacionalmente, há Leis de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos, tendo a logística reversa como principal lógica, diminuindo a destinação para aterro sanitário. Um dos problemas mundiais está relacionado à degradação do meio ambiente. Os recursos naturais, a produção, o consumo e o descarte de produtos afetam o desenvolvimento sustentável. Dentre os acordos internacionais, destaca-se a Agenda 2030. Nesta, o Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 12 – Consumo e Produção Responsáveis procura direcionar as políticas públicas dos países membros para instituição de Normas, Leis, Decretos e Acordos Setoriais que implementem ações focadas em tal diretriz. Visto a relevância da estruturação de uma Comissão Nacional responsável para a adequação dos ODS a realidade nacional, além de uma Comissão Interna de Sustentabilidade na Administração Pública, percebe-se ser incorporada pelo Estado Brasileiro, perpassando os governos.

A partir da Constituição Brasileira foram instituídas políticas públicas fundamentais para estruturação da sustentabilidade no país. O gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos tem como base norteadora a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que instituiu a gestão integrada e a destinação ambientalmente correta. Já a Lei de Licitações normatiza os contratos observando a sustentabilidade processual, ao passo que a Política Nacional do Clima ratifica este preceito.

A Administração Pública instituiu o Plano de Logística Sustentável do Poder Executivo que implementou a gestão de resíduos com a rota para coleta seletiva. O Poder Judiciário avançou, implantando um modelo gerencial que inclui alguns resíduos eletroeletrônicos. Além disso, está incorporando ao Plano, metas em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável através da Estratégia Nacional do Poder Judiciário.

Atualmente, foi regulamentado o Acordo Setorial para o gerenciamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico com descarte ambientalmente adequado, utilizando o sistema de logística reversa na rota tecnológica, sendo a responsabilidade compartilhada entre o Ministério do Meio Ambiente, a Abrasisti, a Assepro Nacional, a Abinee e a *Green Eletron*. Pontos de recebimento de coleta desses resíduos estão sendo e serão implantados em todo país para que sejam encaminhados para a reciclagem.

Todo esse avanço diminuiu a destinação dos resíduos eletroeletrônicos para aterros sanitários. Desta forma, os riscos à saúde humana e ao meio ambiente diminuem, além da extração de recursos naturais. A produção advinda dos produtos da reciclagem terá um novo destino, podendo ser a fabricação de novos equipamentos. Assim, apenas será destinado o rejeito do processo da reciclagem, do reuso ou de outra destinação realizada para o aterro sanitário, havendo a redução de volume e de potencial tóxico. Entretanto, recomenda-se estudos que aprofundem outros aspectos em relação aos resíduos eletroeletrônicos.

REFERÊNCIAS

ABINEE. Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **Abinee e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Abinee, 2020. 11, 12 p. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/relatods.pdf>. Acesso em: 28 set. 2020.

AZEVEDO, L. P. **Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo: visão da sustentabilidade**. 2017. 195f. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais da Rede Temática de Materiais, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Diário Oficial da União**, 4 out. 1988.

BRASIL. Lei nº 8.666 de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 21 jun. 1993.

BRASIL. Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 30 dez. 2009.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 3 ago. 2010a.

BRASIL. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 24 dez. 2010b.

BRASIL. Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012. Regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios e práticas para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e pelas empresas estatais dependentes, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública - CISAP. (Redação dada pelo Decreto nº 9.178, de 2017). **Diário Oficial da União**, 6 jun. 2012.

BRASIL. Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017. Regulamenta o art. 33 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e complementa os art. 16 e art. 17 do Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010 e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 24 out. 2017a.

BRASIL. Decreto nº 9.178, de 23 de outubro de 2017. Altera o Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012, que regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e pelas empresas estatais dependentes, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública - CISAP. **Diário Oficial da União**, 24 out. 2017b.

BRASIL. Lei nº 10.024, de 20 de setembro de 2019. Regulamenta a licitação, na modalidade pregão, na forma eletrônica, para a aquisição de bens e a contratação de serviços comuns, incluídos os serviços comuns de engenharia, e dispõe sobre o uso da dispensa eletrônica, no âmbito da administração pública federal. **Diário Oficial da União**, 23 set. 2019.

BRASIL. Lei nº 10.240, 12 de fevereiro de 2020. Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. **Diário Oficial da União**, 12 fev. 2020.

CAETANO, M.O.; LEON, L. G.; PADILHA, D. W.; GOMES, L. P.. Análise de risco na operação de usinas de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (REEE). **Gestão & Produção**, v. 26, n. 2, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0104-530x3018-19>.

CHAVES, G. L. D.; BALISTA, W. C.; COMPER, I. C. Logística Reversa: o estado da arte e perspectivas futuras. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 4, p. 821-831, jul./ago., 2019.

CMMAD. Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Nosso Futuro Comum. 2 ed. Rio de Janeiro: **Fundação Getúlio Vargas**. 1991.

CNJ. Conselho Nacional de Justiça. Resolução 198, 01 de julho de 2014, Dispõe sobre o Planejamento e a Gestão Estratégica no âmbito do Poder Judiciário e dá outras providências. **Diário da Justiça**, n. 114, 03 jul. 2014.

CNJ. Conselho Nacional de Justiça. Resolução 201, de 03 de março de 2015. Dispõe sobre a criação e competências das unidades ou núcleos socioambientais nos órgãos e conselhos do Poder Judiciário e implantação do respectivo Plano de Logística Sustentável (PLS-PJ). **Diário da Justiça**, n. 42, 9 mar. 2015.

CNJ. Conselho Nacional de Justiça. Resolução 249, de 31 de agosto de 2018. Altera o Anexo I da Resolução n. 201, de 3 de março de 2015. **Diário da Justiça**, n. 165, 4 set. 2018. Disponível em: https://atos.cnj.jus.br/files/resolucao_comp_201_03032015_22032019155446.pdf. Acesso em: 26 ago. 2020.

CNJ. Conselho Nacional de Justiça. Resolução 325, de 29 de junho de 2020. Dispõe sobre a Estratégia Nacional do Poder Judiciário 2021-2026 e dá outras providências. **Diário da Justiça**, n. 201, 30 jun. 2020.

COUTO, M.C.L.; LANGE, L.C. Análise dos sistemas de logística reversa no Brasil. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 889-898, Set./Out., 2017.

DIAS, P.; MACHADO, A.; HUDA, N.; BERNARDES, A.M. Waste electric and electronic equipment (WEEE) management: A study on the Brazilian recycling routes. **Journal of Cleaner Production**, v. 174, p. 7-16, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.219>.

GALLARDO, A.; EDO-ALCÓN, N.; CARLOS, M.; RENAU, M. The determination of waste generation and composition as an essential tool to improve the waste management plan of a university. **Waste Management**, v. 53, p. 3-11, 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/recife/panorama>. Acesso em: 10 abr. 2020.

JIANG, B.; ADEBAYO, A.; JIA., J.; XING, Y.; DENG, S.; GUO, L.; LIANG, Y.; ZHANG, D. Impacts of heavy metals and soil properties at a Nigerian e-waste site on soil microbial community. **Journal of Hazardous Materials**, v. 362, p. 187-195, Jan., 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.08.060>.

LI, K.; XU, Z. Decomposition of high-impact polystyrene resin in e-waste by supercritical water oxidation process with debromination of decabromodiphenyl ethane and recovery of antimony trioxide simultaneously. **Journal of Hazardous Materials**, v. 15, Jan. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123684>.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Acordo Setorial para Implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos de Uso Doméstico e seus componentes, de 31 de outubro de 2019. **Diário Oficial da União**, 31 nov. 2019. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/15652-minist%C3%A9rio-do-meio-ambiente-celebra-acordo-setorial-de-eletr%C3%B4nicos.html>. Acesso em: 25 ago. 2020.

MPOG. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instrução Normativa nº 10, de 12 de novembro de 2012. Estabelece regras para elaboração dos Planos de Gestão de Logística Sustentável de que trata o art. 16, do Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 14 nov. 2012.

OHAJINWAA, C.M.; BODEGOMA, P.M.; VIJVERA, M.G.; PEIJNENBURG, W.J.G.M. Impact of informal electronic waste recycling on metal concentrations in soils and dusts. **Environmental Research**, v. 164, p. 385-394, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.03.002>.

OLIVEIRA NETO, G.C., CORREIA, A.J.C.; SCHROEDER, A.M. Economic and environmental assessment of recycling and reuse of electronic waste: Multiple case studies in Brazil and Switzerland. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 127, p. 42-55, 2017.

ONU. Organização das Nações Unidas. CNUNMA – **Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: Agenda 21**. Rio de Janeiro: ONU, 1992.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Millennium Development Goals**. Washington: ONU, 2000. Disponível em: <https://www.un.org/millenniumgoals/partners.shtml>. Acesso em: 05 out. 2020.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development**. Washington: ONU, 2015.

PEREIRA, R.S.C.; RIBEIRO, F.M.; GUNTHER, W.M.R. Indicadores para gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: uma comparação inicial. In: **6º International Workshop Advances in Cleaner Production**, 2017, São Paulo. Anais... São Paulo, 2017.

PURUSHOTHAMAN, M.; INAMDA, M.G.; MUTHUNARAYANAN, V. Socio-economic impact of the e-waste pollution in India. **Materials. Today: Proceedings**. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.242>.

TCU. Tribunal de Contas da União. Escola superior do Tribunal de Contas. **Curso Elaboração de plano de Logística sustentável**. Brasília: TCU, 2020.

VAVERKOVÁ, M.D.; Maxianová, a;J.; Adamcová, D.; Podlasek, A. Environmental consequences and the role of illegal waste dumps and their impact on land degradation. **Land Use Policy**, v. 89, Dec. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104234>.

WWF-Brazil. **Convenção de Minamata Sobre Mercúrio: Os Desafios da Implementação**. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/politicaspublicas/convencao_minata/. Acesso em: 28 abr. 2020.

XAVIER, L. H.; GIESE, E. C.; RIBEIRO-DUTHIE, A. C.; LINS, F. A. F. Sustainability and the circular economy: A theoretical approach focused on e-waste urban mining. **Resources Polity**. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101467>.

YANG, S.; GU, S.; HE, M.; TANG, X.; MA, L. Q.; XU, J.; LIU, X. Policy adjustment impacts Cd, Cu, Ni, Pb and Zn contamination in soils around e-waste area: Concentrations, sources and health risks. **Science of the Total Environment**, v. 741, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140442>.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DE VETORES OCASIONADOS PELO GERENCIAMENTO INADEQUADO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

ARAÚJO JÚNIOR, Moisés Alves de
UFRPE
jrmoises76@gmail.com

EL-DEIR, Soraya Giovanetti
UFRPE
sorayageldeir@gmail.com

TAVARES, Rosângela Gomes
UFRPE
rosangelagtavares@gmail.com

ARRUDA, Valmir Cristiano Marques de
UFRPE
valmir.arruda@ufrpe.br

RESUMO

A gestão de resíduos sólidos orgânicos nos ambientes é uma ferramenta que auxilia na mitigação e eliminação de espaços propícios à proliferação de pragas e vetores, dentre outros fatores. A análise gravimétrica do resíduo proporciona o conhecimento da sua composição, oferecendo subsídios para a adoção de medidas adequadas no gerenciamento. Entretanto, caso o processo apresente não conformidades gerenciais, poderá resultar no surgimento de vetores biológicos. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo apresentar uma revisão dos principais vetores presentes em ambientes diversos, que podem ser um indicador da eficiência na gestão de resíduos sólidos. Para tanto, foi realizada a coleta de dados secundários através de pesquisa bibliográfica, buscando a análise específica e associada a classificação da barata de esgoto (*Periplaneta americana*) e ratazana (*Rattus norvegicus*), além de demonstrar como a presença destas espécies pode servir de bioindicador ambiental positivo, quando da sua ausência; ou negativos, quando os mesmos são identificados em algum ambiente. Desta forma, são apresentadas informações das espécies evidenciadas e a sua relação com os ambientes. Destaca-se que a combinação de ações preventivas e corretivas são fundamentais para proporcionar um ambiente salubre, controlando os riscos de ordem sanitária.

PALAVRAS-CHAVE: Bioindicador, Controle sanitário, Gestão

1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos vem se configurando como uma problemática de abrangência mundial, pois o volume de resíduos acompanha o aumento da população do planeta. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2020), estima-se que são gerados por ano em torno de 1,4 bilhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) no mundo. Essa geração está associada ao padrão do consumo humano, quando se observa que quase metade do volume de resíduos gerados está concentrado em aproximadamente 30 países mais desenvolvidos, das 193 nacionalidades existentes. A população mundial é de pouco mais de 7 bilhões de habitantes. Porém, com o atual ritmo de crescimento, haverá em 2050 aproximadamente 9 bilhões de pessoas no mundo. Estas poderão gerar 4 bilhões de toneladas de RSU por ano, o que se configura num potencial problema ambiental. Dentre estes, os resíduos sólidos orgânicos estão entre os mais representativos das tipologias existentes no RSU, em termos de quantitativo.

Esses dados se tornam ainda mais preocupantes, quando se observa países como o Brasil, no qual ainda se convive com a realidade da disposição de resíduos em locais a céu aberto, sem que haja o tratamento adequado, gerando como consequência problemas relevantes de ordem social, ambiental e econômica.

A gestão adequada de resíduos sólidos orgânicos contribui para a mitigação e eliminação de ambientes propícios para a proliferação de pragas e vetores, tais como barata de esgoto (*Periplaneta americana*) e ratazana (*Rattus norvegicus*), que podem oferecer riscos de ordem sanitária. Medeiros (2019) afirma que a elevada ocorrência de roedores é justificada pela existência de recursos essenciais em abundância (alimento, água e abrigos), associada a práticas inadequadas de controle, saneamento e proteção pouco eficazes. Já sobre a barata de esgoto, Kinfu e Erko (2008) afirmam que ela transmite fisicamente patógenos e alergênicos aos humanos. Segundo (Chen *et al.*, 2015) a *Periplaneta americana* é uma notória praga e ameaça à saúde em todo o mundo, com alta capacidade reprodutiva. Além disso, as baratas são conhecidas também como hospedeiros intermediários para o desenvolvimento do parasita e alérgenos (JEONG *et al.*, 2015).

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo apresentar uma revisão dos principais vetores presentes em ambientes diversos, que podem ser um indicador da eficiência na gestão de resíduos sólidos, identificando se estes são ideais como bioindicadores da qualidade ambiental. Pretende-se que este tema seja incorporado pelo gerenciamento dos espaços, elevando o grau de conhecimento da gestão ambiental e da sustentabilidade quanto à manutenção da qualidade sanitária e ambiental dos ambientes físicos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Aspectos Legais

A Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010) – Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelece diretrizes relativas à gestão integrada e ao

gerenciamento de resíduos sólidos, com as respectivas responsabilidades dos geradores. Dentre outros objetivos previstos na normativa, cabe destacar o Art. 6º, Inciso III que apresenta entre os seus princípios, a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública.

Já a Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976 (BRASIL, 1976), que dispõe sobre a vigilância sanitária a que estão sujeitos os produtos saneantes domissanitários, utilizados para a mitigação de pragas e vetores, estabelece as diretrizes para o uso nas atividades de higienização, desinfecção ou desinfestação domiciliar, em ambientes coletivos e/ou públicos, bem como em lugares de uso comum.

Por outro lado, a Lei nº 9.782, de 26 de janeiro de 1999 (BRASIL, 1999), define o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária – SNVS, criando a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa. Dentre as atribuições do SNVS estão contempladas a normatização, controle e fiscalização dos serviços de interesse para a saúde, bem como o exercício da vigilância sanitária. Neste contexto, a Anvisa, órgão do Sistema, possui a competência sobre a fiscalização das atividades de controle de pragas e vetores.

A Resolução de Diretoria Colegiada – RDC nº 52, de 22 de outubro de 2009 (ANVISA, 2009), estabelece as normas gerais para funcionamento de empresas especializadas na prestação de serviço de controle de vetores e pragas urbanas. Esta normativa tem como objetivo definir as condições gerais para o cumprimento das boas práticas operacionais, a fim de garantir a qualidade e segurança do serviço prestado e minimizar o impacto ao meio ambiente, à saúde do consumidor e do aplicador de produtos saneantes desinfetantes.

A Instrução Normativa nº 141, de 19 de dezembro de 2006 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2006) regulamenta o controle e o manejo ambiental da fauna sinantrópica nociva, que é definida como a fauna que interage de forma negativa com a população humana, causando-lhe transtornos significativos de ordem econômica ou ambiental, ou que represente riscos à saúde pública. A referida norma estabelece que os artrópodes nocivos e roedores sinantrópicos, dentre eles, a barata de esgoto e a ratazana, não são passíveis de autorização para o manejo ambiental.

Estas diretrizes são relevantes, principalmente quando se trata da realização de serviços em espaços públicos de grande circulação. Ao avaliar as normativas existentes no âmbito brasileiro, nas quais possuem mecanismos para o controle de pragas e vetores, é possível evidenciar que existe uma estrutura adequada para o tratamento da referida temática. A composição das normas estabelece a atuação de forma sistêmica em diversos ambientes, nos quais estão inseridas uma grande diversidade de atividades. Cabe salientar que, por se tratar de um tema e atividade dinâmica, a legislação deverá acompanhar as alterações pertinentes, se mantendo atualizada e com a aplicabilidade requerida.

2.2. Classificação de vetores

Os bioindicadores de qualidade ambiental são espécies, grupos de espécies ou comunidades biológicas cuja presença, quantidade e distribuição indicam os impactos ambientais em um ecossistema (PRESTES; VICENCI, 2019). Estes podem ser classificados e apresentarem indutores abióticos (propriedades físicas e químicas), que por sua vez têm potencial de possuir moléculas sintéticas que simulam o sinal do patógeno, e bióticos (propriedades biológicas) que são organismos vivos, ou partes dos mesmos (ALVES *et al.*, 2021). No aspecto da correlação dos bioindicadores ambientais na gestão de resíduos sólidos orgânicos, é possível observar que a deficiência ou ausência no gerenciamento, poderá resultar em impactos ambientais negativos. Isto pode ocorrer, quando identificadas a presença em qualquer ambiente, de espécies variadas de pragas e vetores (bióticos). É possível destacar a barata de esgoto (*Periplaneta americana*) e a ratazana (*Rattus norvegicus*), principalmente nos locais de alimentação, preparo de alimentos e armazenamento de insumos, produtos e resíduos.

A presença e a proliferação dos referidos vetores, poderá resultar em um cenário de alerta sanitário e de saúde pública, com o risco do desencadeamento de doenças. Neste sentido, torna-se urgente a adoção de modelos de gestão que tenham como princípio a sustentabilidade (SOUZA; COSTA; EL-DEIR, 2017). O conjunto de ações preventivas no aspecto do controle de vetores, contribui para a mitigação e eliminação da barata de esgoto e ratazana em ambientes, de modo que a não ocorrência das espécies, será o bioindicador de um ambiente com menor risco sanitário para a operação de uma atividade.

2.3. Gerenciamento de vetores

Rodrigues *et al.* (2018) destacam que os resíduos sólidos do gênero alimentício contribuem para a proliferação de vetores de doenças e sua decomposição gera um líquido altamente tóxico e nauseante: o chorume. Segundo Cavalcanti (2019) a disposição irregular de resíduos sólidos causa impactos ambientais, entre esses: a contaminação de solos, águas superficiais ou subterrâneas através do chorume, formação de gases tóxicos, além de proliferação de vetores e agentes transmissores de doenças. O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) é uma ferramenta que quando bem implementado, irá auxiliar de forma efetiva para que não ocorra a proliferação de baratas e ratazanas. O Plano de Gerenciamento de Pragas e Vetores (PGPV) atua de forma direta na prevenção e controle da ocorrência das referidas espécies, com medidas preventivas e corretivas, nas quais podemos destacar a desinsetização (dedetização) e a desratização.

Em relação as medidas de prevenção e controle, é necessário que haja ações preventivas, além dos serviços rotineiros referente a higienização e desinsetização (dedetização), atendendo as recomendações técnicas da vigilância sanitária (LIMA; SILVA, 2020). No controle de vetores, também é relevante a adoção de medidas adequadas, quanto ao acondicionamento adequado de alimentos, procedimento para controle de pragas e vetores, onde este último irá atuar em caráter de prevenção e também de forma corretiva. Ainda em se tratando de medidas auxiliares, Gomes *et al.* (2020) afirmam que se deve

manter as aberturas externas das áreas de armazenamento e preparação de alimentos bem vedadas, a fim de impedir a entrada de vetores e pragas urbanas.

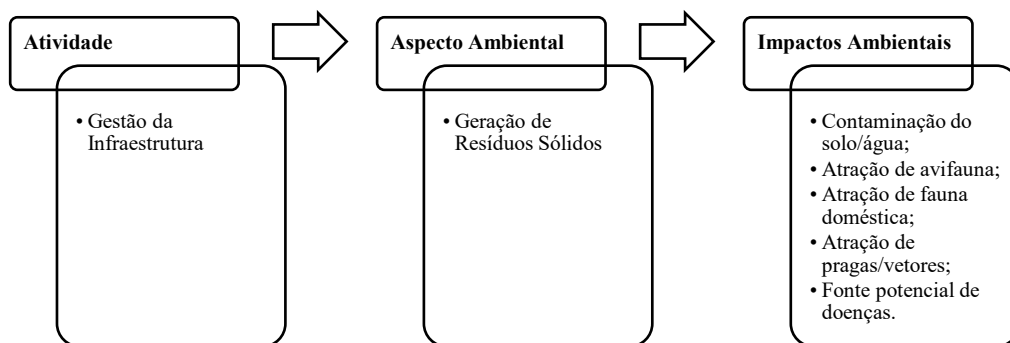
Neste contexto, é importante que seja implantado e mantido um PGPV. O referido plano deve estabelecer as boas práticas para a gestão e controle de pragas e vetores, animais sinantrópicos, com o mapeamento de todas as instalações propícias a incidência de espécies, como baratas e ratas. Sinantrópicos são os animais que se adaptam e vivem junto ao homem, e quando não controlados causam surtos e problemas ao ecossistema, também conhecidos como pragas urbanas, que estão sempre à procura de alimento e abrigo que favorece a proliferação (FACHINI; TORTELLY NETO, 2018).

Desta forma, é possível especificar o tipo de atividade a ser desenvolvida. O planejamento apropriado das instalações e equipamentos colabora para a eficácia do controle de pragas e vetores e favorece a adequação das condições higienicossanitárias (HENDLER *et al.*, 2018). No PGPV deverá constar a realização de atividades como, desinsetização e desratização, que exercem um papel fundamental na manutenção de condições ambientais favoráveis. Deve-se exigir certificados de controle de pragas obtido após a realização de serviços de dedetização por empresas especializadas que devem ter licença da autoridade sanitária e ambiental competente (LIMA; SILVA, 2020).

2.4. Gerenciamento dos resíduos sólidos orgânicos

De acordo com Lam *et al.* (2018), estudos recentes sobre gestão de resíduos abordaram aspectos como custo-benefício na análise do ciclo de vida dos resíduos orgânicos. A legislação prevê que o Plano de Gerenciamento de Resíduos (PGRS) seja elaborado por praticamente todas as empresas públicas do país e por boa parte das empresas privadas (COSTA; ALBUQUERQUE; ALENCAR, 2020). Diante deste cenário, é importante que as empresas responsáveis pela gestão das infraestruturas físicas, adote práticas adequadas de controle sanitário nos ambientes diversos. Assim, é possível considerar que a geração de resíduos sólidos se configura como um aspecto ambiental na gestão das atividades, dentre outros existentes, e que possui associação com alguns impactos ambientais (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma Gestão: Geração de Resíduos Sólidos



Fonte: Adaptado de Sánchez (2008)

Uma das ações que auxilia a gestão dos resíduos é conhecer a sua composição, através da gravimetria, conforme previsto na Norma Brasileira Técnica NBR 10007:2004 (ABNT, 2004). De acordo com Beltrão, Menezes e Morais (2020), o levantamento dos dados de quantificação, caracterização e composição gravimétrica são de grande importância na elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). Esta sistemática permite conhecer quantitativamente as frações geradas, bem como a possibilidade de aproveitamento comercial dos materiais recicláveis e orgânicos para a produção de compostos (MENEZES *et al.*, 2019). Segundo Zago & Barros (2019), como os estudos de composição gravimétrica não ocorrem com constância e não são padronizados, existe pouca informação sobre a geração e a destinação da fração orgânica. Estes dados são importantes, para que sejam fornecidos elementos que auxiliem na avaliação, quanto a reversibilidade de um possível impacto ambiental, dentre estes o surgimento de vetores.

Alguns fatores podem influenciar a presença de vetores em ambientes, o armazenamento inadequado de insumos e alimentos, ausência de higienização de ambientes, gestão inadequada de resíduos orgânicos, dentre outros. Segundo Passos, Moreira Neto e Almeida (2016) o gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos urbanos gera outros impactos importantes relacionados tanto ao meio ambiente quanto à saúde pública.

O PGRS é um importante documento para sistematizar os processos de descarte, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte e destinação final de resíduos, e quando bem implementado, irá proporcionar ambientes limpos e organizados, que resultará na minimização dos riscos de ordem sanitária. Paz *et al.* (2020) destacam que os PGRS são instrumentos de implementação da política nacional que contribuem para um monitoramento mais efetivo da gestão dos resíduos, da geração à destinação final. Já Costa, Albuquerque e Alencar (2017) afirmam que o PGRS deve ser elaborado e executado objetivando a coleta e destinação adequada dos resíduos, bem como estar aderente a legislação pertinente. Entretanto, para Tashima e Mondelli (2017) os planos devem representar, mais do que um mero incremento ao arcabouço legal ambiental brasileiro, e sim uma real oportunidade de mudança de paradigma ambiental, social, tecnológico e também científico.

Um instrumento que contribui com o gerenciamento adequado de resíduos, e que deve ser contemplado no PGRS, é a educação ambiental. Simão, Nebra e Santana (2017) abordam que o tema de educação para o consumo sustentável, deve assumir a ideia da comunicação e conscientização ambiental, visando a redução e não geração de RSU. A combinação da implementação de ações eficientes nos Planos de Gestão de Pragas e Vetores (PGPV) e de Resíduos Sólidos (PGRS), poderá proporcionar um ambiente limpo, organizado e livre de problemas sanitários.

Neste aspecto, os ambientes existentes em qualquer atividade, devem considerar a prevenção e combate a pragas e vetores, entre estes a barata de esgoto (*Periplaneta americana*) e a ratazana (*Rattus norvegicus*), promovendo um ambiente salubre, livre do risco de transmissão de doenças. Um outro fator relevante, diz respeito ao papel que estas espécies exercem como vetores de vírus, bactérias, fungos e protozoários causadores de

doenças, o que levanta uma importante preocupação a nível de saúde pública. Silva, Queiroz e Felipe (2020) destacam que, quando os resíduos são dispostos de forma inadequada, resultará na proliferação de vetores que transmitem doenças infecciosas de veiculação ambiental.

3. METODOLOGIA

Para o presente estudo, foi realizada a coleta de dados através de pesquisa bibliográfica, utilizando as bases de pesquisa científica Science Direct (Elsevier), Scielo (Scientific Electronic Library Online) e Google Scholar, bem como a legislação brasileira pertinente ao tema, no período compreendido entre os anos de 2002 e 2021, buscando uma análise específica e associada a presença e classificação de vetores. Foi realizado o levantamento de informações referente a classificação da barata de esgoto (*Periplaneta americana*) e ratazana (*Rattus norvegicus*) e como a presença desses vetores podem servir de bioindicadores para a gestão de resíduos sólidos orgânicos. Deste modo, buscou-se classificar as espécies destacadas, quando da sua existência, apresentando o comportamento das mesmas. Além disto, também foram levantados dados associados a fisiologia dos animais, tais como eles se reproduzem.

Os dados levantados por autores, buscaram uma pesquisa focada no estudo das espécies barata de esgoto (*Periplaneta americana*) e ratazana (*Rattus norvegicus*), e a importância da manutenção de uma infraestrutura livre de riscos de transmissão de doenças.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Barata de esgoto (*Periplaneta americana*)

As baratas são um grande grupo de insetos antigos da ordem Blattodea, que são um dos mais antigos insetos alados conhecidos a manter contato próximo com humanos (CHEN *et al.*, 2015; CHEN *et al.*, 2016; ZHANG *et al.*, 2016). A barata de esgoto (*Periplaneta americana*) é uma das espécies, dentre as mais de quatro mil identificadas, onde aproximadamente 30 dessas espécies são prejudiciais aos seres humanos (CHEN *et al.*, 2013; CHUNG *et al.*, 2005; JEONG *et al.*, 2015). Essa espécie é também conhecida popularmente como barata vermelha, barata americana e barata voadora. Segundo Kinfu e Erko (2008), a barata de esgoto é uma das classes que podem gerar condições sanitárias insatisfatórias. É importante conhecer algumas informações da referida espécie, para a compreensão da sua ocorrência e comportamento, buscando a sua relação com a gestão de resíduos sólidos orgânicos (Quadro 1).

Quadro 1 – Principais características da barata de esgoto (*Periplaneta americana*)

Indicador	Informação
Reino	Animalia
Ordem	Blattodea
Família	Blattidae
Subespécie	Não especificada

Biogeografia	Circumtropical
Fisiologia	<ul style="list-style-type: none"> - A reprodução ocorre em conjuntos de 7 a 16 ovos dentro de cápsulas ovais chamada de ooteca. - As fêmeas podem depositar cerca de 27 ootecas por ano, com o período médio de incubação de 32 dias a uma temperatura de 30 °C; - O adulto varia entre 40 e 50 mm de comprimento, excluindo as antenas; - Longevidade de 02 a 03 anos.

Existe conhecimento sobre a fisiologia, taxonomia, e etologia da ordem Blattodea, por serem vetores de doenças e ter significativo impacto na área da saúde pública (PELLI; SILVA, 2019). Segundo Wang *et al.* (2018) é de se esperar que esses animais desempenhem papel na transmissão mecânica de doenças causadas por bactérias e protozoários, realizando-se a contaminação dos alimentos. Akbari *et al.* (2015) ainda afirmam que algumas dessas espécies são encontradas transportando vírus, bactérias, fungos e protozoários, considerados vetores mecânicos de doenças.

4.2. Ratazana (*Rattus norvegicus*)

A ratazana, também conhecida como rato-de-esgoto, rato-marrom ou rato norueguês, é uma espécie de roedor nativo da Ásia (China e Japão) e da Europa (Sibéria), sendo dispersa pelo mundo por ação antrópica, provavelmente, por meio de embarcações (BUCKLE, 2015). Segundo Santos (2017), estes animais são extremamente resistentes, possuindo uma das maiores condições de adaptabilidade ecológica dentre os vertebrados, suportando ambientes frios, quentes e de altitudes variadas. De acordo com a Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, a principal característica do grupo são os dentes incisivos, que não param de crescer ao longo de sua vida e, por este motivo, têm o hábito de roer diversos equipamentos, causando inúmeros prejuízos ao homem (BRASIL, 2002).

As ratazanas (*Rattus norvegicus*) fazem parte das espécies sinantrópicas nocivas, de acordo com a Instrução Normativa nº 141 (IBAMA, 2006). O conhecimento de algumas informações da referida espécie, auxilia na compreensão da sua ocorrência e comportamento, buscando a sua relação com a gestão de resíduos sólidos orgânicos (Quadro 2).

Quadro 2 – Principais características da ratazana (*Rattus norvegicus*)

Indicador	Informação
Reino	Animalia
Ordem	Rodentia
Família	Muridae
Subespécie	Diversas
Biogeografia	Cosmopolita
Fisiologia	<ul style="list-style-type: none"> - Este animal pode se tornar reprodutivo a partir dos 2,5-3 meses, período no qual seu peso pode variar de 100g a 150g; - Quando completam 8 a 10 meses de idade, os seus pesos podem variar de 300g a 400g; - São animais fossoriais, cavando com as patas e com o auxílio dos dentes; - Reprodução de 56 a 144 filhotes por fêmea/ano; - Longevidade média de 02 anos.

Essa espécie vive em colônias de diferentes tamanhos e com divisão hierárquica, cujo tamanho depende da disponibilidade de abrigo e de alimentos, podendo atingir superpopulações se houver muita oferta de alimento. Segundo a FUNASA, eles possuem hábitos noturnos e são consideradas difíceis de visualizar por se expõem pouco, exceto em altas infestações (BRASIL, 2002).

Santos (2017) destaca que a referida espécie, comprovadamente participa, de forma indireta ou direta, da transmissão de pelo menos 30 doenças, dentre as quais se destacam a leptospirose, a peste e as hantaviroses. São animais sinantrópicos e têm a mais alta relevância sanitária pública, por causarem sérias doenças e prejuízos econômicos ao homem.

5. CONCLUSÃO

Diante dos dados levantados, é possível identificar que a implementação de um conjunto de ações preventivas no aspecto do controle de vetores, irá contribuir para a mitigação e eliminação da barata de esgoto (*Periplaneta americana*) e ratazana (*Rattus norvegicus*), de modo que a não ocorrência das referidas espécies, será o bioindicador de um ambiente com menor risco sanitário para a operação de uma atividade. Com isso, a etapa de planejamento é essencial, para que seja proporcionado um ambiente salubre. Neste contexto, é importante que sejam estabelecidos espaços adequados para o armazenamento de insumos nas áreas de preparação de alimentos e acondicionamento temporário de resíduos, para minimizar e evitar o surgimento de vetores.

Outro aspecto importante, diz respeito a correta implantação do Programa de Controle de Pragas e Vetores (PGPV) e o Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), buscando a integração entre os mesmos, de modo que sejam adotadas medidas preventivas, que irão atuar para o não surgimento das espécies indesejadas. O PGPV deve contemplar a execução das atividades de desinsetização e desratização, que possuem papel preventivo e corretivo.

Uma ferramenta fundamental para o sucesso da gestão de pragas e vetores, diz respeito a conscientização dos colaboradores, através da educação ambiental, que deverá ser parte integrante do PGRS e PGPV. Os planos devem contemplar a realização de treinamentos, palestras, comunicados, dentre outras ferramentas, para alertar e manter os envolvidos sempre atentos com a gestão do referido tema. Ainda cabe destacar que, a ocorrência dos animais, barata e ratazana, poderá configurar como um bioindicador da deficiência ou ausência da gestão de resíduos, porém não é possível estabelecer que se trata do único fator para o surgimento das referidas espécies, portanto é relevante que sempre seja realizada uma análise aprofundada das causas e os seus fatores contribuintes, buscando assim o aprimoramento no gerenciamento da atividade.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC. **Aeródromos**. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aerodromos/localizacao-geografica>. Acesso em 19 set. 2020.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **RESOLUÇÃO RDC Nº 52, DE 22 DE OUTUBRO DE 2009**. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2009/rdc0052_22_10_2009.html. Acesso em 10 abr. 2021.

AKBARI, S. OSHAGHI, M. A., HASHEMI-AGHDAM, S. S., HAJIKHANI, G. O., SHIRAZI, M. H. Aerobic bacterial community of American cockroach *Periplaneta americana*, a step toward finding suitable paratransgenesis candidates. **Journal Arthropod-Borne Diseases**. v. 9, n.1, p. 35 - 48, 2015.

ALVES, J. V. S. A., COELHO, M. P. C., BERTAN, F. L. B., SILVA, D. C. S., SILVA, V. C. S., CHIAMULERA, M. T., CARVALHO, I. F., SILVA, C. A., ARAÚJO, D. V. Indução de resistência a *Colletotrichum* sp. em *Heliconia psittacorum* x *sparthocircinata* cv. Golden Torch cultivada em ambiente sombreado e pleno sol. *Summa phytopathol.* vol.46 no.4 Botucatu Oct./Dec. 2020 Epub Jan 15, 2021. *Print version* ISSN 0100-5405 *On-line version* ISSN 1980-5454.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 10007:2004**. Disponível em: https://www.gedweb.com.br/aplicacao/usuario/asp/resultado_avancado.asp. Acesso em 19 fev. 2021.

BELTRÃO, I., MENEZES, M., MORAIS, M. M. Diagnóstico do gerenciamento dos resíduos sólidos de polo atacadista do agreste pernambucano. **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia** / Irene Maria Silva de Almeida ... [et al.], organizadores. - 1. ed. – Recife: EDUFRPE: Gampe/UFRPE, 2020. livro digital 2 (639 f.: il.) ISBN 978-65-86547-22-1.

BRASIL. **Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6360.htm. Acesso em 13 fev. 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.782, de 26 de janeiro de 1999**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9782.htm. Acesso em 13 fev. 2021.

BUCKLE, A. P; SMITH, R. H. Rodent Pests and their Control. **2nd ed. London: Cab International**. 2015. p. 22-157.

CAVALCANTI, M. L. C.; CRUZ, A. D da.; MOURA, I. A. A. de.; ARAÚJO, Y. R. V.; Degradação ambiental por resíduos sólidos em APP do Rio das Bomas, João Pessoa-PB. **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. EDUFRPE e Gampe/UFRPE, Recife, 1º Edição 2019, p. 72-83.

CHEN, W., JIANG, G. F., SUN, S. H., LU, Y., MA, F., LI, B., 2013. Identification of differentially expressed genes in American cockroach ovaries and testes by suppression subtractive hybridization and the prediction of its miRNAs. **Mol. Genet. Genomics** **288**, 627–638.

CHEN, W., LIU, Y. X., JIANG, G. F., 2015. De novo Assembly and Characterization of the Testis Transcriptome and Development of EST-SSR Markers in the Cockroach *Periplaneta Americana*. **Scientific Reports**|5:11144|DOI: 10.1038/srep11144.

CHEN, Y., HE, M., LI, Z. Q., ZHANG, Y. N., HE, P., 2016. Identification and tissue expression profile of genes from three chemoreceptor families in an urban pest, *Periplaneta Americana*. **Scientific Reports** | 6:27495 | DOI: 10.1038/srep27495 1.

CHUNG, H. S., YU, T. H., KIM, B. J., KIM, S. M., KIM, J. Y., YU, H. S., JEONG, H. J., OCK, M. S. 2005. Expressed sequence tags analysis of *Blattella germanica*. **The Korean Journal of Parasitology** Vol. 43, No. 4. 149-156, December 2005.

COSTA, R. A., ALBUQUERQUE, M. S. C., ALENCAR, B. S. Gerenciamento de resíduos sólidos de um shopping center com inclusão socioproductiva. **Resíduos sólidos [livro eletrônico]: diagnósticos e alternativas para a gestão integrada. 2. ed.** Recife: EDUFRPE, 2017. 392 p.v. 3.: il. ISBN 978-85-7946-287-0.

COSTA, V. R., SILVA, J., FERREIRA, G., BEZERRA, D. Estado da arte do gerenciamento de resíduos sólidos de hipermercados em Parauapebas/PA. **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia** / Irene Maria Silva de Almeida ... [et al.], organizadores. - 1. ed. - Recife: EDUFRPE: Gampe/UFRPE, 2020. livro digital 2 (639 f.: il.) ISBN 978-65-86547-22-1.

FACHINI, A. A., TORTELLY NETO, R. Incidência e controle de roedores em um escritório comercial na cidade de Cascavel no estado do Paraná. **Anais do 2º Congresso Nacional de Medicina Veterinária**, FAG, 2018. v. 2, n. 1.
Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. **Manual de controle de roedores**. Brasília: Ministério da Saúde - Fundação Nacional de Saúde. 2002. 131 p.

GOMES, A. B., MAGALHÃES, C. H. C., CAVALCANTE, I. C. S., LIRA, B. R. P., CELSO, T. B., NASCIMENTO, T. V., SILVA, A. M. Análise das condições higiênico-sanitárias dos serviços de alimentação do setor profissional da Universidade Federal do Pará – UFPA. **Braz. J. of Develop. Curitiba**, v. 6, n.12, p. 94415-94428 dec. 2020. ISSN 2525-8761. DOI:10.34117/bjdv6n12-054.

HENDLER, V. M., FACCIOLI, L.S., STRASBURG, V., SERAFIM, A. L., VENZKE, J. G. Verificação das medidas de controle integrado de pragas adotadas por hospitais do município de Porto Alegre-RS. 2018. **6º Simpósio de segurança alimentar** – Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos – RS.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. **INSTRUÇÃO NORMATIVA IBAMA Nº 141, DE 19 DE DEZEMBRO DE 2006**. Disponível em: http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/fauna/2015/09/documentos_legislao_25.pdf. Acesso em 20 jan. 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - IBGE. **População**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em 19 set. 2020.

JEONG, J. E., HWANG, H. J., PARK, H. S., CHA, H. J., LEE, Y. S., OCK, M. 2015. Analysis of German cockroach (*Blattella germanica*) expressed sequence tags. **Genes & Genomics** 37, 271–280. DOI 10.1007/s13258-014-0247-0.

KINFU, A., ERKO, B., 2008. Cockroaches as carriers of human intestinal parasites in two localities in Ethiopia. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene** (2008) 102, 1143—1147.

LAM, C. M.; YU, I. K. M.; MEDEL, F.; TSANG, D. C. W.; HSU, S. C.; POON, C. S.; 2018. Life-cycle cost-benefit analysis on sustainable food waste management: the case of Hong Kong International Airport. **J. Clean. Prod.** 187, 751–762. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.160>.

LIMA, D. O., SILVA, D. C. O. L. Prevenção e controle de pragas e vetores no serviço de hemoterapia sob a visão da gestão do Hemocentro de Arapiraca/AL. **DIVERSITAS JOURNAL**. Santana do Ipanema/AL. vol. 5, n. 4, p.2972-2984, out. /dez. 2020. ISSN 2525-5215 DOI: 10.17648/diversitas-journal-v5i4-901.

MEDEIROS, R. S. **Leptospirose: uma doença endêmica em São Miguel**. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Medicina (ciclo de estudos integrado), Universidade da Beira Interior, 2019.

MENEZES, R. O; CASTRO, S. R; SILVA, J. B. G; TEIXEIRA, G. P; SILVA, M. A. M. Análise estatística da caracterização gravimétrica de resíduos sólidos domiciliares: estudo de caso do município de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Eng. Sanit. Ambient. vol.24 no.2** Rio de Janeiro Mar./Apr. 2019 Epub May 30, 2019.

Organização das Nações Unidas - ONU. **Países-membros da Organização das Nações Unidas**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/conheca/paises-membros/#paisesMembros8>. Acesso em 20 set. 2020.

PASSOS, R. G.; MOREIRA NETO, R. F.; ALMEIDA, R. S. S. P. Gerenciamento de resíduos sólidos em aeroporto internacional de grande circulação: aspectos quantitativos e contribuições per capita. In: 5 Congreso Interamericano de Residuos Solidos, 2013, Lima - Peru. **Anais. México: AIDIS - Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2013.**

PAZ, D. H. F., FAGUNDES, C., FERREIRA, A. L. N., LINS, E. A. M. Desenvolvimento de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos para a sede permanente do ifpe, campus cabo de santo agostinho. **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia** / Irene Maria Silva de Almeida ... [et al.], organizadores. - 1. ed. – Recife: EDUFRPE: Gampe/UFRPE, 2020. livro digital 2 (639 f.: il.) ISBN 978-65-86547-22-1.

PELLI, A., SILVA, A. C. B. Estado atual do conhecimento das baratas, ordem blattaria burmeister, 1829. **Rev. UNINGÁ Review, Maringá, v. 34, n. 2, p. 28-38, abr./jun. 2019** ISSN 2178-2571.

POTENZA, M. R. - Aspectos Bioecológicos das Baratas Sinantrópicas. In: Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico, 20-21 de set. 2005, Ribeirão Preto. **Anais da XII Reunião itinerante de fitossanidade do Instituto Biológico**, Ribeirão Preto: Instituto Biológico, 2005. p.35-41.

PRESTES, R. M.; VICENCI, K. L. Bioindicadores como avaliação de impacto ambiental. **Braz. J. Anim. Environ. Res., Curitiba, v. 2, n. 4, p. 1473-1493, jul./set. 2019** ISSN 2595-573X.

RODRIGUES, L.G.S.M; MACEDO, I.S.; VALADARES, P.L.; CASARIN NETO, J.M. Produção mais limpa na indústria de panificação por gerenciamento estratégico de resíduos. In: MELLO, D.P.; EL-DEIR, S.G.; SILVA, R.C.; SANTOS, J.P. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Gestão pública e privada**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 479-488.

SANTOS, L. R. **Variação populacional de pombo doméstico e ratazana em função da movimentação de grãos e fatores meteorológicos para proposição de medidas de controle no porto de Imbituba, Sul do Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, 2017.

SILVA, G. R. B., QUEIROZ, F. A., FELIPE, R. C. T. S. Análise da degradação de plástico reforçado em fibra de vidro quando exposto na água destilada e no ambiente natural. **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia** / Irene Maria Silva de Almeida ... [et al.], organizadores. - 1. ed. – Recife: EDUFRPE: Gampe/UFRPE, 2020. livro digital 2 (639 f.: il.) ISBN 978-65-86547-22-1.

SIMÃO, N. M., NEBRA, S. A., SANTANA, P. H.M. A educação para o consumo sustentável como estratégia para redução de resíduos sólidos urbanos. **Resíduos sólidos: abordagens práticas em educação ambiental**. 2. Ed. Recife: EDUFRPE, 2017.208 p.: il. ISBN 978-85-7946-284-9.

SOUZA, A. L., COSTA, A. R. S., EL-DEIR, S. G. Indicadores de sustentabilidade como auxílio na gestão de resíduos sólidos urbanos: um estudo de caso da pegada ecológica. **Resíduos sólidos [livro eletrônico]: diagnósticos e alternativas para a gestão integrada**. 2. ed. Recife: EDUFRPE, 2017. 392 p.v. 3.: il. ISBN 978-85-7946-287-0.

TASHIMA, G. H. M., MONDELLI, G. Reflexões sobre o conceito de rejeitos na lei e na prática paulistana. **Resíduos sólidos [livro eletrônico]: diagnósticos e alternativas para a gestão integrada**. 2. ed. Recife: EDUFRPE, 2017. 392 p.v. 3.: il. ISBN 978-85-7946-287-0.

WANG, Z., ZHAO, Q., LI, W., CHE, Y., WANG, Z. Establishment of a new genus, *Brephallus* Wang et al., gen. nov. (*Blattodea, Blaberidae, Epilamprinae*) based on two species from *Pseudophoraspis*, with details of polymorphism in species of *Pseudophoraspis*. **Revista UNINGÁ Review ISSN 2178-2571 Ciências Agrárias e Meio Ambiente** *Pseudophoraspis*, with details of polymorphism in species of *Pseudophoraspis*. ZooKeys. v. 785, p. 117-131, 2018.

ZAGO, V. C. P., BARROS, R. T. V. Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade. **Eng Sanit Ambient | v.24 n.2 | mar/abr 2019 | 219-228| DOI: 10.1590/S1413-41522019181376.**

ZHANG, J., ZHANG, Y., LI, J., LIU, M., LIU, Z., 2016. Midgut Transcriptome of the Cockroach *Periplaneta americana* and Its Microbiota: Digestion, Detoxification and Oxidative Stress Response. **PLOS ONE| DOI:10.1371/journal.pone.0155254** May 6, 2016.

2.3 COMPREENSÃO DA POPULAÇÃO SOBRE OS RESÍDUOS ESPECIAIS GERADOS NAS RESIDÊNCIAS EM TEMPOS DE PANDEMIA

ARAGÃO JÚNIOR, Wilson Ramos
Gampe/UFRPE, GEGEP/UFPE
wilsonramosaragao@hotmail.com

ARAÚJO, Victor Gabriel Martiniano de
Gampe/UFRPE
vgabriel649@gmail.com

ASSIS, Pedro Henrique Ribeiro de
Gampe/UFRPE
pedroribeiroassis@gmail.com

EL-DEIR, Soraya Giovanetti
Gampe/UFRPE
sorayageldeir@gmail.com

RESUMO

A questão do gerenciamento dos resíduos sólidos em geral é um ponto de suma importância para discussão e análise de protocolos de cuidados para o enfrentamento da pandemia, como é o caso dos resíduos especiais. Os resíduos especiais são os que necessitam de um tratamento específico, pois apresentam certas propriedades que podem ser danosas tanto a saúde humana quanto ao meio ambiente. Tais resíduos podem ser gerados em qualquer ambiente e devem receber uma destinação adequada, independente do local de origem. Os resíduos especiais, com o presente cenário da pandemia, estão sendo gerados nas residências e são canais de transmissão do coronavírus. Com isso, o presente estudo buscou compreender a percepção da população quanto o manejo e a destinação destes resíduos especiais. Para isso, foi realizada a aplicação de questionário e, posteriormente, o tratamento e a análise dos dados por meio de Estatística Descritiva e cruzamento das informações. Percebeu-se que uma parcela significativa dos entrevistados toma cuidados aquém dos necessários para o manejo dos resíduos especiais e demonstra ausência de preocupação com os responsáveis pela coleta dos resíduos. Assim, pôde-se concluir que a sociedade precisa de mais informações sobre a realização do descarte correto dos resíduos especiais, principalmente buscando combater a pandemia da Covid-19 e proliferação de outros patógenos, visando o controle da circulação deste vírus e demais patógenos que possam utilizar os resíduos como meio de transmissão.

PALAVRAS-CHAVE: Contágio, Coronavirus, Covid-19

1. INTRODUÇÃO

Desde o surgimento do novo coronavírus (*Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus* – SARS-CoV-2) em dezembro de 2019 na China, a humanidade tem enfrentado uma grave crise de saúde global. Nos países asiáticos, como Tailândia, Japão, Coreia do Sul e Cingapura, rapidamente os casos intensificaram, bem como na Europa e em outros continentes, levando a Organização Mundial da Saúde (OMS) promulgar um decreto de emergência de saúde pública de importância internacional em 30 de janeiro de 2020 e situação de pandemia em 11 de março de 2020 (AQUINO et al., 2020).

Dentre os fatores que podem afetar a saúde da população devido à poluição ambiental e contribuir para disseminação de doenças infecciosas como a Covid-19, destaca-se a gestão inadequada de resíduos. Os resíduos especiais não são diferentes, visto que já apresentam a necessidade de um manejo distinto pelo fato de alguns apresentarem propriedades de periculosidade. O resíduo hospitalar, classificado como resíduo especial, quando manuseado e destinado de forma imprópria, é altamente nocivo à saúde e ao meio ambiente. Esses riscos aumentam dentro do contexto da atual pandemia, mostrando ainda mais a necessidade do descarte adequado de objetos potencialmente contaminados, como máscaras e luvas (FABBRIS; TREVISAN; CABANELLOS, 2020), além dos resíduos domiciliares em residências com pessoas positivadas para o Covid-19.

Durante a pandemia, houve um aumento considerável do uso, principalmente, de máscaras para a proteção contra a Covid-19 por recomendação da OMS (2020) e da Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS, 2020). A alta do uso de equipamento de Proteção Individual (EPI) resultou, conseqüentemente, no crescimento do volume de resíduos especiais, sendo descartados de forma incorreta por parte da população (SOUSA NETO; FREITAS, 2020). Diante desse cenário, esse estudo buscou compreender a percepção da população sobre os resíduos especiais gerados nas residências em tempos de pandemia. Para isso, foi realizada a aplicação de um questionário com perguntas acerca do tema abordado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Resíduos Especiais

Os resíduos especiais são materiais descartados que apresentam características singulares, das quais podem acarretar periculosidade à saúde humana e ao meio ambiente. A classificação não é inerente a sua origem, mas sim a necessidade de um manejo específico na rota tecnológica, desde a geração até a destinação. Dentre os resíduos especiais, têm-se os de serviços de saúde, os industriais, os agrícolas, os pneus inservíveis, as pilhas e baterias, os de construções civis e os elétricos e eletrônicos. Esses tipos de resíduos podem ser originados em ambientes distintos da geração convencional, como em residências que ocorre o descarte de resíduo hospitalar. O tratamento distinto desses resíduos deve ocorrer independentemente do local de geração, como a produção de resíduos de medicamentos em domicílios (SANTOS; ALCANTARA; PIMENTEL, 2021).

De acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004), o perigo pode advir de certas propriedades físicas, químicas ou infecciosas dos resíduos (Quadro 1). A negligência quanto a destinação dos resíduos especiais pode acarretar graves consequências, como contaminação do solo, da água, do ar que entram em contato e os desastres urbanos. Os geradores que produzem esse tipo de resíduo, se não o descartarem de forma adequada, automaticamente ignoram o grau de perigo que os mesmos podem apresentar (BARBOSA; FRANCHI; GENTIL, 2016).

Quadro 1 – Propriedades dos Resíduos Perigosos.

Características	Definição
Inflamabilidade	Capacidade de um resíduo entrar em combustão facilmente ou até espontaneamente.
Corrosividade	É o componente ácido do resíduo que pode atacar materiais e organismos vivos.
Reatividade	São resíduos que reagem com outras substâncias de maneira violenta e imediata, podendo liberar calor e energia.
Toxicidade	Resíduos que agem sobre organismos vivos, provocando danos às suas estruturas biomoleculares, podem incluir aspectos carcinogênicos, teratogênicos, mutagênicos, entre outros.
Patogenicidade	Resíduos que apresentam características biológicas infecciosas, contendo microrganismos ou suas toxinas, capazes de produzir doenças em homem e animais.

Fonte: Adaptado da NBR 10.004 (ABNT, 2004).

As tipificações de resíduos especiais detêm legislações que regem seu manuseio e em alguns casos o Pagamento por Serviços Ambientais (MELLO et al., 2018). Os resíduos de serviço de saúde são discutidos pela Resolução nº 358 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2005), que dispõe sobre o tratamento e a disposição final desses resíduos, como também classifica os resíduos de serviço de saúde em grandes grupos, sendo estes: A (agentes biológicos), B (substâncias químicas), C (presença de radionuclídeos), D (resíduos equiparados aos domiciliares) e o E (perfurocortantes ou escarificantes). A resolução RDC nº 222 Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2018) também menciona a respeito das boas práticas de gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde.

A consciência e educação ambiental é um dos pilares dentro do sistema de gerenciamento de resíduos (CRUZ et al., 2018) pois os grandes geradores de resíduos dos serviços de saúde estão mais conscientes dos planos adequados e necessários para a sua gestão. No entanto, pequenos geradores geralmente carecem dessa consciência e conhecimento necessário. Muitas vezes, estes também necessitam de infraestrutura para administrar adequadamente os resíduos hospitalares (CLOCK; OLIVEIRA, 2017). Além disso, alguns resíduos domésticos têm características que os tornam semelhantes aos resíduos médicos e de cuidados de saúde. Por exemplo, pacientes diabéticos que tomam injeções de insulina e usuários de drogas injetáveis produzem perfurocortantes, que na maioria das

ocasiões são descartados com o resíduo doméstico comum (GARCIA; ZANETTI-RAMOS, 2004).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010, Art. 33) obriga que pessoas físicas ou jurídicas responsáveis por resíduos ou embalagens de agrotóxicos e óleos lubrificantes, pilhas e baterias, pneus, produtos eletroeletrônicos e seus componentes, lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio ou de luz mista devem estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos.

Vale-se ressaltar que também há arcabouços legais específicos para alguns tipos de resíduos especiais, como a Resolução n° 416 (CONAMA, 2009), que dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e a destinação ambientalmente adequada. Os resíduos perigosos são passíveis de extrema cautela, até os gerados em domicílios, o Decreto n° 10.240 (BRASIL, 2020) regulamenta a implementação do sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Em relação a construção civil há a Resolução n° 307 (CONAMA, 2002) que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a sua gestão dos resíduos advindo dessa atividade.

Algumas atividades geradoras de resíduos especiais apresentam a necessidade de certas documentações, como os geradores de pneus inservíveis. Tais empreendimentos requerem estar devidamente inscritos no Cadastro Técnico Federal – CTF. Tal método é utilizado como estratégia para controle de impactos ambientais, embora apenas o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA tenha acesso a tais informações (SILVA et al., 2018).

2.2 Gestão de Resíduos Sólidos e Covid-19

De acordo com o Ministério da Saúde (2020) os coronavírus são uma grande família de vírus comuns que se proliferam em muitas espécies diferentes de animais. No mês de dezembro de 2019 em Wuhan, na China, foi notificado uma nova variação desse grupo, o vírus SARS-CoV-2, causador da doença denominada Covid-19. A mesma pode ser transmitida, por exemplo, pelo espirro e pela tosse de pessoas infectadas e pelo contato com superfícies contaminadas (MOREIRA, 2021). Os sintomas da Covid-19 são muitos, tais como dificuldade de respirar, distúrbios gastrintestinais, tosse, febre, entre outros, podendo até os portadores da doença não apresentarem sintomas, entretanto atuarem como vetores (SOUZA, 2021). No Brasil, em março de 2021, tal doença já apresenta cerca de 12.490.362 milhões de casos confirmados e 370 mil de óbitos confirmados (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021).

As graves consequências da disseminação do vírus acarretaram na declaração de estado pandêmico e o objetivo global tornou-se os testes de eficácia e segurança das diferentes vacinas disponíveis para uso emergencial (PASSOS *et al.*, 2021). A pandemia alterou a

organização estrutural em diversos níveis distintos. Diversas reinvenções e medidas sucederam para o combate do vírus (TRITANY; SOUZA FILHO; MENDONCA, 2021).

O novo formato de trabalho é um exemplo, o conceito de *home office* foi rapidamente adotado por diversas empresas e organizações como solução para o isolamento social e suspensão dos métodos convencionais de organização (SILVA; SILVA; SANTOS, 2021). Costa (2020) ressaltou ainda que autônomos e assalariados no Brasil sofreram prejuízos financeiros devido á pandemia, como o próprio desemprego. O agravamento do quadro de escassez dos alimentos, devido doença da Covid-19, é outro exemplo (LEITÃO; SALIM, 2020). As instituições de ensino é outra população afeta, o retorno convencional das aulas é uma incógnita (SATO, 2020). A Lei 13.979 (BRASIL, 2020) é um exemplo de mobilização pública para o enfrentamento da Covid-19, pois a mesma dispõe sobre as medidas para enfrentamento da emergência de saúde pública de importância internacional decorrente do coronavírus.

A questão do gerenciamento dos resíduos sólidos, sejam domiciliares, industriais ou hospitalares é prioritária nos municípios (OLIVEIRA et al.,2020) e foi um ponto que a dinâmica da pandemia também demonstrou a necessidade de cautelas e modificações, devido a propriedade do vírus permanecer ativo para disseminação em superfícies inanimadas. No plástico e aço inoxidável a média é de 72 horas, 4 horas no cobre e 24 horas no papelão (LIMA et al., 2020).

Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020), a forma de contágio através dos resíduos é um canal considerável para haver contaminações, devido à alta quantidade de resíduos produzido e o número de participantes dessas rotas tecnológicas. A Abrelpe estima que em 2020 o Brasil gerou 79,6 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, sendo desse total cerca de 13,35 milhões toneladas são de plásticos e 7,96 milhões de toneladas são de papeis e papelões. Com os avanços tecnológicos tais resíduos só tendem a aumentar de volume e aplicabilidade, como a utilização de resíduos plásticos na construção civil (LIMA; FELIPE; FELIPE, 2021)

Araújo e Silva (2020) afirmam que à medida que o vírus se espalha pelo mundo, torna-se um grande desafio garantir a segurança a respeito dos serviços de saneamento básico, principalmente na gestão dos resíduos sólidos urbanos. As barreiras para prevenir a propagação do coronavírus alteraram consideravelmente muito o dia a dia dos indivíduos em todo o mundo. Contudo, o que permanece da mesma maneira é o grande número resíduos sólidos gerados todos os dias pela população, principalmente em circunstâncias de tensão psicológica em isolamento social.

Os resíduos sólidos são uma problemática para os municípios em constante evolução que passa a ser discutida e refletida em torno da geração, descarte e as consequências ao meio ambiente e a vida humana (LIMA; FREIRE, 2019). O gerenciamento de resíduos é essencial para garantir a gestão eficiente dos materiais (AGUIAR; PESSOA; EL-DEIR, 2019). A ótica da economia circular dos mesmos mostra-se uma eficiente técnica de

manejo (SANTOS et al., 2018). Quando se trata de RSS, medidas rígidas e diferenciadas de manejo devem ser adotadas, por essa razão, procedimentos devem ser adequados para garantir a qualidade ambiental e a saúde humana (ALVES et al., 2021). Além do gerenciamento, leis e políticas públicas apropriadas, os cidadãos devem contribuir diretamente com atitudes que irão reduzir a problemática socioambiental que a disposição inadequada de resíduos pode ocasionar no coletivo (NASCIMENTO et al., 2020).

3. METODOLOGIA

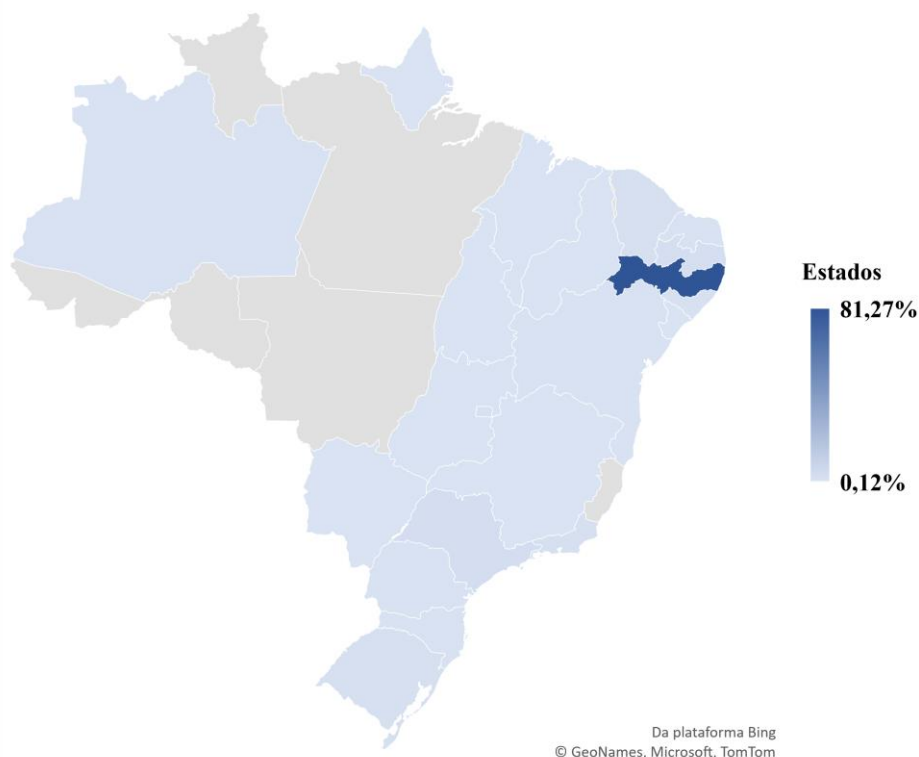
Este estudo pode ser classificado como exploratória, permitindo maior familiaridade com o tema pesquisado, visto que este ainda é pouco conhecido. É descritivo, pois visa descrever e estabelecer relação entre as variáveis no objeto de estudo analisado (GIL, 2019). Assim, inicialmente foi elaborado um questionário utilizando a ferramenta *Google Forms*, com perguntas buscando compreender a percepção da população sobre os resíduos especiais gerados nas residências em tempos de pandemia. Antes do envio do formulário foi realizado um pré-teste com pesquisadores do Grupo de Pesquisa Gestão Ambiental em Pernambuco (Gampe) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), a fim de sanar eventuais problemas que poderiam atrapalhar o entendimento das perguntas ou até criar ruídos nas respostas.

Posteriormente, o envio do questionário se deu através de e-mail e da rede social *WhatsApp*. A coleta dos dados durou aproximadamente três meses, perpassando os meses de abril, maio e junho de 2020. A partir dos dados coletados, foram plotados no software *Microsoft Excel* e elaborados gráficos por meio de Estatística Descritiva, tendo como premissa a escolha de tipos de representações gráficas mais adequados para auxiliar na compreensão das informações obtidas. Por fim, realizou-se o cruzamento de dados a fim de evidenciar possíveis relações entre a qualificação dos entrevistados (sexo, faixa etária e grau de instrução) com as perguntas realizadas no questionário.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa obteve resposta de 1170 pessoas residentes em 21 unidades federativas do Brasil, sendo o estado de Pernambuco o mais significativo da amostra, correspondendo a 81,27% dos entrevistados. Os estados de São Paulo, Paraíba, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro contribuíram com, respectivamente, 3,18%; 2,20%, 2,08% e 2,08%, totalizando 9,54%. As demais 16 unidades federativas representam juntas 9,19% (Figura 1). Nota-se que não foram obtidas respostas dos estados do Espírito Santo, Mato Grosso, Rondônia, Acre, Pará e Roraima.

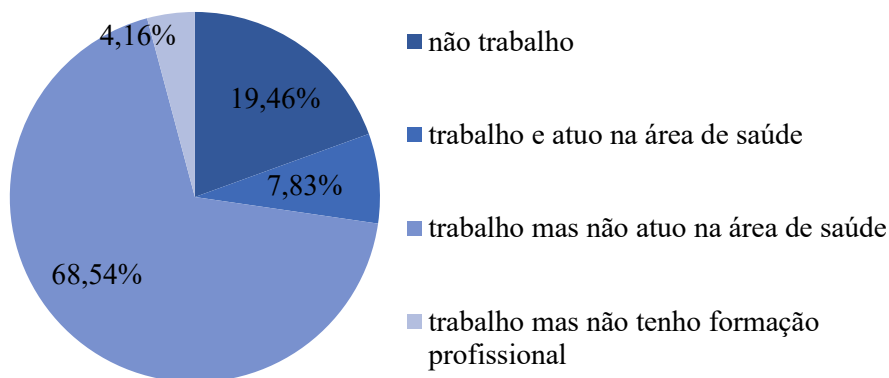
Figura 1 – Distribuição dos entrevistados por estado.



Em relação a sexualidade de cada entrevistado, mais da metade dos participantes são do sexo feminino, representando 65,73% do n amostral. Já o sexo masculino corresponde a 33,90% dos entrevistados e uma pequena parcela, 0,37%, não quis declarar a sexualidade. No caso da faixa etária dos entrevistados, pode-se observar que mais de 80% da amostra corresponde a faixa etária adulta, entre 22 e 61 anos. A fase adulta está distribuída nos intervalos de anos de 22 a 31, de 32 a 41, de 42 a 51 e de 52 a 61, representados, concomitantemente, pelos percentuais de 21,91%, 21,54%, 19,34% e 21,66%. A faixa etária idosa, acima de 62 anos, possui uma pequena parcela, 0,98%, e 5,14% são pessoas com idade entre 0 e 21 anos. Observando a pirâmide etária do Brasil para o ano de 2019, tem-se que a população na fase adulta, entre 22 a 61 anos, corresponde a pouco mais que 60,00% (IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019), logo, comparando com a dos entrevistados, percebe-se uma diferença na distribuição das faixas etárias.

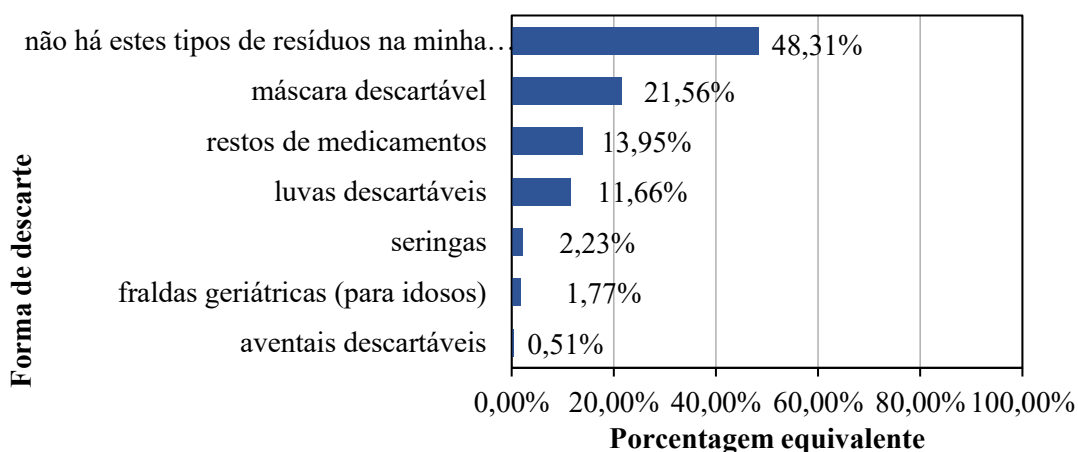
Quanto à atuação profissional de cada entrevistado pode-se observar que mais de 80% dos entrevistados estão trabalhando e 19,46% não trabalham. Entre as pessoas que trabalham, 72,70% não atuam na área da saúde. Já 7,83% da amostra trabalham exercendo atividades correlatas a área da saúde (Figura 2). A realidade atual do Brasil é de 11,40% da população economicamente ativa está desempregada (IBGE, 2019), entretanto, na pesquisa o número de pessoas que não estão trabalhando foi maior.

Figura 2 – Distribuição quanto à formação/atuação profissional.



Em relação a presença de resíduos especiais nas residências, 48,31% dos entrevistados disseram não ter estes resíduos em casa e para os outros tipos de resíduos especiais foram obtidas 51,69% das respostas, divididos entre máscara descartável, restos de medicamentos, luvas descartáveis, seringas, fraldas geriátricas e aventais descartáveis (Figura 3).

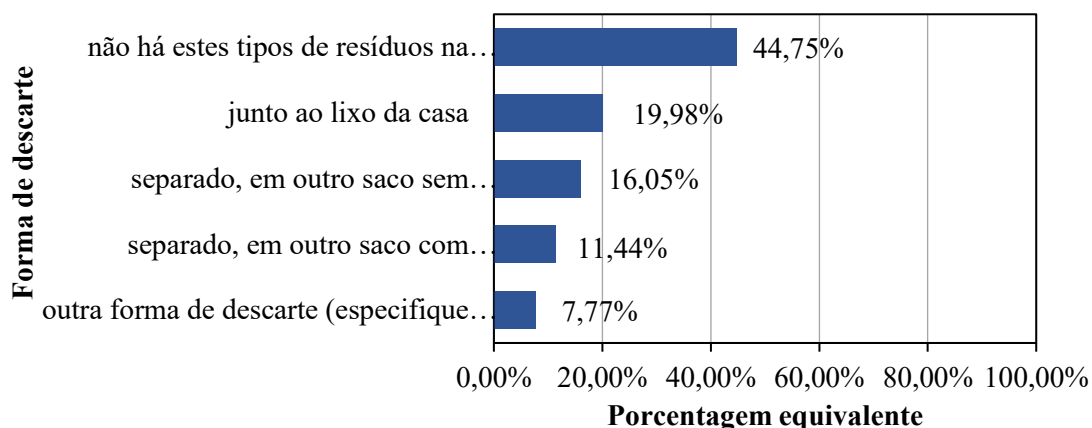
Figura 3 – Presença de resíduos especiais nas residências.



Com a chegada da pandemia, houve um aumento na geração desses resíduos, a cidade de Teerã registrou em março de 2020 10,78 milhões de máscaras descartadas por dia (ZAND; HEIR, 2020). Os resíduos especiais necessitam de um tratamento diferente, pois apresentam perigos aos que irão realizar a coleta e, quando destinados de forma incorreta, para o meio ambiente (SODRÉ; LEMOS, 2018). Além dos resíduos especiais abordados nesta pesquisa, são considerados também nessa categoria, conforme a NBR 10.004 (ABNT, 2004), as lâmpadas fluorescentes, baterias, pilhas, remédios vencidos, entre outros. De acordo com as recomendações da ANVISA (2018), os resíduos sólidos domiciliares da saúde devem ser descartados em saco de cor branca-leitosa, impermeáveis, de material resistente à ruptura e vazamento contidos no seu interior. Porém, medidas alternativas podem ser utilizadas para o descarte, como a colocação em dois sacos plásticos, de qualquer tipo, se possível preto para representar que é um rejeito, com a identificação visível mostrando que o material presente pode ser infectante.

Quanto a forma de descarte desses resíduos, 44,73% dos entrevistados indicaram que não tem estes tipos de resíduos em casa. Já para outras formas de descarte representam juntas 55,25%, distribuídos entre as opções de: junto ao lixo de casa, separado dos demais resíduos com e sem identificação, e outras formas de descarte (Figura 4). Percebe-se uma pequena divergência nos percentuais referentes à presença de resíduos especiais nas residências, porém não houve prejuízos para as análises dos resultados encontrados.

Figura 4 – Forma de descarte de resíduos especiais presentes nas residências.

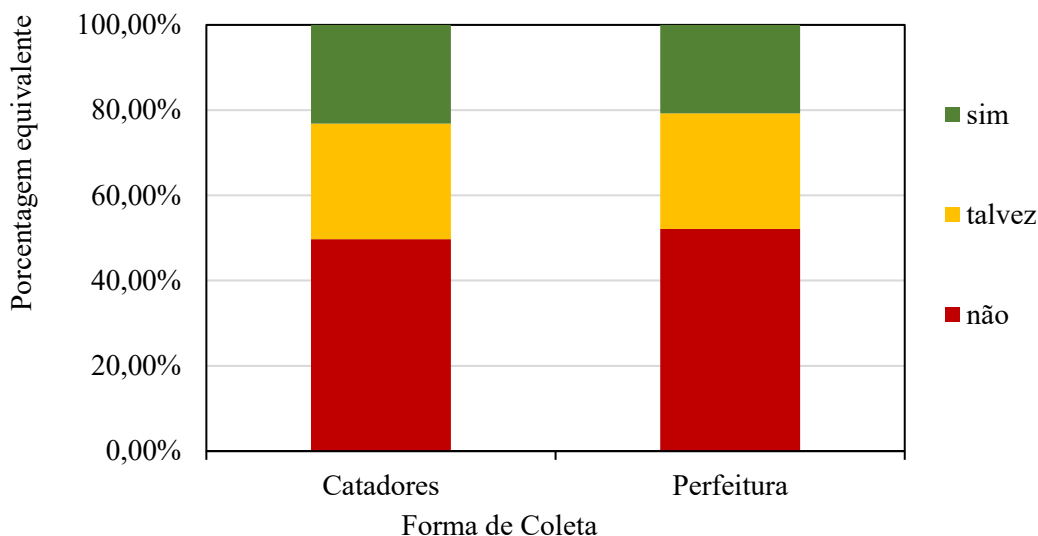


Como esses resíduos podem infectar outras pessoas, é preciso tomar os devidos cuidados com a forma de descarte. Entretanto, ficou evidente que a maioria dos entrevistados descarta estes resíduos juntos ao resíduo da casa, sem haver a segregação, infectando os resíduos recicláveis e resíduos orgânicos passíveis de compostagem. Além disso, expõem catadores de materiais recicláveis e os trabalhadores da coleta da municipal ao risco de contágio a diversos patógenos.

Em alguns países em desenvolvimento, como os vários que existem no continente Africano, os resíduos são descartados em lugares incorretos e a céu aberto, onde os catadores são expostos ao perigo de contágio, pois, muitos não usam máscaras, luvas e botas para proteção. A cidade de Wuhan, na China, gerou quase 247 toneladas de resíduos hospitalar por dia no auge da pandemia, quase seis vezes mais do que antes da pandemia. Algumas medidas tomadas pelo governo da cidade foram incineradoras e multas para quem descumprir as regras. Os resultados foram positivos, pois, foi desenvolvido um modo de descarte abrangente que inclui a combinação de descarte centralizado, descarte de emergência, troca de incineradoras por tecnologias de descarte de não incineração, como, autoclave a vapor, calor seco, desinfecção química ou micro-ondas e a principal a mudança do descarte irregular para o descarte regular (NZEDIEGWU; CHANG, 2020).

Foi perguntado se os entrevistados acham que esses resíduos especiais podem infectar as pessoas que coletam. Quanto ao risco de infectar os catadores, 23,16% disseram que sim; 27,09% acham que talvez e 49,74% responderam que não. Já o risco de contágio de pessoas que trabalham na coleta da Prefeitura, 20,77% disseram que sim; 27,09% acham que talvez e 52,14% disseram que não (Figura 5).

Figura 5 – Risco de os resíduos especiais infectarem outras pessoas durante a coleta



Como foi verificado, o descarte dos resíduos especiais de boa parte dos entrevistados está sendo feito de forma incorreta, esse descuido está relacionado a maioria das pessoas não acreditarem que existe o risco de infectar os catadores, os trabalhadores da Prefeitura ou qualquer outra pessoa que possa entrar em contato com o resíduo durante a rota tecnológica desses materiais. Ademais, não foram identificadas correlações entre o perfil dos entrevistados e a percepção de risco de contágio dos resíduos especiais durante a coleta, nem mesmo daqueles que atuam na área de saúde, pois esperava-se que esses tivessem maior consciência do potencial risco que os resíduos especiais apresentam, visto que convivem com os cuidados dos descartes dos resíduos dos serviços da saúde no desempenho das suas funções.

5. CONCLUSÕES

Ficou evidente que houve durante a pandemia um grande aumento da geração de resíduos especiais. Com isso, a falta de cuidado quanto o acondicionamento e a forma de descarte desses resíduos podem gerar uma rota de contágio desde a geração até o destino final. Assim, **faz-se necessária a adoção de cuidados específicos com o manejo desses resíduos para que não exista o perigo de transmissão da Covid-19 outros patógenos.**

Notou-se que alguns dos entrevistados não praticam o descarte os resíduos especiais de forma correta, o que provoca o aumento do risco de acidentes com resíduos perfurocortantes e de contágio por diversas doenças virais para os funcionários da prefeitura e os catadores de material reciclável.

Por fim, pode-se concluir que a sociedade precisa de mais informações sobre a realização do descarte correto dos resíduos especiais, pois até com o aumento da geração na pandemia desses tipos de resíduos, foi constatado que alguns dos entrevistados não praticam o adequado descarte. Tal cenário pode provocar o crescimento do risco de acidentes com resíduos perfurocortantes, a **transmissão da Covid-19** e diversas outras

doenças virais, não apenas para os funcionários da prefeitura e os catadores de material reciclável, mas qualquer indivíduo que entrar em contato com a rota dos resíduos especiais gerados nas residências. Por isso, são necessários o cuidado e a atenção no acondicionamento e a na forma de descarte desses resíduos, principalmente para o combate a pandemia da Covid-19 e proliferação de outros patógenos.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. ABRELPE, São Paulo/SP. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 25 mar. 2021.

AGUIAR, A. C. de; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. Modelos de gerenciamento de resíduos sólidos: proposta para melhoria contínua. In: NUNES, I. L. da S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 313-325.

ALVES, N. B. P.; SÁ, A. C. N.; SILVA, T. A. S. S.; EL-DEIR, S. G. Influência da pandemia por Covid-19 na geração de resíduos de serviços de saúde: uma revisão. In: EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Covid-19**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 240-250.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC N° 222. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 mar. 2018.

AQUINO, E. M. L.; SILVEIRA, I. H.; PESCARINI, J. M.; AQUINO, R.; SOUZA-FILHO, J. A. DE; ROCHA, A. DOS S.; FERREIRA, A.; VICTOR, A.; TEIXEIRA, C.; MACHADO, D. B.; PAIXÃO, E.; ALVES, F. J. O.; PILECCO, F.; MENEZES, G.; GABRIELLI, L.; LEITE, L.; ALMEIDA, M. DA C. C. DE; ORTELAN, N.; FERNANDES, Q. H. R. F.; ORTIZ, R. J. F.; PALMEIRA, R. N.; PINTO JUNIOR, E. P.; ARAGÃO, E.; SOUZA, L. E. P. F. DE; BARRAL NETTO, M.; TEIXEIRA, M. G.; BARRETO, M. L.; ICHIHARA, M. Y.; LIMA, R. T. DOS R. S. Medidas de distanciamento social no controle da pandemia de COVID-19: potenciais impactos e desafios no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, supl. 1, p. 2423-2446. 2020. DOI <https://doi.org/10.1590/1413-81232020256.1.10502020>.

ARAÚJO, E. C. dos S.; SILVA, V. F. A gestão de resíduos sólidos em época de pandemia do Covid-19. **GeoGraphos**, v. 11, n. 129, p. 192-215. 2020. DOI: 10.14198/GEOGRA2020.11.129.

BARBOSA, B.; FRANCHI, T.; GENTIL, V. Avaliação do gerenciamento de resíduos perigosos em indústria de defensivos agrícolas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 41, p. 24-41. 2016. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820160025>.

BRASIL. Decreto n° 10.240. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 12 fev. 2020.

BRASIL. Lei n° 12.305. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 ago. 2010.

BRASIL. Lei n° 13.979. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 06 fev. 2020.

CLOCK, D.; OLIVEIRA, T. M. N. Resíduos sólidos dos serviços de saúde na ótica de segurança ambiental. In: EL-DEIR, S. G.; BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J. (Orgs.). **Resíduos sólidos: diagnósticos e alternativas para a gestão integrada**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 382-391.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n° 358, **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 4 mai. 2005.

- CONAMA. Resolução nº 307, **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 5 jul. 2002.
- CONAMA. Resolução nº 416, **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 30 out. 2009.
- COSTA, S. da S. Pandemia e desemprego no Brasil. **Revista de Administração Pública**, v. 54, n. 4, p. 969-978. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-761220200170>.
- CRUZ, P. L. M.; SOUSA, K. M.; RODRIGUES, M. M.; CLEMENTINO, C. S. Educação ambiental e conscientização sobre coleta seletiva em escolas públicas da cidade de Picos-PI. In: EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P. (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologias e boas práticas da economia circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 310-320.
- FABBRIS, J. B.; TREVISAN, R.; CABANELLOS, Q. D. V. Impacto ambiental dos resíduos de serviços de saúde na pandemia da Covid-19. **Anais... Congresso de Direitos Humanos do Centro Universitário da Serra Gaúcha**, 3, Caxias do Sul, 10-12 ago., v. 3, n. 3, p. 215-217. 2020.
- GARCIA, L. P.; ZANETTI-RAMOS, B. G. Gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde: uma questão de biossegurança. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, n. 3, p. 744-752. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2004000300011>.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeção da população: Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <<https://ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01 de abr. 2021.
- LEITÃO, F. O.; SALIM, O. O. O papel da logística reversa na mitigação do desperdício em cadeias de suprimentos agroalimentares. **Informe GEPEC**, v. 24, n. 2, p. 154-173. 2020. DOI: <https://doi.org/10.48075/igepec.v24i2.24493>.
- LIMA, A. S.; FREIRE, M. N. Implantação da coleta seletiva em escolas públicas do município de Marechal Deodoro – AL. In: NUNES, I. L. da S., PESSOA, L. A., EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 419-431.
- LIMA, M. L. S. O.; ALMEIDA, R. K. S.; FONSECA, F. S. A. da; GONÇALVES, C. C. S. A química dos saneantes em tempos de Covid-19: você sabe como isso funciona? **Química Nova**, v. 43, n. 5, p. 668-678. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170552>.
- LIMA, N. L. P.; FELIPE, R. N. B.; FELIPE, R. C. T. S. Aplicações de resíduos plásticos em compósitos na construção civil: um *review*. In: EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 134-144.
- MELLO, D. P.; SILVA, R. G.; MELO, A. M.; AQUINO, J. G. Análise preliminar do pagamento por serviços ambientais urbanos como instrumento de gestão dos resíduos sólidos. In: EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão pública e privada**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 15-24.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Painel Coronavírus**. 27 mar. 2021. Disponível em: <<https://covid.saude.gov.br/>>. Acesso em: 28 mar. 2021.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Sobre a doença**. 2020. Disponível em: <<https://coronavirus.saude.gov.br/sobre-a-doenca#sintomas>>. Acesso em: 28 mar. 2021.

MOREIRA, R. da S. Análises de classes latentes dos sintomas relacionados à COVID-19 no Brasil: resultados da PNAD-COVID19. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, n. 1, e00238420. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311x00238420>.

NASCIMENTO, C. F. G.; SILVA, F. G. A.; LAFAYETTE, K. P. V.; SANTOS, M. J. P. Diagnóstico dos impactos físicos-ambientais, utilizando a matriz GUT no Campo da União em Recife – PE. In: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 112-122.

NZEDIEGWU, C.; CHANG, S. X. Improper solid waste management increases potential for COVID-19 spread in developing countries. **Resources, Conservation, and Recycling**, v. 161, 104947. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104947>

OLIVEIRA, M. L. F.; LOURENÇO, M. S. N.; COELHO, A. C. B.; ABREU, A. L. D. Diagnóstico dos principais resíduos químicos produzidos nos laboratórios da universidade estadual do maranhão. In: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 134-144.

OMS – Organização Mundial da Saúde no Brasil. **Folha informativa COVID-19 Escritório da OPAS e da OMS no Brasil**, 2020. Disponível em <<https://www.paho.org/pt/covid19>> Acesso em: 2 abr. 2021.

OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde. **Folha informativa COVID-19 - Escritório da OPAS e da OMS no Brasil**. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/covid19>>. Acesso em: 2 abr. 2021.

PASSOS, V. M. A.; BRANT, L. C. C.; PINHEIRO, P. C.; CORREA, P. R. L.; MACHADO, I. E.; SANTOS, M. R.; RIBEIRO, A. L. P.; PAIXÃO, L. M. M. M.; PIMENTA JUNIOR, F. G.; SOUZA, M. F. M. de; MALTA, D. C. Maior mortalidade durante a pandemia de COVID-19 em áreas socialmente vulneráveis em Belo Horizonte: implicações para priorização da vacinação. **SciELO Preprint**, e210025. 2021. DOI: 10.1590/1980-549720210025.

SANTOS, J. P. O.; SILVA, E. V. L.; LIMA, A. L.; EL-DEIR, S. G. Economia circular como via para minimizar o impacto ambiental gerado pelos resíduos sólidos. In: EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P. (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologias e boas práticas da economia circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 8-18.

SANTOS, J. S.; ALCANTARA, A. M. C. M.; PIMENTEL, P. C. B. S. Percepção dos discentes de uma instituição de ensino superior sobre a destinação de medicamentos domiciliares In: EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 262-274.

SATO, A. P. S. Pandemia e coberturas vacinais: desafios para o retorno às escolas. **Revista de Saúde Pública**, v. 54, p. 1-8. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/s1518-8787.2020054003142>.

SILVA, I. C. M. da; SILVA, M. H.; SANTOS, M. L. Condições de trabalho em casa durante a pandemia: uma análise do discurso do sujeito coletivo dos trabalhadores do setor de agências de turismo. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, v. 15, n. 1, p. 1-18. 2021. DOI: <https://doi.org/10.7784/rbtur.v15i1.2200>

SILVA, J. A. P.; SOUSA, C. R. C.; SANTOS, R. J.; ROCHA, A. L. S. Estudo da destinação dos pneus inservíveis no município de Pau dos Ferros–RN In: EL-DEIR, S. G.; SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELO, D. P. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 9-22.

SODRÉ, M. S.; LEMOS, C. F. O gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde no Brasil. **FORSCIENCE**, v. 6, n. 2, e00422. 2018. DOI: <https://doi.org/10.29069/forscience.2018v6n2.e422>.

SOUSA NETO, A. R. de; FREITAS, D. R. J. de. Utilização de máscaras: indicações de uso e manejo durante a pandemia da Covid-19. **Cogitare Enfermagem**, v. 25, e72867. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ce.v25i0.72867>.

SOUZA, M. C. da C. O Estado e o turismo no Brasil: análise das políticas públicas no contexto da pandemia da COVID-19. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, v. 15, n. 1, 2137, p. 1-13. 2021. DOI: <https://doi.org/10.7784/rbtur.v15i1.2137>.

TRITANY, É. F.; SOUZA FILHO, B. A. B. de; MENDONCA, P. E. X. de. Fortalecer os Cuidados Paliativos durante a pandemia de Covid-19. **Interface (Botucatu)**, v. 25, supl. 1, e200397, p. 1-4. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/interface.200397>

ZAND, A. D.; HEIR, A. V. Emerging challenges in urban waste management in Tehran, Iran during the COVID-19 pandemic. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 162, 105051, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105051>.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DO RSU DA CIDADE DE XANGRI-LÁ/RS VISANDO O APROVEITAMENTO EM PROCESSOS DE WTE

ENGELMANN, Pâmela de Medeiros
IPR/PUCRS
pamela.mengelmann@pucrs.br

LIMA, Jeane Estela Ayres de
IPR/PUCRS
jeane.lima@pucrs.br

PIRES, Marçal Jose Rodrigues
Escola Politécnica/PUCRS
mpires@pucrs.br

RESUMO

O gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSUs) é um problema global e a utilização de técnicas de produção de energia a partir de resíduos (WTE – do inglês *waste-to-energy*) consiste em uma solução valiosa no gerenciamento e tratamento desses resíduos. Caracterizar os resíduos é de fundamental importância para implementação dessas tecnologias. Sendo assim, o presente estudo, se propõe a avaliar as características dos RSUs da cidade de Xangri-lá/RS, Brasil, para identificar o potencial de aplicação dos resíduos em processos de WTE. Para a caracterização, os resíduos foram separados em três frações: *mix* de RSU, fração combustível (FC) e fração orgânica (FO). A FC e o *mix* foram caracterizados por análise de poder calorífico superior (PCS) e de análise termogravimétrica (TGA). A FO foi caracterizada através de análises de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), pH e composição elementar. As análises térmicas demonstraram que o RSU possui potencial para aplicação em processos termoquímicos, especialmente a FC. Os resultados da caracterização da FO, por sua vez, sugerem que os resíduos apresentam boa biodegradabilidade e características que permitem sua utilização em processos de digestão anaeróbia. Sendo assim, de um modo geral, os RUS de Xangri-lá apresentam potencial de aplicação em processos de WTE.

PALAVRAS-CHAVE: gestão de RSU, sustentabilidade, energia renovável.

1. INTRODUÇÃO

O gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSUs) é um dos maiores problemas globais da atualidade em virtude da grande quantidade de resíduos gerados e da grande heterogeneidade desses resíduos. O estudo das características desses resíduos é de extrema importância para encontrar alternativas eficientes de gerenciamento, do ponto de vista ambiental e econômico. No entanto, esse tipo de estudo geralmente não é realizado. Além disso, a disponibilidade de dados referentes ao gerenciamento de RSU normalmente é escassa e os dados muitas vezes são conflitantes entre si. No Brasil, a situação não é diferente, principalmente em virtude da extensão do território brasileiro e da quantidade de municípios do país (mais de 5.500) (GUEDES et al., 2021). Dados publicados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) mostram que o Brasil vem evoluindo gradativamente, diminuindo a porcentagem de resíduos destinados de forma inadequada para lixões e aterros controlados. Os dados do último panorama, revelam que em 2019, aproximadamente, 56,8% do total dos resíduos foram destinados para aterros sanitários e que 43,2% ainda possuía destino final inadequado em lixões e aterros controlados (ABRELPE, 2020).

Somado a isso, nos últimos anos, algumas cidades brasileiras começaram a demonstrar interesse por outras alternativas, além dos aterros sanitários, para destinar os RSU. Tal interesse provém, especialmente, da falta de espaço no entorno das cidades para disposição adequada dos resíduos e dos altos custos envolvidos no transporte desses resíduos para áreas mais afastadas dos centros urbanos (LEME et al., 2014).

Neste contexto, a utilização de tecnologias que visam a produção de energia a partir de RSU, conhecidas como WTE (do inglês *waste-to-energy*), é uma solução com potencial para o gerenciamento e tratamento correto desses resíduos. A aplicação desses tipos de tecnologias depende de uma série de estudos que visem caracterizar os RSU e determinar quais são as melhores soluções para a realidade local.

No entanto, o processo de escolha da melhor alternativa e caracterização dos RSU é bastante complexo e demanda a avaliação de inúmeros parâmetros (ABDEL-SHAIFY; MANSOUR, 2018). No caso de regiões turísticas sazonais esse processo é ainda mais desafiador, uma vez que a quantidade e composição dos resíduos gerados apresentam uma variabilidade intra-anual característica (MENDES et al., 2013). O Litoral Norte do estado do Rio Grande do Sul é uma região que possui essa característica pois sua economia é baseada principalmente nas atividades de turismo e lazer. O turismo da região é vinculado ao turismo de segunda residência, que corresponde à hospedagem de fins de semana e temporadas de férias (LOPES; RUIZ; ANJOS, 2018).

Visto a peculiaridade adicional das cidades litorâneas, este estudo tem como objetivo caracterizar os RSU produzidos na cidade de Xangri-lá, localizada no litoral Norte do estado do Rio Grande do Sul, visando identificar o potencial de utilização desses resíduos em processos de WTE. Considerando que a implementação dessas tecnologias pode gerar benefícios sociais, econômicos e ambientais para a região.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os RSUs são gerados durante as atividades diárias cotidianas da população mundial e o volume gerado desses resíduos tem crescido nos últimos anos e a tendência é que continue crescendo nas próximas décadas (CZAJCZYŃSKA et al., 2017; ARAGÃO JÚNIOR et al., 2021). O crescimento populacional, a urbanização e o aumento do poder de compra da população são considerados os principais fatores responsáveis por esse crescimento (LIMA; EL-DEIR, 2021).

De um modo geral, os RSUs são constituídos por materiais degradáveis, como papel, papelão, restos de comida, e materiais não derivados de biomassa, como plásticos, vidro, metais e eletrodomésticos (SOMORIN; ADESOLA; KOLAWOLE, 2017; SANTOS JÚNIOR et al., 2020). Os RSUs apresentam uma grande heterogeneidade decorrente principalmente da cultura local, grau de industrialização, padrão de vida da população, da existência de programas de reciclagem, entre outros (CZAJCZYŃSKA et al., 2017; GUEDES et al., 2020).

Neste contexto, o gerenciamento dos RSUs é, hoje, considerado um dos maiores desafios globais devido ao enorme volume de resíduos gerados, dos impactos ambientais associados ao gerenciamento inadequado e dos altos custos envolvidos em todo o processo (XU; JIN; CHENG, 2017). O gerenciamento e descarte incorreto desses resíduos podem acarretar em impactos à qualidade de vida da população e danos ao meio ambiente, principalmente através da contaminação do ar, da água e do solo (CZAJCZYŃSKA et al., 2017; SANTOS; LIMA; BORGES et al., 2021).

Diante de tal problemática, uma das soluções para reduzir os impactos ambientais da destinação final de RSUs é a implantação e operação de sistemas de gestão eficientes (FREITAS et al., 2021). Na hierarquia de gestão e gerenciamento de RSUs, deve ser priorizada a seguinte ordem de prioridade: prevenção (evitando ou reduzindo a produção de resíduos), recuperação (reuso, reciclagem e recuperação de energia) e disposição em aterros sanitários (EU, 2008; MARCUCCI; USEPA, 2009; BROGES, 2021). Uma parte importante destes modelos de gestão sustentáveis é a implantação de processos de recuperação de energia a partir dos RSUs. Essas tecnologias são amplamente conhecidas como WTE e se apresentam como uma alternativa interessante do ponto de vista ambiental e energética (SANLISOY; CARPINLIOGLU, 2017; RAMOS et al., 2018).

As tecnologias de WTE correspondem a qualquer processo que utiliza resíduos para gerar energia na forma de eletricidade, calor ou combustíveis (ISLAM, 2018). Algumas das principais vantagens dessas técnicas são: a redução de poluentes e emissões de gases de efeito estufa, a redução do volume de resíduos que devem ser armazenados em aterros sanitários, a capacidade de recuperar minerais e produtos químicos presentes nos resíduos (que podem ser reutilizados ou reciclados), e a capacidade de eliminar possíveis contaminantes presentes nos resíduos (ROKNI, 2018). Além disso, essas tecnologias constituem uma fonte de energia renovável, que atualmente são de extrema importância

para reduzir a dependência por combustíveis de origem fóssil (ROKNI, 2018; OLIVEIRA; CRUZ, 2021).

As tecnologias de WTE são categorizadas em processos termoquímicos e bioquímicos (SAMADDER, 2017; WERKNEH; AMBAYE, 2018; ISLAM, 2018; KUMAR). Os processos chamados de termoquímicos são aqueles que convertem resíduos em energia através de calor (temperatura elevada) e reações químicas. As principais tecnologias associadas são a incineração, gaseificação e pirólise (DHAR; KUMAR; KUMAR, 2017; OLIVEIRA; CRUZ, 2021). A incineração é a técnica mais avançada, visto que já possui tecnologia bem desenvolvida e muitas plantas em operação. Por outro lado, a gaseificação e pirólise ainda tem poucas plantas comercialmente instaladas em todo o mundo, mas apresentam um grande potencial energético e ambiental (SHI et al., 2016; KUMAR; SAMADDER, 2017).

Os processos de conversão bioquímica utilizam micro-organismos diversos e enzimas para decompor os resíduos em substâncias mais simples (BEYENE; WERKNEH; AMBAYE, 2018; FREITAS; ATHAYDE JÚNIOR, 2021). Esses processos normalmente são preferidos para o tratamento de resíduos com alta porcentagem de matéria orgânica e alto teor de umidade (KUMAR; SAMADDER, 2017; MATSAKAS et al., 2017). As principais opções tecnológicas para recuperação de energia por processos bioquímicos são: a digestão anaeróbia e os aterros sanitários com recuperação de gás (DHAR; KUMAR; KUMAR, 2017; KUMAR; SAMADDER, 2017). Os dois processos possuem mecanismos semelhantes de conversão dos RSU em energia e a grande diferença é que a digestão anaeróbia ocorre em um reator fechado, com parâmetros de processo controlados e otimizados, enquanto que, nos aterros, tal processo ocorre de forma natural e, consequentemente, em um tempo mais longo (WILLIAMS, 2005; TANIGAWA, 2017).

Considerando a gama de possibilidades existentes para solucionar a problemática dos RSU, a adoção de estratégias de gestão integrada que considere as dimensões políticas, econômicas, ambientais e culturais são importantes para atingir o desenvolvimento sustentável (SERAFIM, SOUZA, OLIVEIRA, 2021). Sendo assim, a escolha da melhor ou melhores tecnologias deve considerar e avaliar critérios técnicos, ambientais, econômicos, políticos e sociais.

Os critérios técnicos são uns dos mais relevantes e incluem parâmetros quantitativos e qualitativos dos resíduos, por isso, características como composição, poder calorífico e teor de umidade devem ser conhecidas para selecionar os métodos de manejo adequados. Apesar da dificuldade de caracterizar os RSUs, devido à heterogeneidade dos mesmos, tal ação é de fundamental importância para auxiliar na tomada de decisões quanto à forma adotada de gerenciamento (ABDEL-SHAFY; MANSOUR, 2018; LIMA; EL-DEIR, 2021). Dados precisos e confiáveis sobre a composição de resíduos são cruciais, tanto para o planejamento e avaliação ambiental da gestão de resíduos, quanto na decisão sobre a utilidade na produção de energia (ABDEL-SHAFY; MANSOUR, 2018; SANTOS; SANTOS; ALVES, 2021).

3. METODOLOGIA

Esse estudo foi realizado em Xangri-lá, cidade do litoral Norte do estado do Rio Grande do Sul. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021) a população estimada para a cidade no ano de 2020 era de 16.775 habitantes. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) municipal em 2010 era de 0,735, próximo à média do estado do Rio Grande do Sul (0,746) e o produto interno bruto (PIB) per capita do município é de aproximadamente R\$ 31.202,93, valor abaixo da média nacional (R\$ 33.593,82) (IBGE, 2021).

O fato de a cidade estar localizada numa região litorânea faz com que o município receba nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro uma grande quantidade de turistas. Estima-se que a população da cidade aumente, aproximadamente, 2,5 vezes em relação à população residente (ZUANAZZI; BARTELS, 2016).

Os RSUs coletados na cidade têm como destino o aterro sanitário de Capão da Canoa, cidade vizinha à Xangri-lá. Os RSUs destinados ao aterro são provenientes da coleta convencional, sendo que o município também dispõe de coleta seletiva, onde os resíduos reciclados são destinados a uma associação de catadores. O foco desse estudo consiste apenas nos resíduos descartados no aterro sanitário.

A metodologia de amostragem dos RSUs de Xangri-lá foi baseada na Norma Brasileira 10007/2004 (ABNT, 2004). Os resíduos foram coletados em duas épocas do ano: baixa temporada (BT) e alta temporada (AT). Após a amostragem os resíduos foram separados manualmente nos seguintes componentes: matéria orgânica, plástico, vidro, papel e papelão, alumínio, metais, eletrônicos, pano, trapo, couro e borracha, madeira e isopor. Após o processo de separação, as frações foram pesadas separadamente com o auxílio de uma balança portátil, para determinação da composição gravimétrica.

Na sequência o RSU bruto foi separado em 3 frações: *mix* de RSU (matéria orgânica, plástico, papel e papelão, tecidos, madeira e isopor), fração combustível de RSU (plástico, papel e papelão, tecidos, madeira e isopor) e fração orgânica de RSU (matéria orgânica) que foram denominadas de *mix*, FC e FO, respectivamente. Os resíduos de metais, alumínio e vidro apresentam alto índice de reciclagem, e não deveriam estar sendo descartados no aterro sanitário, por esse motivo não estão incluídos em nenhuma das frações caracterizadas.

O *mix* e a FC foram estudados e caracterizados visando a aplicação em processos termoquímicos de WTE. Para tal, foram realizadas análises termogravimétricas (TGA) e de poder calorífico superior (PCS) para identificar o potencial térmico dessas frações. O poder calorífico das amostras foi determinado em triplicata no laboratório da Fundação ProAmb, Unidade de Blendagem, localizada em Nova Santa Rita, RS. O *mix* de RSU foi avaliado com a fração orgânica *in natura* e seca em estufa a 105 °C, para avaliar a influência da umidade. A avaliação do comportamento térmico das frações foi realizada

em equipamento SDT, modelo Q600 (*TA Instruments*) em duplicata. Utilizou-se taxa de aquecimento de 20 °C/min, da temperatura ambiente até 800 °C, sob atmosfera de N₂.

A fração orgânica foi caracterizada visando a aplicação em processos bioquímicos de WTE, em virtude do seu alto teor de umidade. Para tal, foram realizadas análise de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), potencial hidrogeniônico (pH), composição elementar (C, N e H) e carbono orgânico total (COT) em triplicata. As características dessa fração são importantes para avaliar o potencial de utilização em processos de biodigestão anaeróbia. Os teores de ST e SV foram determinados em conformidade com o procedimento 2540G, descrito no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998). O pH foi determinado de acordo com o método proposto pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, do inglês *United States Environmental Protection Agency*) (USEPA, 2004). Para a análise da composição elementar as amostras foram secas em estufa a 105 °C, e posteriormente trituradas. As amostras destinadas para análise de carbono orgânico total (COT) foram digeridas com uma solução de HCl 10% até a secagem completa e em seguida lavadas 3 vezes com água ultrapura e secas novamente em estufa a 105 °C. As amostras foram então analisadas em um analisador elementar de marca e modelo LECO Truspec CHN. A partir dessa análise, também foi determinado a relação C/N.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição gravimétrica dos RSUs coletados na coleta convencional, nas duas épocas do ano pode ser vista na Tabela 1. Além disso, a Tabela 1 detalha a composição do *mix*, FC e FO, frações que foram caracterizadas no presente trabalho.

Os resultados mostram que mais de 75% dos resíduos (em peso) coletados em Xangri-lá são matéria orgânica. Esse percentual elevado pode ser atribuído a grande porcentagem de água presente na composição desses resíduos. Além disto, o alto conteúdo de matéria orgânica pode estar relacionado, em parte, a presença da coleta seletiva na cidade, que retira uma parcela dos resíduos recicláveis da coleta convencional.

Tabela 1. Composição gravimétrica dos RSU da cidade de Xangri-lá e das frações caracterizadas nesse estudo.

Componente (%)	RSU Xangri-lá		<i>mix</i>		FC		FO	
	BT	AT	BT	AT	BT	AT	BT	AT
Matéria Orgânica	77,32	76,05	81,01	80,75	-	-	100,00	100,00
Plástico	9,38	10,64	9,83	11,30	51,74	58,69	-	-
Vidro	3,21	4,57	-	-	-	-	-	-
Papel e Papelão	5,94	4,70	6,22	4,99	32,76	25,92	-	-
Alumínio	0,58	0,58	-	-	-	-	-	-
Metais	0,77	0,68	-	-	-	-	-	-
Tecidos	2,36	1,54	2,47	1,64	13,02	4,74	-	-
Madeira	0,00	0,39	0,00	0,41	0,00	2,15	-	-
Isopor	0,45	0,86	0,47	0,91	2,48	-	-	-
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

FC - Fração combustível; FO – Fração orgânica

Após a caracterização inicial as frações do RSUs (mix, FC e FO) foram caracterizadas separadamente para avaliar a aplicação em processos de WTE. Inicialmente foi avaliado o poder calorífico superior do *mix* e da FC dos RSU de Xangri-lá, na BT e AT, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Poder calorífico do RSUs de Xangri-lá.

Fração	PCS (MJ/kg)
<i>Mix</i> BT (<i>in natura</i>)	14,86 ± 0,14
<i>Mix</i> AT (<i>in natura</i>)	12,48 ± 0,47
<i>Mix</i> BT (seco)	18,08 ± 0,12
<i>Mix</i> AT (seco)	19,55 ± 0,29
FC BT	26,32 ± 0,28
FC AT	31,57 ± 0,44

¹ Base úmida

O poder calorífico é definido como o calor liberado pela combustão estequiométrica de um combustível e pode ser determinado de duas formas: PCS e poder calorífico inferior (PCI). No caso do PCS é considerada a energia liberada pelos resíduos na forma de calor somada a energia gasta na vaporização da água que se forma numa reação de oxidação (BROWN; BROWN, 2014). O PCS dos *mix* (*in natura*) da BT e AT estão na faixa de 12,5-14,9 MJ/kg, valor mais baixo do que encontrados em outros estudos realizados no Brasil, que encontraram valores entre 16,7 e 20,3 MJ/kg (FLECK et al., 2015; FERREIRA, 2017; GOMES et al., 2017). No entanto, evidencia-se que que o *mix* (*in natura*), é composto majoritariamente por resíduos orgânicos, que apresentam em sua composição um alto teor de umidade, contribuindo para valores de PCS mais baixos. Além das características locais, a presença da coleta seletiva na cidade, também contribui para esse resultado.

Por outro lado, os resultados mostram que o PCS do *mix* (seco) é maior em comparação ao *mix* (*in natura*), evidenciando que a secagem dos resíduos é benéfica para a aplicação do *mix* em processos termoquímicos. A secagem dos resíduos em plantas de tratamento termoquímico ocorre a partir de uma etapa de pré-tratamento. No entanto, esta etapa extra aumenta os custos do processo, e em razão disso, é fundamental a realização do balanço energético do processo, a fim de identificar se é vantajoso, do ponto de vista econômico, realizar a secagem dos RSU. Além disso, os resultados da Tabela 2, mostram que o PCS da FC é superior ao do *mix* de RSU (seco e *in natura*). Esse resultado demonstra que a separação dos resíduos de papel e papelão, plásticos, isopor, madeiras e tecidos é interessante do ponto de vista energético para aplicação em um processo de tratamento termoquímico. Desta forma, pode-se pensar na possibilidade de inclusão de uma etapa de triagem, para separação desses resíduos antes do tratamento termoquímico. Essa etapa de triagem, desvia a massa de resíduos orgânicos, maiores responsáveis pela umidade dos RSUs, e com menor energia contida, fazendo com que aumente o rendimento energético do sistema (HLA; ROBERTS, 2015).

Considerando que os mixes de RSUs (secos) e a fração combustível tem um teor de umidade baixo, possivelmente o PCI é próximo ao valor do poder PCS encontrado nesse estudo. O Banco Mundial sugere que o PCI de RSUs deve ser em média de 7 MJ/kg, e nunca deve cair abaixo de 6 MJ/kg para uso em processos de conversão termoquímicas (RAND; HAUKOHL; MARXEN, 2000). Desta forma, os resíduos analisados apresentam potencial para aplicação em processos de conversão de resíduos em energia.

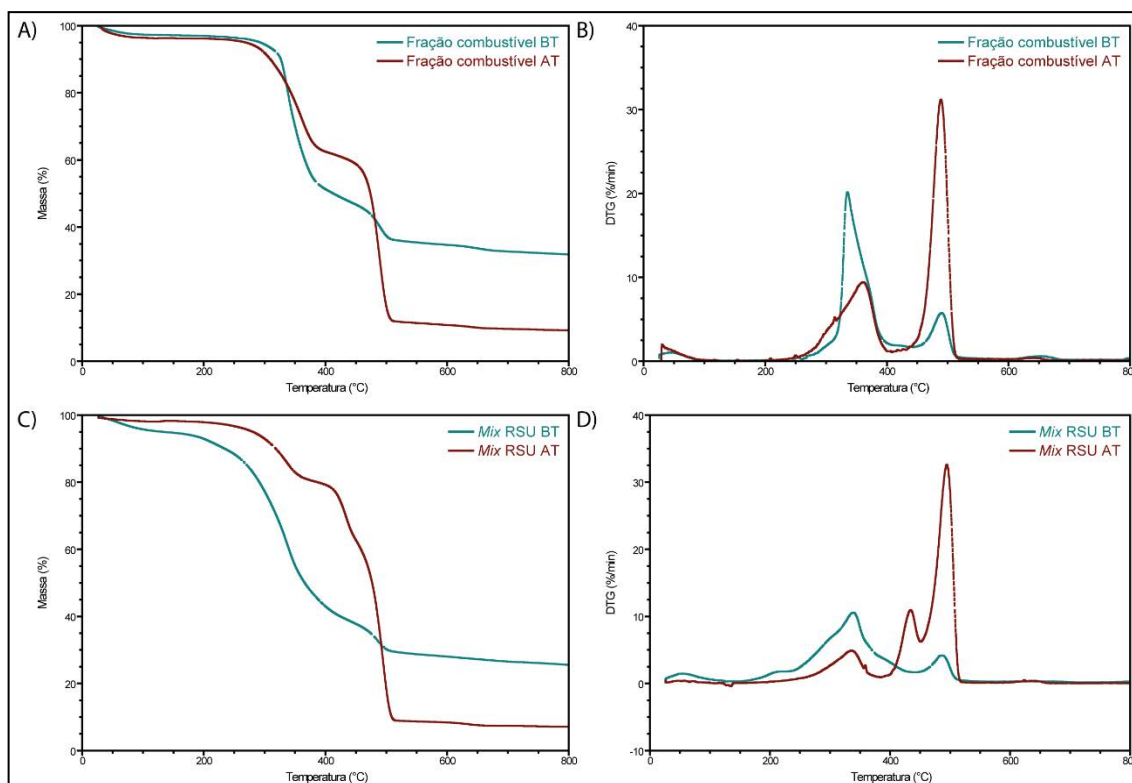
Os mixes de RSU e as FC também foram caracterizados para avaliar o seu comportamento de degradação em um processo termoquímico. Os testes de TGA, foram realizados em atmosfera de N₂, o que simula as condições de um processo de pirólise, que ocorre na ausência de O₂ (CHHABRA; BHATTACHARYA; SHASTRI, 2019; MA et al., 2019). A Figura 1 mostra as curvas de degradação encontradas nesse estudo. A partir da Figura 1B, observa-se que a FC da BT e AT apresenta dois picos de degradação. O primeiro pico ocorre na temperatura de 335 °C, para a amostra da BT, e de 361 °C, para a amostra da AT, que está na faixa de decomposição do papel e papelão.

O segundo pico ocorreu na temperatura de 390 °C para ambas as amostras, que corresponde a faixa de temperatura de degradação dos plásticos, que são os principais constituintes dessa fração. Comparando as duas amostras, observa-se que o primeiro pico é maior na amostra da BT e que a amostra da AT apresenta um pico maior na segunda faixa de degradação. Esse fato pode ser justificado em função da amostra da BT ser mais rica em papel e papelão, enquanto a amostra da AT apresenta maior quantidade de plásticos.

Observando a Figura 1A, nota-se que ao final do processo de degradação existe uma quantidade de material inerte que não degradou nas condições de análise, em ambas as amostras. Esse material é comumente chamado de resíduo em análises de TGA. O resíduo final da amostra da BT (32,5%) foi superior ao resíduo da AT (9,7%). A diferença observada está relacionada com a composição dessas amostras, pois apesar da composição gravimétrica ser semelhante entre elas (Tabela 1), os componentes de cada fração, possivelmente, são distintos e influenciaram no resultado. Esse resultado corrobora com o gráfico apresentado na Figura 1B, onde os picos de degradação da BT apresentaram uma menor intensidade, indicando que uma quantidade menor de resíduo está sofrendo decomposição térmica, quando comparada à amostra da AT.

Esse dado evidencia a importância da realização dessa análise, pois a utilização da amostra coletada na BT resultará em maior quantidade de resíduo, o que pode impactar no tratamento termoquímico dessa amostra. Desta forma, possivelmente a eficiência do processo será mais baixo, quando comparado a amostra da AT, e a quantidade de resíduos que precisarão de tratamento após o processo será maior. Além disso, nota-se que a partir da temperatura de aproximadamente 500 °C já houve a degradação de praticamente toda a amostra, e que o resíduo permanece quase inalterado até o fim do processo de degradação.

Figura 1. Análise termogravimétrica (TG) e termogravimétrica derivada (DTG) dos resíduos coletados na baixa e alta temporada: A) TG fração combustível; B) DTG fração combustível; C) TG RSU; e D) DTG RSU.



Semelhante ao que ocorreu na amostra da FC da BT, a amostra do *mix* da BT também apresentou uma maior quantidade de resíduo (26,1%) ao final do processo quando comparada a amostra de *mix* da AT (7,4%), conforme visto na Figura 1C. Como já mencionado anteriormente, apesar da composição gravimétrica ser semelhante, Tabela 1, possivelmente as características específicas de cada fração (plásticos, tecidos, papeis, matéria orgânica) geradas na BT e AT sejam diferentes. Esse dado, possivelmente seja importante para aplicação desses resíduos em processos termoquímicos, visto que é um indicativo de que haverá a formação de cinzas nesses processos. Somado a isso, também se observa que a partir da temperatura de aproximadamente 500 °C quase toda a amostra da BT e AT já haviam sido degradadas e que mantinham peso praticamente constante até o fim do processo.

Na Figura 1D podem ser vistos os picos de degradação das amostras de *mix* de RSU da BT e AT. O processo de degradação do *mix* coletado na BT iniciou em 126 °C, com o primeiro pico de degradação na temperatura de 217 °C, seguido de um segundo pico a 339 °C e um terceiro em 487 °C. No processo de degradação do *mix* da AT o primeiro pico de ocorreu em temperatura mais elevada de 336 °C, e na sequência, foi detectado um pico em 430 °C e, por fim, um terceiro pico em 495 °C. As diferenças relatadas possivelmente são provenientes da heterogeneidade característica desse tipo de resíduo.

Os resultados de degradação térmica através da TGA evidenciaram que as amostras de *mix* e da FC apresentam comportamento térmico semelhante, onde praticamente toda a

amostra é degradada até 500 °C. Sendo assim, os testes sugerem que esses resíduos podem ser aplicados em processos termoquímicos que operem com temperaturas superiores a 500 °C, especialmente no processo de pirólise, em virtude da ausência de O₂ na análise. Entretanto, o teor de resíduos é mais importante nas amostras BT comparadas às AT, isso implica que na aplicação dessa amostra em um processo termoquímico haverá a formação de uma maior quantidade de cinzas.

Após a caracterização das frações de *mix* e FC, foi realizada a caracterização da FO, visando a aplicação em processos bioquímicos, conforme visto na Tabela 3.

Tabela 3. Caracterização inicial da fração orgânica dos resíduos da cidade de Xangri-lá.

Parâmetro	FO BT ± DP¹	FO AT ± DP¹
pH (23,5°C)	5,58 ± 0,05	4,94 ± 0,14
Sólidos totais (%)	44,83 ± 3,68	32,08 ± 0,82
Sólidos voláteis (%) ³	87,40 ± 2,63	88,37 ± 1,01
C (%) ²	44,10 ± 0,68	43,42 ± 2,03
H (%) ²	6,83 ± 0,22	6,86 ± 0,09
N (%) ²	1,59 ± 0,53	1,30 ± 0,08
COT (%) ²	41,52 ± 1,25	41,99 ± 1,68
C/N (%) ²	27,78	33,48

¹ Desvio padrão; ² Base seca; ³ Em relação aos sólidos totais.

A FO da BT e AT apresentaram pH um pouco ácido, em torno de 5. Para aplicação em processos bioquímicos o pH deve estar próximo da neutralidade, visto que pH abaixo de 6,2 é considerado inadequado e inibitório em processos de digestão anaeróbia (JIANG et al., 2010; WEILAND, 2010). Esse resultado não impede a utilização dessas frações em processos bioquímicos, pois o pH do meio pode ser corrido antes e durante os processos. A correção/manutenção do pH pode ser alcançada através da adição de sais alcalinos ou através da co-digestão da FO com outros tipos de resíduos que apresentem características complementares (PANIGRAHI; DUBEY, 2019).

Comparando as FO da BT e AT nota-se que a amostra da BT apresentou uma maior concentração de ST (44,83%) do que a amostra da AT (32,08%). O teor de ST está relacionado ao teor de umidade dos resíduos e pode ser influenciado por fatores como: a localização geográfica, método de classificação e categorização dos resíduos, estação do ano em que a amostra foi coletada e analisada (RUDRA; TESFAGABER, 2019). Sendo assim, no caso das amostras em questão, a única variável possivelmente envolvida seja a época do ano em que os resíduos foram coletados. Evidenciando a influência da estação do ano na característica dos resíduos. Além do mais, como já mencionado anteriormente, a cidade de Xangri-lá está localizada numa região litorânea e apresenta um crescimento populacional nos meses de alta temporada. Desta forma, os diferentes hábitos de consumo entre a população residente e a população flutuante podem também terem influenciados no conteúdo de ST das amostras.

O teor de SV encontrado foi semelhante (~88%) entre as amostras da BT e AT. Esse parâmetro, de forma genérica, representa a porção orgânica dos resíduos que podem ser digeridas (BERNAT et al., 2019; DHAR et al., 2016). Desta forma, os resultados sugerem que as FO coletadas na BT e AT apresentam taxa de biodegradabilidade semelhantes. A concentração de COT (~41%) também foi semelhante entre as amostras de FO da BT e AT. Assim como os SV, a concentração de COT representa o conteúdo orgânico presente na matéria-prima e que, conseqüentemente, está disponível para ação dos micro-organismos. Esse parâmetro é frequentemente utilizado em processos de digestão anaeróbia como um indicador do rendimento do processo, através da comparação da entrada e saída do sistema (LI et al., 2017). Esses resultados corroboram com os resultados encontrados de SV, que sugerem taxas de biodegradação semelhantes entre as amostras analisadas.

Outro fator relevante em processos de digestão anaeróbia consiste na razão C/N, visto que o carbono é a fonte de energia para os micro-organismos, enquanto o nitrogênio desempenha um papel importante no aumento da população microbiana (BERNAT et al., 2019; PANIGRAHI; DUBEY, 2019). Desta forma, o processo metabólico dos microrganismos envolvidos demanda uma proporção adequada de C/N, o que torna o processo de digestão anaeróbia sensível a esse parâmetro (PANIGRAHI; DUBEY, 2019). Razões de C/N muito altas podem promover o esgotamento do nitrogênio disponível para os microrganismos, o que ocasiona uma redução na quantidade de biogás produzida, bem como acúmulo de ácidos graxos voláteis, o que também perturba o processo de DA.

Por outro lado, razões muito baixas também não são apropriadas, visto que nesse caso o nitrogênio será liberado na forma de amônia, aumentando o pH, que pode interromper o equilíbrio do nitrogênio e ser tóxico aos micro-organismos (BERNAT et al., 2019). Nesse contexto, normalmente, para aplicação em processos de digestão anaeróbia o resíduo é considerado adequado quando a razão C/N está entre 20:1 e 30:1 (BERNAT et al., 2019; PANIGRAHI; DUBEY, 2019). No caso das FO dos RSU da cidade de Xangri-lá, nota-se que a FO da BT, apresenta valores de C/N dentro da faixa relatado como ótima (27,78%) e que a FO da AT apresenta valores um pouco acima dos mencionados (33,48%). Desta forma, esses resultados sugerem que a FO da BT possivelmente terá um melhor desempenho em processos de digestão anaeróbia quando comparada a FO da AT.

Tipicamente, as FO de RSU são caracterizadas por apresentarem altas concentrações de ST (30-50%) e de SV (na faixa de 90%), pH entre 4 e 6, composição de carbono próximo de 40%, concentração de nitrogênio entre 1,5 e 3,8% e de H entre 5 e 7% (CAPELA et al., 2008; PANIGRAHI; DUBEY, 2019; TYAGI et al., 2018). As características descritas corroboram com as características detalhadas anteriormente para as FO da BT e AT dos resíduos de Xangri-lá (CAPELA et al., 2008; PANIGRAHI; DUBEY, 2019; TYAGI et al., 2018). Adicionalmente, estudos relatam que resíduos com características semelhantes estão sendo utilizados em processos de digestão anaeróbia, o que sugere que as FO de Xangri-lá apresentam potencial para tal (BEEVI; MADHU; SAHOO, 2015; RUBIA et al., 2018).

5. CONCLUSÕES

De um modo geral, os RSUs são bastante heterogêneos e suas características variam entre países e, até mesmo, cidades próximas, o que impossibilita a generalização das características desses resíduos. Estudos de caracterização de RSU, de uma determinada cidade, são de fundamental importância para avaliar com mais precisão quais são as alternativas de gerenciamento mais adequadas para a região. Esse estudo permitiu caracterizar os RSU da cidade de Xangri-lá bem como a FC e a FO e identificar o possível potencial de aplicação desses resíduos em processos de WTE.

Os resultados do PCS sugerem que as amostras de resíduos de Xangri-lá apresentam potencial para serem aplicados em processos termoquímicos, especialmente a FC e o *mix* (seco). Os resultados são compatíveis aos relatados para aplicação nesses tipos de processos. Os testes de degradação térmica dos resíduos simularam as condições de um processo de pirólise e evidenciam que tanto o *mix* quanto a FC apresentam potencial para serem aplicados nesse tipo de processo termoquímico. Além disso, sugerem que melhores eficiências do processo serão obtidas em temperaturas superiores a 500 °C. Por outro lado, os resultados da caracterização da FO mostram características típicas de resíduos utilizados em processos de digestão anaeróbia.

Sendo assim, a partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que os RSU de Xangri-lá apresentam potencial para serem aproveitados em processos de WTE. A utilização desses processos para tratar os RSU de Xangri-lá fará com que os resíduos, que hoje, são destinados ao aterro sanitário, sejam empregados como matéria-prima para produção de energia. Os resultados obtidos nesse trabalho consistem em resultados preliminares e estudos mais aprofundados precisam ser realizados até a aplicação em escala real. Mas destaca-se que a caracterização inicial dos resíduos é o primeiro passo em busca da utilização de tecnologias mais eficientes e adequadas para tratar RSU.

REFERÊNCIAS

ABDEL-SHAFY, H. I.; MANSOUR, M. S. M. Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. **Egyptian Journal of Petroleum**, v. 27, p. 1275–1290, December 2018.

ABNT. **Amostragem de resíduos sólidos**. p. 25, 2004.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. Abrelpe, São Paulo/SP. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>>. Acesso em: 29 abril 2021.

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th Ed. Washington DC: 1998.

ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. I.; GUEDES, F. L.; SANTOS JÚNIOR, J. I. 1.1 Pilares da Indústria 4.0 na gestão de resíduos sólidos: Análise por meio de estudo bibliométrico. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. (Org.). **Resíduos Sólidos: Gestão e tecnologia**. 1^a ed. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021, p. 31-50.

BEEVI, B. S.; MADHU, G.; SAHOO, D. K. Performance and kinetic study of semi-dry thermophilic anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste. **Waste Management**, v. 36, p. 93–97, February 2015.

BERNAT, K.; CYDZIK-KWIATKOWSKA, A.; ZIELIŃSKA, M.; WOJNOWSKA-BARYŁA, I.; WERSOCKA, J. Valorisation of the selectively collected organic fractions of municipal solid waste in anaerobic digestion. **Biochemical Engineering Journal**, v. 148, p. 87–96, August 2019.

BEYENE, H. D.; WERKNEH, A. A.; AMBAYE, T. G. Current updates on waste to energy (WtE) technologies: a review. **Renewable Energy Focus**, v. 24, p. 1–11, March 2018.

BROWN, R. C.; BROWN, T. R. **Biorenewable Resources: Engineering New Products from Agriculture**. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons Inc., 2014.

CAPELA, I.; RODRIGUES, A.; SILVA, F.; NADAIS, H.; ARROJA, L. Impact of industrial sludge and cattle manure on anaerobic digestion of the OFMSW under mesophilic conditions. **Biomass and Bioenergy**, v. 32, n. 3, p. 245–251, March 2008.

CHHABRA, V.; BHATTACHARYA, S.; SHASTRI, Y. Pyrolysis of mixed municipal solid waste: Characterisation, interaction effect and kinetic modelling using the thermogravimetric approach. **Waste Management**, v. 90, p. 152–167, May 2019.

CZAJCZYŃSKA, D.; ANGUILANO, L.; GHAZAL, H.; KRZYŻYŃSKA, R.; REYNOLDS, A. J.; SPENCER, N.; JOUHARA, H. Potential of pyrolysis processes in the waste management sector. **Thermal Science and Engineering Progress**, v. 3, p. 171–197, September 2017.

DHAR, H.; KUMAR, P.; KUMAR, S.; MUKHERJEE, S.; VAIDYA, A. N. Effect of organic loading rate during anaerobic digestion of municipal solid waste. **Bioresource Technology**, v. 217, p. 56–61, October 2016.

DHAR, H.; KUMAR, S.; KUMAR, R. A review on organic waste to energy systems in India. **Bioresource Technology**, v. 245, p. 1229–1237, December 2017.

EU – European Union. DIRECTIVA 2008/98/CE. **Jornal Oficial da União Europeia**, L 312, 19 nov. 2008.

FERREIRA, J. B. Estudo do potencial de aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos da região de sorocaba no coprocessamento da industria de cimento. **Anais... 17 ° Congresso Nacional de Iniciação Científica**. São Paulo, 24 e 25 nov, 2017.

FLECK, E.; REICHERT, G. A.; RODRIGUES, A. B.; FERNANDES, I. D. Estimativa Da Composição Elementar Do Resíduo Sólido Domiciliar De Porto Alegre, RS. **Anais... 28° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, 4 a 8 de out, 2015.

FREITAS, G. P.; ATHAYDE JÚNIOR, G. B. 2.3 Caracterização de resíduos de supermercado para fins de proposição de tratamento e disposição adequados da fração orgânica. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. (Org.). **Resíduos Sólidos: Gestão e tecnologia**. 1^a ed. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021, p. 219-232.

FREITAS, G. P.; SÁ, A. C. N.; FARTO, C. D.; SILVA, K. A. 4.5 Produção de biogás a partir da fração orgânica de resíduos sólidos; viabilidade técnica e ambiental. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. (Org.). **Resíduos Sólidos: Gestão e tecnologia**. 1^a ed. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021, p. 521-533.

GOMES, S.; WEIRICH NETO, P. H.; SILVA, D. A. D.; ANTUNES, S. R. M.; ROCHA, C. H. Potencial energético de resíduos sólidos domiciliares do município de Ponta Grossa, Paraná,

Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 1197–1202, November/December 2017.

GUEDES, F. L.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, M. F. S. 2.4 Relação entre aterro sanitário e risco aviário; estudo de caso no aeroporto internacional do Recife – PE. In: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade** - 1. ed. Recife: EDUFRPE/Gampe, 2020, p. 123-132.

GUEDES, F. L.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; TAVARES, C. M.; ARAÚJO, J. A. R. 5.6 O uso de sistema de informações para diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos no Brasil. In: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. (Org.). **Resíduos sólidos: Educação e meio ambiente** - 1. ed. Recife: EDUFRPE/Gampe/UFRPE, 2021, p. 621-633.

HLA, S. S.; ROBERTS, D. Characterisation of chemical composition and energy content of green waste and municipal solid waste from Greater Brisbane, Australia. **Waste Management**, v. 41, p. 12–19, July 2015.

IBGE. **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 28 jun. 2021.

ISLAM, K. M. N. Municipal solid waste to energy generation: An approach for enhancing climate co-benefits in the urban areas of Bangladesh. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 2472–2486, January 2018.

JIANG, J.; DU, X.; NG, S.; ZHANG, C. Comparison of atmospheric pressure effects on the anaerobic digestion of municipal solid waste. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 16, p. 6361–6367, August 2010.

KUMAR, A.; SAMADDER, S. R. A review on technological options of waste to energy for effective management of municipal solid waste. **Waste Management**, v. 69, p. 407–422, November 2017.

LEME, M. M. V.; ROCHA, M. H.; LORA, E. E. S.; VENTURINI, O. J.; LOPES, B. M.; FERREIRA, C. H. Techno-economic analysis and environmental impact assessment of energy recovery from Municipal Solid Waste (MSW) in Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 87, p. 8–20, June 2014.

LI, C.; NGES, I. A.; LU, W.; WANG, H. Assessment of the degradation efficiency of full-scale biogas plants: A comparative study of degradation indicators. **Bioresource Technology**, v. 244, p. 304–312, November 2017.

LIMA, R. C.; EL-DEIR, S. G. 5.10 Análise do gerenciamento de resíduos sólidos no município de Vitória de Santo Antão – PE. In: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. (Org.). **Resíduos sólidos: Educação e meio ambiente** - 1. ed. Recife: EDUFRPE/Gampe/UFRPE, 2021, p. 677-692.

LOPES, E. B.; RUIZ, T. C. D.; ANJOS, F. A. A ocupação urbana no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil, e suas implicações no turismo de segunda residência. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 10, n. 2, p. 426–441, May/August 2018.

MA, J.; FREAR, C.; WANG, Z. W.; YU, L.; ZHAO, Q.; LI, X.; CHEN, S. A simple methodology for rate-limiting step determination for anaerobic digestion of complex substrates and effect of microbial community ratio. **Bioresource Technology**, v. 134, p. 391–395, April 2013.

MARCUCCI, J. C.; BORGES, A. C. G. 1.3 Gestão de resíduos sólidos urbanos: BNDES viabilizador das tecnologias da indústria 4.0. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR,

- S. G.; MENEZES, N. S. (Org.). **Resíduos Sólidos: Gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021, p. 68-83.
- MATSAKAS, L.; GAO, Q.; JANSSON, S.; ROVA, U.; CHRISTAKOPOULOS, P. Green conversion of municipal solid wastes into fuels and chemicals. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 26, p. 69–83, March 2017.
- MENDES, P; SANTOS, A. C.; NUNES, L. M.; TEIXEIRA, M. R. Evaluating municipal solid waste management performance in regions with strong seasonal variability. **Ecological Indicators**, v. 30, p. 170–177, July 2013.
- OLIVEIRA, L. S.; CRUZ, G. 4.2 Avaliação dos resíduos dos frutos de açaí *euterpe oleracea* para geração de bioenergia por meio de processos termoquímicos. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. (Org.). **Resíduos Sólidos: Gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021, p. 474-490.
- PANIGRAHI, S.; DUBEY, B. K. A critical review on operating parameters and strategies to improve the biogas yield from anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste. **Renewable Energy**, v. 143, p. 779–797, December 2019.
- RAMOS, A.; MONTEIRO, E.; SILVA, V.; ROUBOA, A. Co-gasification and recent developments on waste-to-energy conversion: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 380–398, 2018.
- RAND, T.; HAUKOHL, J.; MARXEN, U. **Municipal Solid Waste incineration**. Washington DC: World Bank, 2000.
- ROKNI, M. Design and analysis of a waste gasification energy system with solid oxide fuel cells and absorption chillers. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 43, n. 11, p. 5922–5938, March 2018.
- RUBIA, M. A. D. LA; VILLAMIL, J. A.; RODRIGUEZ, J. J.; BORJA, R.; MOHEDANO, A. F. Mesophilic anaerobic co-digestion of the organic fraction of municipal solid waste with the liquid fraction from hydrothermal carbonization of sewage sludge. **Waste Management**, v. 76, p. 315–322, June 2018.
- RUDRA, S.; TEFAGABER, Y. K. Future district heating plant integrated with municipal solid waste (MSW) gasification for hydrogen production. **Energy**, v. 180, p. 881–892, August 2019.
- SANLISOY, A.; CARPINLIOGLU, M. O. A review on plasma gasification for solid waste disposal. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 42, p. 1361–1365, January 2017.
- SANTOS JÚNIOR, E.; SANTOS, P. R. A.; SILVA, A. L. T.; COELHO JUNIOR, L. M. 6.2 Concentração da oferta brasileira de eletricidade a partir dos resíduos animais e urbanos. In: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade** - 1. ed. Recife: EDUFRPE/Gampe, 2020, p. 341-354.
- SANTOS, M. E. M.; SANTOS, K. F. S.; ALVES, L. S. A. 2.10 Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos no município de Santa Luzia do Tide/MA. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. (Org.). **Resíduos Sólidos: Gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021, p. 322-338.
- SANTOS, M. C.; LIMA, T. P.; BORGES, A. C. G. 1.2 Indústria 4.0 na gestão integrada e gerenciamento de resíduos sólidos no município de São Carlos/SP. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. (Org.). **Resíduos Sólidos: Gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021, p. 51-67.

SERAFIM, E. M. P.; SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, M. B. M. 5.7 Aplicabilidade da lei 12.305/2010 na gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios da região metropolitana do Recife-PE. In: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. (Org.). **Resíduos sólidos: Educação e meio ambiente** - 1. ed. Recife: EDUFRPE/Gampe/UFRPE, 2021, p. 634-648.

SOMORIN, T. O.; ADESOLA, S.; KOLAWOLE, A. State-Level assessment of the waste-to-energy potential (via incineration) of municipal solid wastes in Nigeria. **Journal of Cleaner Production**, v. 164, p. 804–815, October 2017.

TANIGAWA, S. **Biogas: Converting Waste to Energy**. Disponível em: <<http://www.eesi.org/papers/view/fact-sheet-biogasconverting-waste-to-energy>>. Acesso em: 9 mai. 2018.

TYAGI, V. K.; FDEZ-GÜELFO, L. A.; ZHOU, Y.; ÁLVAREZ-GALLEGO, C. J.; GARCIA, L. R.; NG, W. J. Anaerobic co-digestion of organic fraction of municipal solid waste (OFMSW): Progress and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 93, p. 380–399, October 2018.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. **Method 9045D: Soil and waste pH**. 2004.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. **Municipal solid waste in the United States: 2009 facts and figures**. 2009.

WEILAND, P. Biogas production: current state and perspectives. **Appl Microbiol Biotechnol**, v. 85, p. 849–860, September 2010.

WILLIAMS, P. T. **Waste Treatment and Disposal**. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2005.

XU, P.; JIN, Y.; CHENG, Y. Thermodynamic Analysis of the Gasification of Municipal Solid Waste. **Engineering**, v. 3, p. 416–422, June 2017.

ZUANAZZI, P. T.; BARTELS, M. **Estimativas para a população flutuante do Litoral Norte do RS**. Porto Alegre: FEE, 2016.

2.5 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES FACE À PANDEMIA DO COVID-19

FALCÃO, Matheus Gomes
UFRPE
matheusgomesfalcao@gmail.com

SILVA, Ana Beatriz Souza da
UFRPE
anabeatrizeaa16@gmail.com

LIMA, Iara Lícia Pereira
Gampe/UFRPE, PPEAMB/UFRPE
iaraliciapl@gmail.com

RESUMO

Com o início da pandemia muitas mudanças ocorreram na sociedade, sendo a mais marcante a realocação do espaço de trabalho da maioria das pessoas para as respectivas casas, chamado de *home-office*. Tal situação fez com que a quantidade de resíduos domésticos tivesse um avanço em quantidade e gravimetria. Sabe-se que os produtos industrializados são, cada vez mais, frequentes nas prateleiras do brasileiro e que estes, em grande maioria, são protegidos em embalagens plásticas e/ou papelão que servem como embalagem primária, secundária ou até mesmo terciária. Com a maior concentração de pessoas nas residências, tornou-se evidente que o volume de resíduos em condomínios residenciais apresentou aumento durante a pandemia do Covid-19. Neste sentido, o objetivo do trabalho consistiu em realizar uma análise sobre a geração de resíduos sólidos em residências durante a pandemia, buscando compreender a realidade ali presente, assim como eventuais processos de gestão, além dos reflexos na sociedade de forma geral. Foi possível observar que o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos, incluindo os domiciliares, foi agravado durante a pandemia do Covid-19. Além disso, a reciclagem no país esteve comprometida durante o período de isolamento social rígido. Tendo em vista que a pandemia do Covid-19 é um assunto recente e que a problemática dos resíduos sólidos no país vem se agravando, faz-se necessário estudos mais aprofundados acerca do tema.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de resíduos, Pandemia do coronavírus, Saúde pública.

1. INTRODUÇÃO

Desde o início da pandemia em 11 de março de 2020, declarada em ordem mundial pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 2020), o mundo vive uma nova realidade em todos os aspectos da vida e relações humanas, obrigando a sociedade a adaptar-se a um novo estilo de vida mundial, sendo refletido em todos os âmbitos da rotina dos indivíduos, destacando o isolamento social como a principal marca dessa realidade (FOGAÇA; AROSSI; HIRDES, 2021).

O novo coronavírus desencadeou problemas para os governantes, com as redes de saúde pública e privada colapsadas e a taxa de contaminação em uma curva extremamente crescente, o isolamento social se mostrou a forma mais eficaz de conter essa contaminação em massa por parte da população, seja ele o vertical ou horizontal (SCHUCHMANN et al., 2020).

O vírus pode ser transmitido de diversas formas, desde tosses, espirros, outras formas de contato humano até através de superfícies ou objetos que estejam contaminados com o mesmo, se fazendo necessário, para além do distanciamento social, a higienização de superfícies (SEQUINEL et al., 2020). Através dessas informações notou-se a importância dos cuidados acerca dos resíduos sólidos, visto que, estes podem ser vetores de transmissão deste vírus e também de outros patógenos (ARAÚJO; SILVA, 2020). O novo coronavírus pode permanecer em superfícies inanimadas por até nove dias, a depender do tipo de material do objeto/resíduo, variando entre metais, vidro, plástico e madeira, por exemplo (KAMPF et al., 2020).

Com o aumento da permanência das pessoas nas residências, devido ao isolamento social, a produção de resíduos sólidos domésticos vem aumentando, antes algumas pessoas que comiam no trabalho ou em restaurantes, por exemplo, precisaram realizar tal atividade em suas respectivas residências (MALTA et al., 2020).

Frente a estas questões, a presente pesquisa tem por objetivo estudar a atual situação da geração de resíduos sólidos domiciliares face à pandemia da Covid-19, considerando o seu potencial de risco à contaminação e disseminação da doença. É válido salientar que para este estudo adotou-se como método científico o levantamento bibliográfico e documental.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Legislação pertinente

A Constituição Federal (BRASIL, 1988, Art. 23) destaca que é de competência da União, Estados, Distrito Federal e Municípios realizar a proteção ambiental e promover o combate a todos os tipos de poluição do país.

Frente a estas discussões acerca da poluição no Brasil, a Lei nº 6.938 (BRASIL, 1981), regulamentada pelo Decreto nº 99.274 (BRASIL, 1990), que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), ressalta que as atividades poluidoras são todas aquelas que conferem degradação da qualidade ambiental de forma direta ou indireta e que configuram riscos à sociedade civil, impactos negativos ao ambiente natural, às atividades sociais e econômicas. Ainda tratando-se da mesma legislação, esta destaca os serviços de utilidade pública como atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos naturais, onde, a questão dos resíduos sólidos urbanos está inserida.

A Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010a), regulamentada pelo Decreto nº 7.404 (BRASIL, 2010b) que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), divide os resíduos sólidos urbanos (RSU) entre resíduos sólidos domiciliares e os de limpeza urbana. Para fins deste estudo, o conceito de resíduos sólidos domiciliares são os originários de atividades domésticas de residências urbanas (BRASIL, 2010a). De acordo com a norma brasileira da Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 1004 (ABNT, 2004), que realiza a classificação dos resíduos sólidos, determina que os resíduos sólidos domiciliares se classificam como do Tipo Classe II - não perigosos em virtude da sua composição ser, em sua maioria, rejeitos orgânicos (restos de alimentos), papel, papelão, plástico e outros tipos de embalagens consideradas de materiais não perigosos.

De acordo com a Lei nº 14.026 (BRASIL, 2020), que dispõe acerca das questões do novo marco legal do saneamento ou conhecida como a lei de saneamento básico, os processos de gestão associada, universalização e controle social (informações à sociedade) fazem parte da implementação do saneamento básico acessível à toda a sociedade, destacando-se o manejo, transporte, transbordo, tratamento e destinação dos resíduos sólidos domiciliares como parte desta prática.

Para que a legislação ambiental brasileira seja praticada no país, há a Lei nº 9.605 (BRASIL, 1998), que dispõe sobre sanções penais e administrativas acerca de crimes praticados contra o meio ambiente. No que se refere aos crimes relacionados à poluição, enfatizando os resíduos sólidos, ressalta-se como crime ambiental o lançamento destes materiais em desacordo com as exigências previstas na legislação vigente, sendo assim, havendo punições nas esferas penal, civil e administrativa (BRASIL, 1998).

2.2. Resíduos sólidos domiciliares

Os resíduos sólidos domiciliares estão classificados como Classe II visto que são os restos sólidos ou semissólidos de atividade humana ou não, onde, não são considerados como perigosos e em grande maioria são passíveis de reciclagem, portanto o gerenciamento adequado de resíduos sólidos continua sendo um dos pilares para uma sociedade e mundo mais sustentável (DE OLIVEIRA SILVA; TAGLIAFERRO; DE OLIVEIRA, 2021).

Sendo assim as consequências de uma gestão adequada de destinação final dos resíduos sólidos domiciliares se torna pertinente, visto que influi direta e indiretamente na sociedade atual já que é reflexo direto do estilo de vida da mesma, além de ser muitas vezes a principal fonte de renda de grupos de trabalhadores, normalmente os catadores de materiais recicláveis (AGUIAR; PESSOA; EL-DEIR, 2019).

A destinação final dos resíduos sólidos é relevante quando se trata de sustentabilidade e saneamento básico, porém ainda é muito comum no Brasil que os resíduos sejam tratados como rejeitos e tenham uma disposição final ambientalmente inadequada, mesmo os aterros sanitários sendo os mais adequados ecologicamente (RAMOS; SANTOS; DE OLIVEIRA, 2020). Os vazadouros a céu aberto normalmente tendem a ficar próximo de comunidades que rotineiramente se mostram insatisfeitas com a situação do entorno do depósito à céu aberto mas que acabam entrando em atrito com os catadores de resíduos que dependem exclusivamente dessa renda para o sustento de suas famílias, tornando o processo do descarte ideal dos resíduos sólidos domiciliares muito mais complexo do que se imagina (PINHEIRO et al., 2019).

A coleta seletiva, quando realizada nas condições ideais, é imprescindível para o gerenciamento dos resíduos sólidos pois é um instrumento que contribui para com a sustentabilidade ambiental, social e econômica, além de promover uma economia quando

se trata de reuso de materiais além do importante papel educativo e geração de renda para toda comunidade de catadores, porém o sistema de coleta seletiva e gestão de resíduos não só em condomínios bem como na sociedade por completo se encontra num modelo ultrapassado e insustentável (BESEN et al., 2017).

2.3. Resíduos sólidos e Covid-19: Saúde e Meio Ambiente

A industrialização, revolução tecnológica e o desenvolvimento econômico aliados ao processo de urbanização e crescimento populacional, juntamente com as alterações no estilo de vida e nos modos de produção em massa de produtos descartáveis, são considerados os principais condicionantes do aumento de consumo e, conseqüentemente, crescimento do volume de resíduos gerados, principalmente nos grandes centros urbanos (SILVA et. al, 2020). Além da problemática relacionada com a quantidade gerada, os resíduos passaram a obter em sua composição substâncias perigosas aos ecossistemas e à saúde humana, podendo causar danos ainda maiores quando descartados de forma inadequada (SCHMENGLER, 2019).

Ferreira e Anjos (2001) ressaltam os principais agentes físicos, químicos e biológicos causadores de efeitos adversos na saúde humana e no meio ambiente como odor, ruídos, poeira, ferimentos/cortes causados por objetos perfurantes/cortantes, presença de microrganismos patogênicos, proliferação de vetores e presença de metais pesados.

Com a pandemia da COVID-19, houve uma alteração ainda mais acentuada nos resíduos gerados, tanto no aspecto quantitativo quanto qualitativo. A necessidade da utilização de máscaras, luvas, equipamentos de proteção individual, respiradores, seringas e etc, adicionaram uma carga volumosa aos sistemas de gerenciamento de resíduos (TRIPATHI et al., 2020). Para evitar a transmissão do vírus e manter as normas de segurança, o uso do plástico descartável cresceu de forma exagerada, e esse material quando utilizado pode ser contaminado por patógenos e deve possuir um tratamento adequado a fim de se evitar a disseminação de doenças (KLEMEŁ et al., 2020).

As restrições adotadas, como bloqueios de viagens, trabalho em casa, fechamento de estabelecimentos públicos, como restaurantes e parques, causou mudanças psicológicas que levaram ao aumento do desejo por compras online, consumo de alimentos e de adquirir outros bens domésticos que contribuíram para o aumento dos resíduos domésticos, agravando ainda mais os desafios enfrentados com a disposição adequada dos mesmos (TRIPATHI et al., 2020).

O manejo inadequado destes resíduos pode ser um agravante para a propagação do vírus, pois quando o resíduo contaminado entra em contato com outros resíduos sólidos, há o aumento do risco de transmissão viral (GANGULY; CHAKRABORTY, 2021). Exposto isso, a educação ambiental referente ao descarte adequado, bem como o treinamento dos trabalhadores que coletam e lidam diretamente com os resíduos sólidos, é mais uma das estratégias para se delinear de forma eficaz a coleta, triagem e destinação adequada, para que estejam em conformidade com as premissas política, ambiental e social do órgão ou plano que o administra.

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa consistiu em levantamento bibliográfico e documental. O levantamento bibliográfico ou a pesquisa bibliográfica consiste na utilização de materiais acadêmicos já existentes, possibilitando assim, a aproximação e compreensão acerca da temática, dos avanços científicos e aspectos já abordados (GIL, 2008). Para a realização

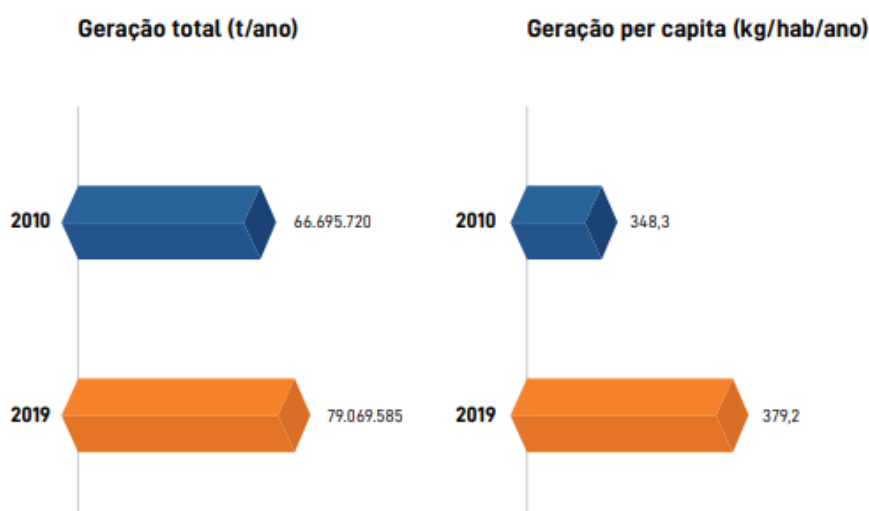
da coleta dos artigos científicos que serviram de base para o trabalho, utilizou-se as bases de dados científicas *Science Direct* e *Google Scholar*, onde, o acesso por estas deu-se através do site dos Periódicos da Capes e do site oficial do Google Acadêmico, respectivamente.

O levantamento documental difere do levantamento bibliográfico em virtude das fontes de pesquisa desses materiais, onde, no levantamento documental as fontes de pesquisa passaram por um processo analítico (GIL, 2008). Para esta etapa do estudo, foram consideradas buscas em *sites* oficiais de entidades federais, legislação ambiental pertinente, normas técnicas e outros documentos relevantes ao tema.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020) os resíduos sólidos urbanos (RSU), os quais estão inclusos os resíduos sólidos domiciliares, tiveram a sua geração aumentada em relação ao ano anterior em virtude de resíduos relacionados à algumas atividades estarem vinculados, atualmente, às atividades em condição de *home office*. Além disso, o panorama dos resíduos sólidos urbanos no Brasil mostrou que em 2019 a média de geração per capita, em quilogramas ao ano foi de 379,2 kg/hab/ano (Figura 1), o que representa um crescimento de 19% em 10 anos.

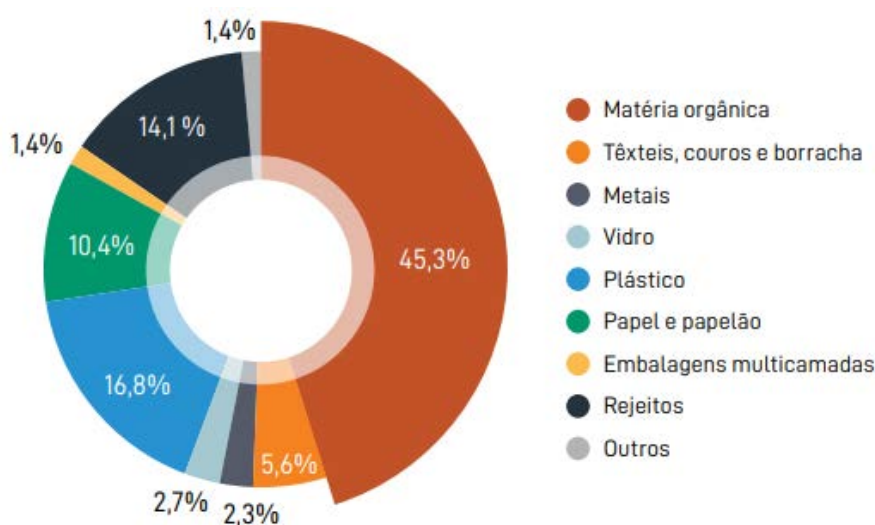
Figura 1. Geração de RSU no Brasil.



Fonte: Abrelpe (2020).

Para a Abrelpe (2020), apesar do crescimento da geração de resíduos sólidos no País, incluindo o aumento de materiais recicláveis (Figura 2), principalmente em virtude da pandemia do Covid-19 e o desenvolvimento e necessidade de compras *online*, o processo de reciclagem não se desenvolveu na mesma proporção que o aumento da geração destes resíduos recicláveis. Segundo a associação, isso deu-se em decorrência do fechamento de unidades de triagem dentro das unidades de disposição final adequadas, fazendo assim com que estes materiais passassem pelo tratamento de rejeitos ao invés de resíduos.

Figura 2. Percentual da geração de RSU no Brasil.



Fonte: Abrelpe (2020).

Frente à problemática do aumento da geração de resíduos sólidos no País, bem como, os riscos inerentes à exposição a estes materiais contaminados pelo coronavírus, resultou em medidas de higiene e segurança sanitária, visando o bem estar da população.

Durante a pandemia, diferentes medidas foram adotadas pelos países para lidar com os resíduos sólidos, enquanto a Organização Mundial da Saúde (OMS) formulou diretrizes especiais de higiene e saneamento para gerenciar os resíduos de saúde e domésticos gerados por pessoas contaminadas e que estão em quarentena (OMS, 2020). Nas orientações publicadas pela OMS, estão as recomendações quanto à gestão dos resíduos gerados em casa.

Os resíduos gerados em casa durante a quarentena, quando se trata de um familiar doente ou durante o período de recuperação, devem ser embalados em sacos pretos de plástico forte e completamente fechados, antes da sua eliminação e eventual recolha pelos serviços municipais de resíduos. Os lenços de papel ou outros usados quando se espirra ou tosse devem ser imediatamente descartados para um caixote de lixo. Depois disso, deve proceder-se à correta higienização das mãos (OMS, 2020, p. 8).

No Brasil, no que tange à questão legal e de segurança sanitária relacionada aos resíduos sólidos e a pandemia do Covid-19, a Associação Brasileira de Normas Técnicas lançou normas de combate a transmissão do coronavírus, sendo estas a ABNT PR 1006 (ABNT, 2020a), que trata do gerenciamento de resíduos domiciliares de pessoas acometidas pelo vírus e, a ABNT PR 1007 (ABNT, 2020b), que dispõe da higienização de mãos e limpeza e desinfecção de superfícies, visando conter a disseminação do vírus.

Uma adequada gestão de resíduos é fundamental, tanto no sentido pandêmico como no sentido ambiental em que vivemos e em residências, onde existem diversas famílias morando em comunidade, a geração de resíduos conseqüentemente será maior, principalmente em tempos de Covid-19 (AMARO et al., 2018). Com isso, eleva-se a responsabilidade das entidades competentes à coleta já que o descarte feito de forma inadequada pode gerar e propagar vetores e doenças transmissíveis além do Covid-19, o solo e aterros sanitários também são prejudicados diretamente com o aumento de geração

de resíduos sólidos domésticos e de modo indireto todo nosso ecossistema é influenciado pelo mesmo (DOS SANTOS et al., 2021).

Por mais que algumas residências e condomínios promovam a separação dos compartimentos de resíduos orgânicos e recicláveis rotineiramente esta separação não é feita de maneira correta, dificultando assim a eficiência da coleta seletiva do próprio residencial (LEANDRO et al., 2019). Provavelmente, falta conhecimento por parte da população sobre a importância de uma coleta seletiva eficiente e como essa separação, quando feita da forma correta, é um dos passos primordiais para tal. Por isso o tema meio ambiente e a educação para a sustentabilidade têm cada vez mais importância na formação da pessoa, quando ainda aluno em sua escola ou na vida acadêmica (SOUZA et al., 2019).

5. CONCLUSÕES

O isolamento social vinculado à pandemia do Covid-19 teve por consequência o aumento da geração de resíduos sólidos domiciliares. Isso, aliado à ausência de informação da população e da diminuição do processo de reciclagem destes materiais, o processo de manejo destes resíduos resulta em um agravamento dessa questão.

Faz-se necessário o processo de educação para a sustentabilidade junto à população e a aplicação de práticas que visam a higiene e a segurança sanitária e ambiental. Para além disso, considerando o coronavírus como um vírus novo e pouco conhecido, é imprescindível a delimitação de pesquisas mais aprofundadas acerca deste tema junto à questão dos resíduos sólidos domiciliares no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pelos financiamentos das bolsas de estudo e produtividade.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma Brasileira ABNT NBR. 1004** - Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Prática Recomendada ABNT PR 1006** - Gerenciamento dos resíduos domiciliares de pessoas com Covid-19. Rio de Janeiro: ABNT. 2020a.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Prática Recomendada ABNT PR 1007** - Higienização e antissepsia das mãos e limpeza e desinfecção de superfícies. Rio de Janeiro: ABNT. 2020b.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. Abrelpe, São Paulo/SP. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2020>> . Acesso em: 05 jul. 2021.

AGUIAR, A. C.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Modelo de gerenciamento de resíduos sólidos: proposta para melhoria contínua**. In: NUNES, I. L. S; PESSOA; L.A; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p.313-325.

AMARO, A. Y. G., SILVA, Â. M.; MUSTAFÁ, A. M. M.; COSTA, C. S.; MORTOZA, A. R.; OLIVEIRA, I. B. B. A importância de uma boa gestão de resíduos sólidos. **Facit Business and Technology Journal**, n. 1, v. 8, 2018.

ARAÚJO, E. C. D. S.; Silva, V. F. (2020). A gestão de resíduos sólidos em época de pandemia do Covid-19.

BESEN, G. R.; GÜNTHER, W. M. R.; RIBEIRO, H.; JACOBI, P. R.; DIAS, S. M. Gestão da coleta seletiva e de organizações de catadores: indicadores e índices de sustentabilidade. **São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/USP**, 2017.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 02 set. 1981.

BRASIL. Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 07 de jun. de 1990.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 13 fev. 1998.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 ago. 2010a.

BRASIL. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei no 12.305, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 dez. 2010b.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 16 jul. 2020.

DE OLIVEIRA SILVA, I.; TAGLIAFERRO, E. R.; DE OLIVEIRA, A. J. Gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares no município de Jales-SP e sua relação para com a política nacional de resíduos sólidos (PNRS). **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 11475 - 11499, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-782>.

DOS SANTOS, E. M. N.; MARQUES, R. F. D. P. V.; DA SILVA ALVIM, C.; ALCANTRA, E. Geração de resíduos sólidos e vazão de esgoto durante a pandemia de covid-19 em uma residência no sul de minas gerais. **Revista Augustus**, v. 26, n. 53, p. 11-23, 2021.

FERREIRA, João Alberto; ANJOS, Luiz Antonio dos. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Cadernos de Saúde Pública**, [S.L.], v. 17, n. 3, p. 689-696, jun. 2001. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-311x2001000300023>.

FOGAÇA, P. C.; AROSSI, G. A.; HIRDES, A. Impacto do isolamento social ocasionado pela pandemia COVID-19 sobre a saúde mental da população em geral: Uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, e52010414411, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14411>.

GANGULY, Ram Kumar; CHAKRABORTY, Susanta Kumar. Integrated approach in municipal solid waste management in COVID-19 pandemic: perspectives of a developing country like india in a global scenario. *Case Studies In Chemical And Environmental Engineering*, [S.L.], v. 3, p. 100087, jun. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100087>.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª ed. São Paulo: Editora Atlas S. A. 2008.

KLEMEL, Jiří Jaromír, et. al. Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, [S.L.], v. 127, p. 109883, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2020.109883>.

LEANDRO, M. A. D. A.; FARIA, T. T. F.; ALMEIDA, I.M. S.; DA SILVA, K. A. **Gerenciamento de resíduos sólidos em condomínio vertical: estudo de caso em Jaboatão dos Guararapes- PE**. In: DE AGUIAR, A.C; DA SILVA; K.A; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 91-104.

KAMPF, G.; TODF, D.; PFAENDER, S.; STEINMANN, E. Persistence of Coronaviruses on Inanimate Surfaces and Their Inactivation with Biocidal Agents. **Journal of Hospital Infection**, 2020, v. 104, p. 246-251. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.01.022>.

MALTA, Deborah Carvalho et al. A pandemia da COVID-19 e as mudanças no estilo de vida dos brasileiros adultos: um estudo transversal, 2020. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 29, 2020.

MUCELIN, Carlos Alberto; BELLINI, Marta. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. *Sociedade & Natureza*, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 111-124, jun. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1982-45132008000100008>.

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Coronavírus doença (COVID-19) painel de controle: última atualização: 2020/4/30. [Genebra]: OMS, 2020. Disponível em: <https://covid19.who.int/>. Acesso em: 12 ago. 2020. WORLD HEALTH ORGANIZATION.

PINHEIRO, N. C. A.; PINHEIRO, P. A.; FARIAS, M.F. L.; MOCHEL, F. R. **Percepção ambiental e conflitos sociais de moradores e catadores de Paço de Lumiar - MA**. In: DE AGUIAR, A.C; DA SILVA; K.A; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 365-380.

RAMOS, S. P.; SANTOS, S. L. S.; DE OLIVEIRA, F. A. Lei da política nacional de resíduos sólidos: análise conceitual de destinação e disposição adequadas de resíduos sólidos. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, v. 14, n. 1, p. 1-14, 2020.

SCHMENGLER, Cátia Madiana. Gestão dos resíduos eletroeletrônicos no município de Caçapava do Sul/RS. 2019. 57 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2019.

SCHUCHMANN, A. Z.; SCHNORRENBARGER, B. L.; CHIQUETTI, M. E.; GAIKI, R. S., RAIMANN, B. W.; MAEYAMA, M. A. Isolamento social vertical X Isolamento social horizontal: os dilemas sanitários e sociais no enfrentamento da pandemia de COVID-19. **Brazilian Journal of Health Review**, 3(2), p. 3556 - 3576, 2020.

SEQUINEL, R.; LENZ, G. F.; SILVA, F. J. L. B. D.; SILVA, F. R. D. Soluções à base de álcool para higienização das mãos e superfícies na prevenção da covid-19: compêndio informativo sob o ponto de vista da química envolvida. **Química Nova**, v. 43, p. 679 - 684, 2020.

SILVA, Rodrigo Cândido Passos da; COSTA, Amanda Rodrigues Santos; EL-DEIR, Soraya Giovanetti; JUCÁ, José Fernando Thomé. Setorização de rotas de coleta de resíduos sólidos domiciliares por técnicas multivariadas: estudo de caso da cidade do Recife, Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental, [S.L.], v. 25, n. 6, p. 821-832, dez. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522020200205>

SOUZA, M. J. C. P.; PINTO, I. C. M. S.; SILVA JÚNIOR, J. A.; GOMES, L. S. **Práticas de ensino por parte dos professores da educação básica; caso palmeira dos Índios - AL**. In: DE AGUIAR, A.C; DA SILVA; K.A; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p.162-173.

TRIPATHI, Abhilasha; TYAGI, Vinay Kumar; VIVEKANAND, Vivekanand; BOSE, Purnendu; SUTHAR, Surindra. Challenges, opportunities and progress in solid waste management during COVID-19 pandemic. Case Studies In Chemical And Environmental Engineering, [S.L.], v. 2, p. 100060, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100060>.

OMS (World Health Organization), 2020. Water, sanitation, hygiene, and waste management for the COVID-19 virus. <https://www.who.int/publications/i/item/watersanitation-hygiene-and-waste-management-for-the-covid-19-virus-interim-guidance> (acesso em 11 de julho, 2021).

CAPÍTULO 3. GESTÃO DE RESÍDUOS

3.1 PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS DA PECUÁRIA NO BRASIL: ASPECTOS RELACIONADOS A GESTÃO E SUSTENTABILIDADE

ALBUQUERQUE, Milla Gomes
UFRPE
engmillag@gmail.com

BATISTA, Fábio Ferreira
UFRPE
fabio19ferreira@gmail.com

ARRUDA, Valmir Cristiano Marques de
UFRPE
valmir.arruda@ufrpe.br

SANTOS, André Felipe de Melo Sales
UFRPE
andre.felipesantos@ufrpe.br

RESUMO

Os recursos ambientais vêm sendo explorados e utilizados de forma exagerada, em função das pressões pelo aumento do consumo não sustentável, impulsionados pelo modelo capitalista e uma visão imediatista da sociedade contemporânea pós revolução industrial. O setor pecuário é um dos que mais cresce devido ao aumento de demandas por alimentos. Em paralelo crescem também os impactos ambientais negativos, sobretudo quanto a geração de resíduos sólidos. O objetivo deste trabalho é apresentar uma discussão sobre a problemática dos resíduos da pecuária no Brasil, em função da sua importância estratégica para o agronegócio e impacto no produto interno bruto nacional (PIB), focando aspectos de gestão e sustentabilidade. A pesquisa consistiu numa pesquisa bibliográfica em bases eletrônicas utilizando palavras-chave e delimitadores de tempo. Do universo pesquisado de 89.000 documentos relacionados, 50 artigos foram selecionados como prioritários, sendo escolhidos os 30 mais aderentes ao tema-foco. Observou-se que existe um interesse crescente da sociedade e do setor agroindustrial pelo tema gestão ambiental e sustentabilidade em termos de geração de resíduos na pecuária. Esses estão relacionados mais a pressões de natureza econômicas e legais da sociedade, assim como aliados a necessidade de valorização de resíduos no ciclo produtivo e aumento da competitividade no setor.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos; Leis Ambientais; Poluição Ambiental.

1. INTRODUÇÃO

Antigamente a sociedade não se preocupava com os problemas ambientais, visto que a mentalidade era a da não informação sobre mudanças do meio ambiente, muito menos sobre impactos (ARAÚJO, 2017). A revolução industrial foi um divisor para a mudança do padrão de consumo, foi o momento que se iniciou o surgimento de fábricas. Este marco trouxe como consequência o aumento da geração e um acúmulo de resíduos gerados como subprodutos dos processos produtivos, com consequentes problemas de saúde pública (SANTOS; DA SILVA FILHO, 2019).

Com a evolução da percepção das consequências da forte interferência antropogênica no meio, a sociedade começou a se importar com o impacto ambiental e propor a eliminação, redução ou mitigação desses. Entretanto, o consumismo impulsionado pelo desenvolvimento tecnológico e sobretudo, pelo modelo capitalista pós revolução industrial impõe um estilo de vida desconectado da manutenção ambiental sustentável.

Manifestou-se uma urgência da conscientização pela mudança cultural diante do processo de globalização, em função das crescentes crises socioeconômicas e ambientais como uma questão crucial à sobrevivência humana (FALCÃO; MELLO, 2019), assim houve necessidade da junção entre o desenvolvimento econômico e o desenvolvimento sustentável (COSTA et al., 2020).

A preservação do meio ambiente tornou-se essencial de forma que fosse implementada a gestão ambiental nos órgãos públicos e privados, principalmente pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), sendo atentado aos benefícios ambientais e a diminuição dos impactos ambientais (SILVA et al., 2019). As medidas governamentais auxiliaram na circulação da economia e dos recursos naturais do país (MEDEIROS et al., 2020), sendo o Brasil participante ativo em grandes encontros mundiais que debatem sobre o meio ambiente e preocupação ambiental (SILVA et al., 2018).

Segundo Menez et al. (2020), o início da história da pecuária do Brasil foi fundado no Nordeste nos meados do século XVI, onde bovinos foram transportados de Cabo Verde até a capitania de São Vicente. No ano de 1550, um outro carregamento foi levado para Salvador, onde, a partir daí, houve a expansão do gado para outros estados como Maranhão, Piauí e Pernambuco. Nos primórdios, os bovinos eram soltos nos pastos, sem o cuidado sobre o manejo dos dejetos, por exemplo. O que fazia com que os dejetos fossem usados na adubagem das plantas (ZULPO; PETRY; DUTRA, 2020). Esta era uma prática bastante utilizada pelos agricultores, porém, à medida que as fertilizações químicas foram aparecendo, a adubação com dejetos foi sendo deixada de lado (MOREIRA, 2013).

No Brasil o setor da pecuária tem grande representatividade econômica, sendo um grande exportador com destaque na criação de bovinos (MENEZ et al., 2020). No ano de 2020, o PIB do setor pecuário apresentou um avanço recorde de 24,56% em relação ao agronegócio, o equivalente a R\$119 bilhões dentro do PIB brasileiro (CEPEA/ESALQ-

USP, 2021). Porém, as atividades provenientes da pecuária geram grandes volumes de resíduos por causa da grande quantidade de animais. A destinação inadequada desses resíduos pode levar a problemas como dispersão de microrganismos (coliformes totais e fecais, entre outros), poluição dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos e contaminação do solo (PASQUALINI, 2020). Segundo Pasqualini (2020), evidencia-se que os dejetos de animais provenientes da pecuária emitem o metano e que estes agravam os impactos ao efeito estufa. Os dejetos de animais representam 20% das emissões destes gases poluentes, enquanto as indústrias simbolizam 32% (KONZEN, 2005).

Mesmo com a existência de Leis nacionais que abranjam os resíduos da pecuária, ainda assim estes resíduos necessitam de mais políticas que foquem na utilização consciente e sustentável (SILVA et al., 2019; BRITO et al., 2020).

O objetivo deste trabalho é apresentar uma discussão sobre a problemática dos resíduos da pecuária no Brasil, destacando os principais aspectos relacionados a gestão e sustentabilidade que estiveram mais em foco nas últimas duas décadas.

2. METODOLOGIA

Neste trabalho foi adotado o método de revisão bibliográfica narrativa, definido por Rother (2007), que consiste na exposição do ponto de vista do autor acerca do tema-foco de forma contextualizada e crítica, baseada na base teórica levantada. Formula-se uma investigação a partir da base de dados coletada e selecionada, diante deste cenário é realizada a análise crítica sobre o tema estudado. A pesquisa utilizou bases de dados digitais usuais em pesquisas bibliográficas acadêmicas tais como: Science Direct, Portal de Periódicos CAPES/MEC e Google Scholar. Foram utilizadas palavras-chave e um intervalo de tempo de 21 anos (2000-2021) para delimitação do recorte de informações a ser avaliado.

As seguintes palavras-chave foram utilizadas: pecuária, resíduos sólidos, sustentabilidade, impactos ambientais e educação ambiental. Utilizou-se um cruzamento direto de 02 palavras-chave, sendo a escolhida como palavra principal a pecuária e a outra palavra secundária uma das demais selecionadas (educação ambiental, impactos ambientais, resíduos sólidos e sustentabilidade). Essa estratégia objetivou afunilar a pesquisa focando nas interrelações que se desejava abordar nesta discussão, para o intervalo de tempo escolhido (2000-2021). A consulta por palavra-chave foi realizada de forma sistemática utilizando os mesmos critérios para todas as bases de dados digitais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Prospecção bibliográfica

Na Tabela 1 é apresentado o resultado do cruzamento das palavras-chave principal e secundárias em termos de número de documentos encontrados na prospecção inicial nas bases pesquisadas, e selecionados segundo os critérios metodológicos apresentados como

mais aderentes para serem utilizados como referência prioritária a ser utilizados nos itens desta discussão.

Tabela 1. Número de artigos encontrados no período de 2000-2021 por palavras-chave relacionada ao tema

Termo principal	Pecuária				TOTAL
	Educação ambiental	Impactos ambientais	Resíduos sólidos	Sustentabilidade de	
Termos secundários					
Bases de dados	Número de publicações				
Google Scholar	22.000	17.600	17.300	30.100	87.000
Science Direct	3	6	3	8	20
Portal Periódicos CAPES/MEC	510	592	207	764	2.073
TOTAL (universo)	22.513	18.198	17.510	30.872	89.093
TOTAL (Selecionados como mais aderentes)	4	18	9	19	50
TOTAL (Selecionados para citação)	2	11	7	10	30

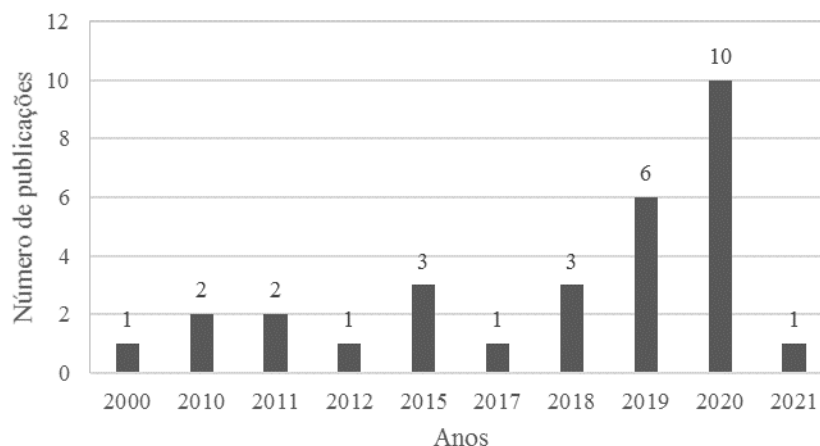
Foram encontrados mais de 89.000 documentos nas plataformas pesquisadas no período pesquisado, utilizando o cruzamento de palavras-chave simultâneas (principal/secundária). Destes foram pré-selecionados 50 artigos, dos quais foram escolhidos 30 eleitos como mais aderentes a proposta relacionados ao tema deste estudo e que foram avaliados individualmente para embasar as discussões na sequência.

Na Figura 1 é apresentada a distribuição dos 30 artigos selecionados e distribuídos ao longo do intervalo de tempo avaliado pelo trabalho. Observou-se um aumento considerável do interesse na discussão do tema pecuária associado as demais palavras-chave teve um crescimento significativo a partir do ano de 2019, podendo este estar associado a necessidades crescentes à competitividade do setor, devido ao aspectos econômicos e aos aspectos legais.

O setor da pecuária é um setor muito competitivo e grandemente influenciado por pressões externas devido também ser suscetível a necessidades crescentes de adequações as exigências do mercado internacional de importações que acabam por influenciar em melhorias ambientais para este setor. O setor também é influenciado por pressões internas, tais como da crescente percepção de que a geração de resíduos e sua destinação inadequada gera custos que impactam no custo final do produto e na consequente queda

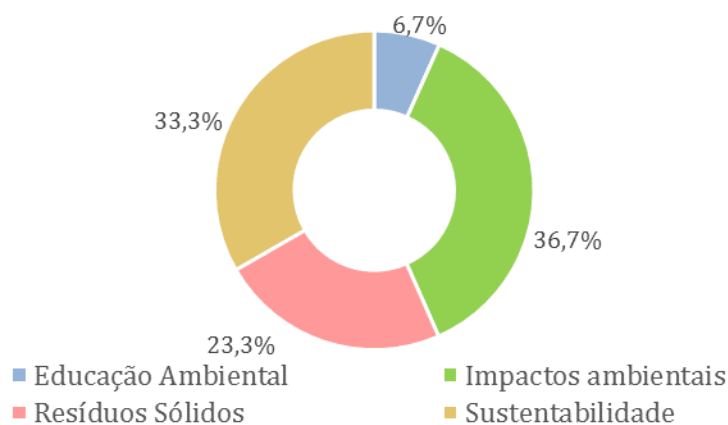
de competitividade das empresas. O aumento desse interesse tem portanto relação ao aumento dessas pressões internas e externas relacionadas a competitividade do setor.

Figura 1. Número de publicações relacionados ao tema do trabalho ao longo do período avaliado



O cruzamento das palavras-chave principal e secundário da pesquisa levaram a uma distribuição da frequência dos termos escolhidos para abordagem nas publicações selecionadas. Na Tabela 1 esses números absolutos são apresentados e na Figura 1 a percentagem relativa de cada categoria: educação ambiental (2 artigos), impactos ambientais (11 artigos), resíduos sólidos (7 artigos) e sustentabilidade (10 artigos).

Figura 2. Partição da frequência obtida dos termos escolhidos para abordagem nas publicações selecionadas



Fonte: Autores (2021)

A partir da coleta de dados, os assuntos foram separados em subgrupos com o foco para o tema da pecuária para efeito de melhor compreensão, sendo estes apresentados em sequência. Outros documentos como leis federais, normas e dados oficiais também foram agregados na discussão dos subitens e por vezes citados conjuntamente.

3.2. Pecuária e resíduos sólidos

De acordo com o INCAPER (2020), a cadeia produtiva da pecuária vem se mostrando mais expressiva na economia, porém com difícil acordo entre a preservação ambiental e

o desenvolvimento rural sustentável, que consiste no uso racional dos recursos naturais. Sendo grave a realidade do problema ambiental da pecuária no Brasil diante do número de animais contidos neste setor, outro ponto analisado é o potencial danoso que a atividade apresenta (SILVA; SILVA; SANTOS, 2020).

Os resíduos provenientes do setor da pecuária são resíduos com elevada geração e com bastante conteúdo orgânico, isto deve-se ao fato da intensificação da criação de animais e do aumento do consumo de carne animal pela sociedade. (TULLO et al., 2019). Percebeu-se que a geração dos alimentos de origem animal é pertencente a uma produção de resíduos abundantes em matéria orgânica, carbono, nitrogênio e fósforo (SHURSON, 2020). Sendo importante a reciclagem desses resíduos para a mitigação dos impactos ambientais negativos, que quando descartados incorretamente podem acarretar na contaminação do solo, das águas e do lençol freático, como em proliferação de diversas doenças (ANDREAZZI; DOS SANTOS; LAZARETTI, 2015).

De acordo com a Lei nº 12.305/2010 (Política Nacional do Meio), que prenuncia a correta destinação dos resíduos sólidos e que envolve “a coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos e rejeitos”, os resíduos agrossilvopastoris são oriundos dos serviços da agricultura, silvicultura e pecuária. Nestes estão inclusos os dejetos dos rebanhos de bovinos, galinhas, suínos e outros (BRASIL, 2010).

Apesar da legislação ambiental brasileira que trata de resíduos sólidos ser bastante ampla e robusta, quando se observa o recorte dos resíduos da pecuária não existe nenhuma legislação ambiental específica, sendo o tema tratado fragmentado em diversas legislações que também são aplicáveis no caso dos resíduos da pecuária, mas que não serão tratados especificamente nesta discussão.

O que contribuiu para a implantação do sistema de coleta, tratamento e disposição final de dejetos foi a obrigatoriedade do documento de licenciamento ambiental para tais atividades da pecuária (ZULPO; PETRY; DUTRA, 2020). Porém, nota-se a violação dos princípios de ordem constitucional, como o princípio do desenvolvimento sustentável e o do poluidor-pagador, uma vez que dificilmente os criadores de gado são atribuídos a alguma culpa devido aos eventos externos que causam ao meio ambiente (SILVA; SILVA; SANTOS, 2020).

Na Tabela 2 apresenta-se o número efetivo de rebanhos por principais tipos de animais para o ano de 2018 (IBGE, 2019). Observou-se um elevado número de animais, que vêm crescendo consideravelmente nos últimos 10 anos devido ao crescimento do agronegócio no Brasil, outro fator complementar foi a exportação de carnes, sobretudo bovinos e frangos para a China e outros países da Europa. Durante o ciclo de vida de cada espécie, os rebanhos produzem elevadas quantidades de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões de gasosas para atmosfera. Para se ter uma ideia dos quantitativos de resíduos gerados, por exemplo, na Tabela 3 são apresentados a geração *per capita* para os principais animais do rebanho brasileiro. Destaca-se que o porte do animal e o ciclo de

vida mais baixo de algumas espécies por vezes compensam a geração aparente menor de alguns grupos como das aves, entretanto o número maior de indivíduos e rápido ciclo de vida também interferem numa grande produção proporcional de resíduos.

Tabela 2. Efetivo de rebanhos, por tipo de rebanho e por região no Brasil

Brasil, Grande Região	Tipos de Animais (número de animais)									
	Bovino	Bubalino	Equino	Suíno - total	Suíno - matrizes de suínos	Caprino	Ovino	Galináceos - total	Galináceos - galinhas	Codornas
Norte	4,96E+07	9,52E+05	1,02E+06	1,50E+06	3,43E+05	1,47E+05	5,96E+05	4,93E+07	1,35E+07	1,74E+05
Nordeste	2,86E+07	1,28E+05	1,34E+06	5,86E+06	1,08E+06	1,07E+07	1,35E+07	1,83E+08	4,83E+07	2,52E+06
Sudeste	3,70E+07	1,99E+05	1,35E+06	6,99E+06	7,07E+05	1,58E+05	6,03E+05	3,72E+08	9,49E+07	1,11E+07
Sul	2,54E+07	1,00E+05	9,34E+05	2,01E+07	2,00E+06	2,07E+05	3,96E+06	6,74E+08	6,08E+07	2,85E+06
Centro-Oeste	7,43E+07	5,50E+04	1,20E+06	6,14E+06	6,70E+05	1,02E+05	1,05E+06	1,87E+08	3,15E+07	8,21E+05
Brasil	2,15E+08	1,43E+06	5,85E+06	4,06E+07	4,79E+06	1,13E+07	1,97E+07	1,47E+09	2,49E+08	1,74E+07

Fonte: Adaptado de IBGE (2019)

Tabela 3. Produção diária de dejetos por tipo de animal

Tipo de Animal	Média de produção de dejetos (Kg/dia)
Bovinos	10,00
Suínos	2,25
Aviários	0,18
Equinos	10,00

Fonte: Adaptado por Colatto e Langer (2011)

3.2. Pecuária e impactos ambientais

Impacto ambiental pode ser definido como qualquer alteração do meio ambiente que seja realizada por ação antrópica, de modo direto ou indireto, e que cause adversidades à sociedade, à economia, à biota ou ao meio ambiente (CAMPOS et al., 2017).

Com o desenvolvimento produtivo do homem, os processos de expansão decorreram sem a mínima preocupação do ser humano com o possível fim dos recursos naturais, então surgiram os problemas ambientais decorrentes destes processos juntamente com a intensificação da produção (SANTOS; AQUINO; ALVES, 2018). De acordo com Giacometti e Dominschek (2018), a intensificação dos impactos ambientais foram observados nos setores mineradores, energéticos, urbanos, industriais e agropastoris, por exemplo. A modificação do ambiente natural expôs-se cada vez mais de forma explorada e contaminada. Assim, a proteção ao meio ambiente mostrou-se extremamente necessária diante do cenário da industrialização e do consumismo (ALVES; FRANÇA, 2020).

Segundo Chen et al. (2019), uma das preocupações do uso dos resíduos da pecuária se deve pelos costumes do setor agrícola que, muitas vezes, aplica os dejetos de animais no próprio solo como fertilizante. Esta prática era vista como sustentável, porém, atualmente mostra-se preocupante para a saúde pública por causa dos impactos ambientais e ecológicos. Assim como pode ser vista na criação de suínos, que tem grande potencial poluidor por causa da composição química dos dejetos (DOS SANTOS; DA SILVA, 2019). Observa-se que o uso dos resíduos como fertilizante pode alterar a composição química do solo, um desses problemas é o aumento do elemento fósforo (P) face à complexidade de sua dinâmica no ambiente (WANG et al., 2015), que pode acabar proliferando o aparecimento de algas tóxicas e afetar os animais e os seres humanos (HUNDELL, 2010).

Os impactos ambientais negativos advindos da criação animal intensiva podem ser vistos na alta quantidade gerada de dejetos, isto deve-se à grande quantidade de animais confinados em áreas delimitada, além de serem utilizados altos volumes de água na limpeza de baias ou currais (PASQUALINI, 2020). Visualiza-se que outro prejuízo destacado devido a criação intensiva é a questão de que em alguns casos os impactos podem ser superiores aos valores econômicos gerados em uma determinada região (NAVARRETE-MOLINA et al., 2019).

A pecuária também ocasiona problemas ambientais por causa do desmatamento para a criação de animais de forma extensiva, visto que são potencialmente poluidores do solo e de corpos hídricos (GIACOMETTI; DOMINSCHER, 2018). Mesmo com tal importância durante a pandemia do COVID-19 (BRASIL, 2020), a fiscalização pelos órgãos ambientais não impediu a expansão do desmatamento em regiões amazônicas, a prova disso foi o acréscimo de 171% de degradação da floresta de abril de 2019 para abril de 2020 (FONSECA et al., 2020).

Os animais da pecuária emitem grandes quantidades de gases de efeito estufa, como o metano (CH₄), pela fermentação entérica e pelo manejo dos dejetos (BERCHIELLI; MESSANA; CANESIN, 2012). Tal processo deve-se ao fato da decomposição ser um processo biológico anaeróbio que libera dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄), de forma acentuada, além de hidrogênio (H₂), sulfeto de hidrogênio (H₂S) e nitrogênio (N₂) em menores quantidades (SOUSSANA; TALLEC; BLANFORT., 2010).

Outro problema são os corpos hídricos contaminados com dejetos e em estado de eutrofização, em alguns casos estes contêm alto volume de biomassa bacterianas e fitoplanctônicas, o que causa o aparecimento de espécies de amebas que são prejudiciais à saúde humana. (GOMES DA SILVA et al., 2020). Diante desta situação, muitos produtores viram a necessidade de investir em tecnologias que minimizem os danos ambientais, o que também podia elevar a renda dos proprietários através da venda do biogás e do biofertilizante (MACHADO et al., 2020).

3.3. Pecuária e sustentabilidade

Os dias atuais mostram um modelo de desenvolvimento contrário à sustentabilidade diante da exacerbada geração de resíduos, o que retrata um problema mundial. O fator agravante do alto consumo reflete na poluição dos ecossistemas (DANTAS; LOPES, 2019).

Nos anos de 1980 o vocábulo sustentabilidade surgiu a partir da compreensão dos países que necessitavam realizar o crescimento de suas economias, mas sem degradar o meio ambiente e prejudicar as futuras gerações (SAVITZ; WEBER, 2007). A sustentabilidade ambiental pode ser vista no combate aos impactos ambientais, ao diminuir a emissão de substâncias poluentes (PEREIRA et al., 2011).

O *Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC)* surgiu na década de 90, através de acordos pelos órgãos associados à Organização das Nações Unidas (ONU), ao Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e à Organização Meteorológica Mundial (OMM) para tratar de questões referentes às informações socioeconômicas, técnicas e científicas importantes para o entendimento das mudanças climáticas (IPCC, 1997). Sabe-se que os dejetos de animais emitem o gás metano, então em 1996, o IPCC deu maior atenção ao gás metano, diferenciando este dos demais gases devido ao metano ser um gás agravador do efeito estufa (PASQUALINI, 2020).

No âmbito de políticas públicas, foram criados os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) na Conferência das Nações Unidas, em 2012. Os ODS são 17 objetivos com metas socioeconômicas que os países participantes tem que cumprir relativas ao Desenvolvimento Sustentável com envolvimento de instituições, especialistas e sociedade civil (ALVES, 2015). Dentre os objetivos dos ODS, o objetivo 6 cita que até 2030 pretende obter-se saneamento e higiene para todos, além de aumentar a relação com outros países em programas sobre a temática tratamento de efluentes, reutilização e reciclagem (UN, 2015).

No âmbito da pecuária, esta deve importar-se com os aspectos referentes ao solo, água, biodiversidade e produção do sistema, de modo a preocupar-se com os tópicos sociais, econômicos e ambientais para alcançar a sustentabilidade (ALVES et al., 2011).

Os indicadores para pecuária podem ser entendidos no estudo de Alves et al. (2011), como o bem-estar animal, incluindo o correto manejo, boas instalações de bebedouros e comedouros, um adequado tratamento da saúde para os animais com alimento de qualidade e medicamentos. Outro importante fator é a interação de vida entre os microrganismos, os seres humanos e os animais, a produtividade da propriedade, a construção de um ambiente agradável para a comunidade, de forma a contribuir com a qualidade de vida do agricultor e suas relações e impactos sobre o meio rural.

Alguns exemplos de práticas ambientalmente sustentáveis em propriedades rurais podem ser vistas no trabalho realizado por Natalli et al. (2020). São exemplos: O correto manejo

de resíduos, a preservação dos recursos naturais, a delimitação do acesso de animais à corpos hídricos ao instalar bebedouros, a instalação de fossa séptica no imóvel, a implantação de bioenergia e a reciclagem dos resíduos.

3.4. Pecuária e educação ambiental

A educação ambiental tem como objetivo expor situações em que as pessoas se sintam encorajados a repensar a sua relação com o meio ambiente. Neste processo esforça-se para transformar os pensamentos da sociedade, potencializando os aspectos positivos e mudando os negativos (TREVISOL; SOCOLOVSKY, 2000).

Com o aumento dos problemas advindos das atividades do setor agropecuário, Avelar et al. (2021) sugeriu a educação ambiental para profissionais que atuem com o uso de recursos naturais, visto que o aprendizado na área ambiental somado a técnicas limpas e eficientes traça um bom caminho para o desenvolvimento sustentável. Percebeu-se também que a educação ambiental possui um papel grandioso para a construção do cidadão na formação dos princípios ambientais individualmente e coletivamente.

Vale salientar a necessidade da integração da sociedade, de forma holística, sobre a conscientização ambiental juntamente aos governos, para que se trilhe o caminho do desenvolvimento sustentável (CUNHA; CARDOSO; ALVES, 2019).

3.5. Pecuária e aspectos relacionados a gestão e sustentabilidade

Ao final da avaliação dos 4 aspectos elencados e discutidos por este trabalho, relacionados a gestão e sustentabilidade, podemos chegar a algumas posições. Diante do crescimento do setor da pecuária no Brasil, impulsionado por pressões do mercado externo (importações), do aumento do interesse de investimentos no setor com impactos econômicos significativos no Produto Interno Bruto (PIB) e devido pressões em termos de atendimento de exigências da legislação (nacional e internacional) e necessidade de competitividade do setor, observou-se uma crescente preocupação com a questão da gestão e sustentabilidade de resíduos sólidos da pecuária.

A possibilidade de geração de impactos ambientais e econômicos negativos devido ao mau gerenciamento destes resíduos, deve ser prioritário devido o tamanho do setor e sua crescente pressão ambiental. A necessidade em fechar o ciclo produtivo dos resíduos com o aproveitamento integral com sua valorização dentro do próprio negócio favorece a competitividade pelo aumento do valor agregado do produto e redução dos custos de produção.

Apesar da mola impulsionadora da sustentabilidade no setor aparentemente ter um viés mais econômico que propriamente motivado por questões ambiental, as melhorias e ganhos em relação aos aspectos estudados acabam resultando em benefícios ambientais diretos, em quebras de paradigma e melhorias nos processos produtivos, com ganhos em

termos de produtividade e valorização de subprodutos, tendo ainda reflexos positivos para sociedade em termos sócio, econômicos, ambientais e de saúde pública.

5. CONCLUSÕES

O setor da pecuária no Brasil cresce em tamanho, demandando da sociedade atenção relativa aos possíveis impactos dos resíduos e da necessidade de alternativas sustentáveis que apontem para sua valorização e aumento da competitividade do setor em expansão.

As alternativas técnicas indicam tendência para fechamento do ciclo produtivo e valorização dos resíduos, sobretudo sua valorização energética ou como fonte de nutrientes utilizados na própria agroindústria. Essa estratégia traz ganhos econômicos e ambientais ao setor favorecendo sua competitividade em mercados emergentes internacionais.

Apesar de ampla legislação sobre resíduos sólidos no Brasil, especificamente em relação a melhores práticas de fabricação, destinação e valorização, os resíduos da pecuária não são tratados em amplitude que deveria ser requerida.

A gestão ambiental adequada dos resíduos da pecuária se mostra como uma ferramenta fundamental para a minimização dos possíveis impactos gerados por meio do seu manuseio incorreto. De forma análoga, a educação ambiental é outra ferramenta que interfere diretamente na quebra de paradigmas e na conscientização ambiental aos gestores da produção que nem sempre detêm alguns desses conhecimentos, saberes e alternativas técnicas. A educação ambiental agrega melhorias em termos de sustentabilidade e incrementam a formação de pessoas com visão mais aberta a mudança e inovação, favorecendo a incorporação de mudanças.

Apesar da percepção que os aspectos legais e econômicos são os maiores impulsionadores de mudanças ambientais no setor da pecuária, essa é a forma que a sociedade tem de pressionar melhorias nos ciclos produtivos. Neste processo, melhorias na gestão do processo e na sustentabilidade acabam sendo ganhos indiretos, mas significativamente importantes para sociedade.

REFERÊNCIAS

ALVES, F. L. F.; FRANÇA, L. G. Fiscalização ambiental no federalismo brasileiro de cooperação: a aplicação da lei complementar nº 140/2011. **Revista de Direito**. V. 12, n. 02, 2020. DOI: doi.org/10.32361/2020120210178

ALVES, J. E. D. Os 70 anos da ONU e a agenda global para o segundo quinquênio (2015-2030) do século XXI. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 32, n. 3, São Paulo, 2015.

ALVES, J. P.; MATTHEWS, A. G.; SCHMITT FILHO, A.; FARLEY, J. Indicadores de sustentabilidade para pecuária. Resumos do I Encontro Pan-Americano sobre Manejo Agroecológico de Pastagens. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 1, 2011.

ANDREAZZI, M. A.; DOS SANTOS, J. M. G.; LAZARETTI, R. M. J. Estudo Sobre a Destinação Dos Resíduos Da Suinocultura Em Granjas Do Estado Do Paraná. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v. 19, n. 3, p. 744–751, 2015.

ARAÚJO, T. D. ECONOMIA CIRCULAR: BREVE PANORAMA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA ENTRE 2007 E 2017. In: ENGEMA USP, 19, 2017, Mato Grosso do Sul. **Anais Mato Grosso do Sul: USP**. p. 2 -17, 2017. Disponível em: <<http://engemausp.submissao.com.br/19/anais/arquivos/417.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS - ABNT. **NBR 10.004**. Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 71 p. 2004.

AVELAR, M. C.; ARAÚJO, A.; ARAÚJO, M. L.; SILVA, M. M. Educação ambiental na formação técnica em agropecuária na BR 230. **Brazilian Journal Of Development**. V. 7, n. 3, p. 21447-21464, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n3-045

BERCHIELLI, T. T.; MESSANA, J. D.; CANESIN, R. C. Produção de metano entérico em pastagens tropicais. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**. V. 13, n. 4, p. 954-968, 2012.

BRASIL. Lei 12.305 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 03 ago. 2010.

BRASIL. Presidência da República. Secretária-geral. **Decreto nº 10.282, de 20 de março de 2020**. Brasília: Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10282.htm. Acesso em: 01 fev. 2021.

CAMPOS, S. A. C.; GOMES, M. F.M.; COELHO, A. B. Degradação ambiental agropecuária e seus determinantes em Minas Gerais. **Revista de Estudos Sociais**. n.38, v. 19, p.50, 2017.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – ESALQ/USP. **PIB DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>> Acesso em: 10 abr. 2021.

CHEN, Z.; ZHANG, W.; YANG, L.; STEDFELD, R. D.; PENG, A.; GU, C.; BOYD, S. A.; LI, H. Antibiotic resistance genes and bacterial communities in cornfield and pastures oils receiving swine and dairy manures. **Environmental Pollution**, Barking, v. 248, p. 947-957, 2019.

COLATTO ,L; LANGER, M. Biodigestor – resíduo sólido pecuário para produção de energia. **Unesc & Ciência – ACET**, Joaçaba, v. 2, n. 2, p. 119- 128, jul./dez. 2011.

COSTA, H. A.; OLIVEIRA, A. D.; MEDEIROS, R. M.; CARVALHO, R. V. Gerenciamento dos resíduos sólidos proveniente de veículos avariados numa empresa de remanufatura de Goiás. **Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade**. 1. ed - Recife: EDUFRPE: Gampe, p. 251-266, 2020.

CUNHA, A. G. M.; CARDOSO, P. H. S.; ALVES, J. L. Consumo e produção responsáveis na ótica do objetivo do desenvolvimento sustentável. **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1. Ed. – Recife: EDUFRPE, 720 p., 2019.

DANTAS, M. W. A.; LOPES, R. L. Desafios e perspectivas na gestão integrada da coleta seletiva de resíduos sólidos de Natal – RN. **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1. Ed. – Recife: EDUFRPE, 720 p., 2019.

DOS SANTOS, D. T.; DA SILVA, V. M. A Suinocultura e os Impactos ao Meio Ambiente. **Ciência & Tecnologia**, v. 2, n. 2, p. 43-48, 2019.

FALCÃO, R. S. A.; MELLO, D. P. Análise da conformidade à Legislação Federal da gestão de resíduos sólidos do município de Maragogi – AL. **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1. Ed. – Recife: EDUFRPE, 720 p., 2019.

FONSECA, A.; CARODSO, D.; RIBEIRO, J.; FERREIRA, R.; KIRCHHOFF, F.; AMORIM, L.; MONTEIRO, A.; SANTOS, B.; FERREIRA, B.; PONTES, M.; SOUZA JUNIOR, C.; VERISSIMO, A. **Boletim do desmatamento da Amazônia Legal (abril 2020) SAD**. Belém: Imazon, 2020. Disponível em: <<https://imazon.org.br/publicacoes/boletim-do-desmatamento-da-amazonia-legal-abril-2020-sad/>>. Acesso em: 01 abr. 2020.

GIACOMETTI, K.; DOMINSCHKE, D. L. Ações antrópicas e impactos ambientais: Industrialização e Globalização. **Caderno Intersaberes**. v. 7, n. 10, 2018.

GOMES DA SILVA, L. J.; SILVA, M. B.; FRAGA, R. E.; ANJOS, M. S.; ROCHA, C. V. S.; SANTOS, S. P.; ROCHA, M. A. Amebas testáceas (Arcellinida e Euglyphida) em dois biótopos de um corpo aquático temporário contaminado por dejetos orgânicos: novas ocorrências para o estado da Bahia. **Scientia Plena**. V. 16, n. 6, 2020. doi: 10.14808/sci.plena.2020.068001

HUDNELL, H. K. The state of US freshwater harmful algal blooms assessments, policy, and legislation. **Toxicon**, v. 55, p. 1024-1034, July 2010. DOI: 10.1016/j.toxicon.2009.07.021.

IBGE. **Efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho, segundo o Brasil, as grandes regiões e as unidades da federação**. 2019. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 09/04/2021.

INCAPER. **Pecuária**. Vitória: instituto capixaba de pesquisa, assistência técnica e extensão rural – Incaper. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/pecuaria>>. Acesso em: dez. 2020.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change**. Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996. Reino Unido: IPCC WGI Technical Support Unit, 1997.

KONZEN, E. A. Dejetos de suínos fermentados em biodigestores e seu impacto ambiental como insumo agrícola. **Anais do Simpósio Goiano De Suinocultura**, 2, Goiânia. Seminários técnicos de suinocultura. Goiânia: Avesui Centro oeste, p. 56 -64, 2005.

leiteiras---parte-i%20>. Acesso em: 08 abr. 2021.

MACHADO, L. P.; CESCION, J. A.; LAZZAROTTO, E.; DE SOUZA, A. L. V. Análise da viabilidade do pagamento aos pequenos produtores pelos dejetos suínos para geração de energia - BIOGÁS. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Custos**. Novembro de 2020.

MEDEIROS, R. M.; GUEDES, F. L.; SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R. Plano de logística sustentável na gestão de resíduos sólidos aplicados em uma organização militar de Pernambuco. **Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE: Gampe, EPERSOL [e-book], p. 193-204, 2020.

MENEZ, J. R.; CORREIA, R. M.; COSTA, T. D. F.; SILVA, W. M.; CAMPOS, G. Análise da pecuária de corte no sudeste do Brasil: Comparativo dos dois últimos censos (2006-2017). **Revista Científica da Ajes**. V. 09, nº 19, jul/dez 2020.

MOREIRA, V. R. Manejo de dejetos em fazendas leiteiras - Parte I. **Leite Integral**. Belo Horizonte, Mg, p. 0-0. 01 set. 2013. Disponível em: <<http://www.revistaleiteintegral.com.br/noticia/manejo-de-dejetos-em-fazendas->

NATALI, L. H.; MUNARETTO, L. F.; BIANCHINI, D. C.; HENKES, J. A. Práticas de sustentabilidade ambiental em propriedades rurais. **Revista gestão e sustentabilidade Ambiental**. Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 351-374, jan/mar, 2020.

NAVARRETE-MOLINA, C.; MEZA-HERRERA, C. A; HERRERA-MACHUCA, M. A.; LOPEZ-VILLALOBOS, N.; VELIZ-DERAS, F. G. To beef or not to beef: Unveiling the economic environmental impact generated by the intensive beef cattle industry in an arid region. **Journal of Cleaner Production**, v. 231, p. 1027-1035, 2019.

PASQUALINI, A. A. Aplicação dos biodigestores na pecuária sustentável. **Revista Faculdades do Saber**. V. 05, n. 9, p. 598-906, 2020.

PEREIRA, A. C.; SILVA, G. Z. das; CARBONARI, M. E. E. **Sustentabilidade, responsabilidade social e meio ambiente**. São Paulo: Saraiva, 2011.

ROCHA, F. T. B.; OLIVEIRA, V. M.; BRANDÃO-COSTA, R. M. P.; PORTO, A. L. F. Descartes do restaurante universitário da UFRPE para a produção de enzimas por *Aspergillus sydowii* SIS 25 isolado da borra de café. **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia**. 1. Ed. Recife: EDUFRPE: Gampe/UFRPE, EPERSOL [e-book]. 2020.

ROTHER, E. T. Revisão Sistemática x Revisão Narrativa. **Acta Paulista de Enfermagem**, volume 20, nº 2, p. 5-6, 2007.

SANTOS, J. M.; DA SILVA FILHO, J. F. Estudo de caso da gestão de resíduos sólidos em Marechal Deodoro – AL. **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1. Ed. – Recife: EDUFRPE, 720 p., 2019.

SANTOS, K. F. S.; CARDOSO, A. SANTOS.; SANTOS, M. E. M.; ARAÚJO, A. Implantação de agenda ambiental na administração pública na Universidade Estadual do Maranhão. IN: MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O. **Resíduos sólidos: gestão pública e privada**. Recife: GRAMPE/UFRPE, p. 206 – 217, 2018.

SANTOS, S. A.; AQUINO, W. A. B.; ALVES, A. S. S. Apropriação inadequada dos recursos naturais no Brasil e a importância da educação ambiental. In: I Simpósio Nacional de Geografia e Gestão Territorial e XXXIV Semana de Geografia da Universidade Estadual de Londrina, 2018, Londrina. **Anais do I SINAGGET e XXXIV SEMAGEO**. Londrina: UEL, v. v1, p. 1429 – 1439, 2018.

- SAVITZ, A. W.; WEBER, K. **A empresa sustentável: o verdadeiro sucesso é o lucro com responsabilidade social e ambiental.** Trad. Celso da Cunha Serra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- SHURSON, G. C. “What a waste” -Can we improve sustainability of food animal production systems by recycling food waste streams into animal feed in an era of health, climate, and economic crises? **Sustainability (Switzerland)**. v. 12, n.17, 2020.
- SILVA, J. C.; SILVA, Q. J.; OLIVEIRA, V. M.; PORTO, A. L. F. Uso de resíduos orgânicos de Anchoa (*Pomatomus saltatrix*) e Robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) para recuperação e proteases alcalinas. **Resíduos Sólidos: Impactos Ambientais e Inovações Tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, EPERSOL [e-book]. 2019, p. 117-126.
- SILVA, R. G.; MELLO, D. P.; ALBUQUERQUE, J.V.; SILVA, R. K. A. Plano de logística sustentável na gestão de resíduos sólidos: medidas e práticas no tribunal regional do trabalho. **Resíduos Sólidos: gestão pública e privada**. – 1. ed. - Recife: EDUFRPE, EPERSOL [e-book]. 2018
- SILVA, T. T. A.; SILVA, F. M.; SANTOS, F. A. G. PECUÁRIA BOVINA DE CORTE BRASILEIRA: SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O AQUECIMENTO GLOBAL NO ÚLTIMOS 20 ANOS E O DESRESPEITO AOS PRINCÍPIOS AMBIENTAIS CONSTITUCIONAIS. **Revista Jurídica Luso-Brasileira**. v. 6, n. 1, 2020.
- SOUSSANA, J. F.; TALLEC, T.; BLANFORT, V. Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. **Anim.: An Int. J. of Anim. Biosci**. V. 4, n. 3, 334 -350, 2010.
- TREVISOL, J. V.; SOCOLOVSKI, M. Meio ambiente e educação ambiental: um estudo de representações sociais em professores da rede municipal de ensino de Campos Novos-SC. **Revista Roteiro**, v. XXIV, n. 44, p. 27-56, 2000.
- TULLO, E.; FINZI, A; GUARINO, M. Review: Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy. **Science of the Total Environment**, v. 650, p. 2751-2760, 2019.
- UN. **The millennium development goals report 2015**. New York: United Nations, 2015. Disponível em: <[https://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20\(July%201\).pdf](https://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20(July%201).pdf)>. Acesso em: 17 mai. 2020.
- WANG, Y. T.; ZHANG, T. Q.; O’HALLORAN, I. P.; HU, Q. C.; TAN, C. S.; SPERANZINI, D.; MACDONALD, I; PATTERSON, G. Agronomic and environmental soil phosphorus tests for predicting potential phosphorus loss from Ontario soils. **Geoderma**, v. 241, p. 51-58, Nov. 2015. DOI: 10.1016/j.geoderma.2014.11.001.
- ZULPO, M.; PETRY, C.; DUTRA, C. Evolução histórica do manejo dos dejetos bovinos e a necessidade de repensar sistemas de produção. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia**. São Cristóvão, Sergipe - v. 15, n. 2, 2020.

3.2 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NOS PLANOS MUNICIPAIS PAULISTAS: RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE E COVID-19

BORGES, Ana Claudia Giannini
UNESP
ana.giannini@unesp.br

MARCUCCI, Jessica Corgosinho
UNESP
jessicacmarcucci@gmail.com

RESUMO

O planejamento e a realização de diferentes políticas públicas no âmbito da gestão de resíduos sólidos relacionam-se a saúde e qualidade ambiental. Nesse sentido, este artigo objetiva apresentar pontos de fragilidade das informações sobre resíduos de serviços de saúde (RSS) em Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) ou Plano Intermunicipal de Resíduos Sólidos (PIRS) de municípios no estado de São Paulo e como isso pode ser amplificado na pandemia da Covid-19. Para tal, fez-se revisão bibliográfica, coleta de informações da Covid-19 no Conselho Nacional de Secretários de Saúde (CONASS) e análise documental de PMGIRS ou PIRS de municípios paulistas selecionados. A partir da análise dos Planos municipais identificam-se fragilidades nas informações referentes ao volume, destinação e disposição final dos RSS que deveriam estar detalhadas nesses, bem como em Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de geradores de RSS. Quadro que expõe as dificuldades para o gerenciamento adequado dos RSS, sobretudo, em uma situação pandêmica.

PALAVRAS-CHAVE: Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, Resíduos dos Serviços de Saúde, Covid-19.

1. INTRODUÇÃO

No âmbito da legislação sobre resíduos sólidos no Brasil, há destaque para as proposições da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída através da lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010a) que foi regulamentada pelo decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010 (BRASIL, 2010b). "A PNRS trouxe avanços em diversas áreas, sobretudo aquelas ligadas aos fatores sociais. A lei defende a atuação conjunta entre os diversos entes envolvidos na cadeia dos resíduos sólidos" (CERQUEIRA-STREIT; GUARNIERI, 2020, p. 125). Portanto, abrange o poder público, setor empresarial e a sociedade, repercutindo na importância do aspecto de cooperação e responsabilidade compartilhada com vistas a uma gestão integrada no âmbito dos resíduos sólidos.

Um dos instrumentos da PNRS são os planos de resíduos, no âmbito municipal, destaca-se o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS ou Plano Intermunicipal de Resíduos Sólidos - PIRS, mostrando-se também como uma condição para os municípios brasileiros terem acesso a recursos da União (BRASIL, 2010a, art. 18). A PNRS descreve o conteúdo que deve constar nos PMGIRS (BRASIL, 2010a, art. 19, I-XIX) lembrando que, frente ao aspecto populacional, municípios com menos de 20.000 habitantes podem ter conteúdo simplificado para esses planos (BRASIL, 2010a, art. 19, § 2º), existindo algumas exceções para essa especificidade (BRASIL, 2010a, art. 19, § 3º). Além disso, "O PMGIRS deverá estabelecer a definição das responsabilidades, entre as quais as dos geradores sujeitos à elaboração de planos de gerenciamento específico e a dos responsáveis pela logística reversa" (COSTA; PUGLIESI, 2018, p. 510).

Nesse contexto, tendo em vista a proteção ambiental e à saúde pública, destaca-se a importância do gerenciamento dos Resíduos dos Serviços de Saúde (RSS), que são os resultantes de atividades relativas ao atendimento à saúde humana ou animal, de modo que frente aos componentes, é necessária diferenciação na forma de manejo e, em determinados casos, tratamento prévio para posterior disposição final (HOFFMANN; SANTANA; FREITAS, 2021).

Contudo, no final do ano de 2019, têm-se notificações dos primeiros casos da doença denominada Covid-19, causada pelo vírus SARS-CoV-2, sendo considerada a partir de 11 de março de 2020 como uma pandemia, conforme a Organização Mundial da Saúde (OMS) (TONIN *et al.*, 2020). Além disso, "A circulação de pessoas e a economia global estão sendo fortemente impactadas por causa das falhas de contenção da epidemia" (AVENI, 2020, p. 477). Esse cenário mostra-se como um agravante no planejamento e execução de ações do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, com destaque para os RSS.

Assim, este trabalho objetiva apresentar pontos de fragilidade de PMGIRS ou PIRS na apresentação das informações sobre resíduos sólidos da saúde e como isso pode ser amplificado na pandemia da Covid-19. Ressalva-se que o recorte para o campo de estudo contempla os municípios do estado de São Paulo, com mais de 20 mil habitantes.

Justifica-se o trabalho como contribuição às discussões sobre a importância dos PMGIRS/PIRS na gestão integrada de resíduos sólidos, visto a premência quanto à saúde pública e qualidade ambiental.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o objetivo de reduzir a geração de resíduos e conseguir um máximo de reaproveitamento e/ou reciclagem de materiais, são necessárias ações direcionadas à elaboração de Políticas Públicas e de Planos Multisetoriais (SILVA; ALMEIDA; EL-DEIR, 2019). Na PNRS (BRASIL, 2010a), há o destaque para Planos de resíduos sólidos na esfera nacional, estadual, municipal, como de gerenciamento para diferentes geradores de resíduos.

No conteúdo dos PMGIRS/PIRS, tem-se a necessidade de um diagnóstico dos resíduos sólidos originados no respectivo território (BRASIL, 2010a, art. 19, I), o que abrange os RSS. Além disso, ressalta-se a incumbência dos agentes no seguinte inciso: "VIII - definição das responsabilidades quanto à sua implementação e operacionalização, incluídas as etapas do plano de gerenciamento de resíduos sólidos a que se refere o art. 20 a cargo do poder público" (BRASIL, 2010a, art. 19). Assim, quanto ao planejamento da execução de ações, "[...] observa-se que a operacionalização dos Planos de Gestão denota grande demanda construtiva e gerencial" (SILVA; ALMEIDA; EL-DEIR, 2019, p. 58). Outro ponto a considerar, segundo Lins e Santos (2020), é a conexão do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) a um Plano de Contingência e Emergência (PCE), visando estabelecer alternativas de ações mitigadoras em situações emergenciais.

Conforme a tipologia, os resíduos sólidos necessitam de diferentes tratamentos e destinação ambientalmente adequada. No caso da PNRS, focando na definição de resíduos de serviços de saúde (RSS), tem-se que esses são: "[...] os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama [Sistema Nacional do Meio Ambiente] e do SNVS [Sistema Nacional de Vigilância Sanitária]" (BRASIL, 2010, art. 13, I, g). Nesse sentido, considerando a geração de resíduos de serviços de saúde,

Em relação aos estabelecimentos públicos de saúde, o aumento do número de atendimento causado pelo crescimento demográfico e pela maior cobertura à população, a partir da criação do Sistema Único da Saúde (SUS) tem culminado na multiplicação de unidades de saúde, aquisição de equipamentos com novas tecnologias e materiais médicos hospitalares para atendimento a demanda existente (OLIVEIRA *et al.*, 2018, p. 65).

Citação que evidencia a importância de precisão nos dados sobre os resíduos de saúde, visto que "[...] possuem alto potencial de afetar o ambiente em que for descartado, se feito de maneira incorreta pode atingir grandes proporções causando epidemias" (ALBUQUERQUE *et al.*, 2019, p. 541), tendo em vista que determinados resíduos podem conter microrganismos patogênicos. Destacam-se, nesse contexto, os resíduos hospitalares, como curativos, seringas, gaze, e outros, que são caracterizados como resíduo biológico:

"[...] definido como todos os resíduos gerados no ambiente hospitalar proveniente de contato com secreções e fluidos biológicos." (SANTOS *et al.*, 2019, p. 570).

No âmbito da saúde pública e meio ambiente, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) traz a NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004), como norma de classificação de resíduos sólidos, identificando a classe I - Perigosos e a classe II – Não perigosos que, por sua vez, é subdividida em: classe II A - Não inertes; e resíduos classe II B - Inertes. Notabiliza-se, segundo Albuquerque *et al.* (2019), a existência de outras normativas na esfera da ABNT voltadas aos procedimentos de manuseio e coleta para o gerenciamento do RSS.

O decreto nº 7.404/2010 também faz menção a geradores ou operadores de resíduos perigosos (BRASIL, 2010b, art. 64 - 65). Nesse contexto, Conceição, Mariano Neto e Pinto Filho (2019) realçam que conforme o grau em que o resíduo é classificado como perigoso, aumenta-se o cuidado necessário no gerenciamento, o que também se reflete nos custos envolvidos para tal. Em âmbito nacional, a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 358 de 29 de abril de 2005 (BRASIL, 2005) dispõe sobre o tratamento e a disposição final de RSS. Outra normativa voltada ao gerenciamento de RSS e que está atrelada a Agência Nacional de Vigilância Sanitária é a Resolução da Diretoria Colegiada -RDC nº 222 de 28 de março de 2018 (BRASIL, 2018), que recai aos geradores públicos e privados. Os tipos de RSS são destacados em 5 grupos, de maneira geral, correspondendo a: A) possibilidade de presença de agentes biológicos/ risco de infecção; B) resíduos com produtos químicos; C) rejeitos radioativos; D) resíduos que não mostram risco biológico, químico ou radiológico (existe possibilidade de serem equiparados aos resíduos domiciliares); E) resíduos perfurocortantes ou escarificantes (BRASIL, 2018, art. 3, LIV a LVIII).

Santos Júnior *et al.* (2021), por meio de levantamento com base em informações disponibilizadas pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), no período de 2014 a 2019, expõem o exemplo da região Nordeste do Brasil sobre coleta e disposição final dos RSS, mostrando que, de modo geral, cerca de 56% dos resíduos foram direcionados para incineração e 8,7% a autoclave. Acrescentam também que, mesmo com as diretrizes da PNRS que visam a erradicação de aterros controlados e lixões, uma parcela dos resíduos de serviço de saúde ainda acabam em locais inapropriados. Situação que incorre em impactos negativos ao meio ambiente, bem como à saúde de catadores e moradores das proximidades do descarte.

Com base no princípio da responsabilidade compartilhada, na dimensão do ciclo de vida de diversos produtos no mercado, diferentes processos empresariais precisam ser adaptados para, por exemplo, realizar uma restituição de embalagens ao setor empresarial (AGUIAR; GUARNIERI; CERQUEIRA-STREIT, 2020). A título de exemplo, o descarte impróprio de fármacos pós-consumo pode causar "[...] risco tanto a saúde pública como também pode gerar contaminação de recursos ambientais, como água, solo, fauna e flora" (BARBOSA; LOPES; TAVARES, 2019, p. 582). Nesse contexto, relacionado aos RSS, tem-se o decreto nº 10.388 de 5 de junho de 2020 (BRASIL, 2020) que trata da

questão da logística reversa frente ao descarte de medicamentos domiciliares vencidos ou em desuso.

Com o cenário da Covid-19, visando frear o contágio e espalhamento do coronavírus, autoridades em saúde pública trouxeram indicações de medidas adotadas em vários países, como o distanciamento social (BEZERRA, 2020), o uso de máscaras faciais pela população, procedimentos de higienização, detalhamento de equipamentos de proteção individual por trabalhadores da saúde, dentre outros (SILVA; PROCÓPIO, 2020).

Além disso, "Outra condição contextual relevante no surto da COVID-19 é a **vulnerabilidade social** da população local" (ITO; PONGELUPPE, 2020, p. 784, grifo do autor), que deve ser considerada em um conceito amplo, relacionado a distintas formas de exclusão social (SILVA; PROCÓPIO, 2020). Horton (2020), em uma perspectiva mais ampla sobre a Covid-19, justifica a proposta de uso do termo **sindemia**, uma vez que considera fatores pré-existentes interagindo com a Covid-19, como aspectos biológicos, sociais e condições socioeconômicas desiguais entre os indivíduos. Assim, há diferentes elementos que interferem no aspecto tanto da geração como do gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde.

3. METODOLOGIA

Para a elaboração do trabalho, fez-se busca de referências sobre os temas: planos municipais de gestão integrada de resíduos, resíduos sólidos, resíduos de serviços de saúde e pandemia da Covid-19. Também foram consideradas normas da ABNT, legislação relacionada a PNRS e demais informações disponíveis em meio digital, como o sítio do Conselho Nacional de Secretários de Saúde (CONASS).

Igualmente ressalta-se a identificação e consulta do PMGIRS ou PIRS de 111 dos 645 municípios paulistas. Para definição desses municípios, considerou-se o seguinte recorte metodológico: municípios com mais de 20 mil habitantes (totalizando 250), com planos instituídos por leis e/ou decretos e que não estivessem incorporados no Plano de saneamento básico do município. Para a obtenção dos Planos, fez-se buscas em sites do Poder Público do município e quando necessário contato telefônico com responsáveis nos municípios. É importante ressaltar que os resultados e análises, quanto aos Planos, estão apresentados por mesorregião, de forma que a maior parte dos PMGIRS/PIRS são posteriores a 2010, chegando até o ano de 2017.

A pesquisa possibilitou a visualização de um panorama dentro do recorte metodológico estabelecido, lembrando que essa coleta se realizou anteriormente ao período da pandemia da Covid-19. Para tal, utilizou-se a pesquisa documental a partir de escritos primários, expressos pelos PMGIRS ou PIRS dos municípios selecionados (MARCONI; LAKATOS, 2003). Ressalta-se que a escolha dessa técnica permite acesso aos escritos que podem ser consultados várias vezes, por diferentes pesquisadores e para diferentes estudos (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A obrigatoriedade do cumprimento da PNRS pelos municípios do estado de São Paulo, pode ser exemplificada pela amostra dos 111 municípios. A partir da leitura dos planos e análise quanto ao atendimento do conteúdo mínimo expresso no artigo 19 (BRASIL, 2010a), pode-se identificar a falta de uniformização quanto a apresentação dos dados (unidades de medida e tempo considerado). Verifica-se também a diversidade de métodos de coleta das informações: obtidas com os responsáveis pela coleta (Prefeitura Municipal, Empresa Contratada, outros) e/ou os geradores (resíduos industriais, de serviços de saúde e de construção civil); identificada pela realização de gravimetria ou por estimativa, a partir do tamanho da população e atividades econômicas do município.

Assim, a apresentação dos dados no Inciso I (do artigo 19) é diversa, sendo predominante (77 municípios) a obtenção por ‘fornecimento’ (empresa ou órgão público), 29 ‘estimativa’, 3 gravimetria e 2 não identificados (Tabela 1).

Tabela 1. Formas de apresentação das informações de resíduos sólido no inciso I por quantidade de municípios, por mesorregião.

Mesorregião	Municípios		Apresentação das informações no Inciso I (art. 19)								
	Mais de 20 mil habitantes	Com PMGIRS/PIRS instituído	Método de obtenção do volume de RS pelos municípios				Forma de apresentação dos dados de volume de resíduos sólidos				
	Quantidade	Quantidade	Não identificada	Fornecida	Estimativa	Gravimetria	Não identificada	Dia	Mensal	Anual	Diversas
Araçatuba	9	5	-	5	-	-	-	1	1	3	-
Araraquara	8	2	-	1	1	-	-	-	1	1	-
Assis	7	5	-	5	-	-	-	-	5	-	-
Bauru	16	8	-	5	3	-	-	2	3	2	-
Campinas	33	8	-	5	3	-	-	2	5	1	-
Itapetininga	11	5	-	4	-	1	-	1	2	2	-
Litoral Sul Paulista	7	5	-	4	-	1	1	1	1	3	-
Macro Metropolitana Paulista	26	10	-	10	-	-	-	1	4	5	-
Marília	5	2	1	2	-	-	1	1	-	-	-
Metropolitana de São Paulo	42	24	1	15	7	-	1	4	5	12	2
Piracicaba	14	3	-	2	1	-	-	2	1	-	-
Presidente Prudente	13	10	-	2	8	-	1	4	2	3	-
Ribeirão Preto	28	14	-	11	2	1	-	4	6	4	-
São José do Rio Preto	13	7	-	3	4	-	-	3	3	1	-
Vale do Paraíba Paulista	18	3	-	3	-	-	-	-	-	3	-
Total	250	111	2	77	29	3	4	26	39	40	2

A gravimetria deveria ser a técnica mais utilizada, por permitir conhecimento mais acurado sobre os tipos de resíduos sólidos gerados, principalmente, aos domiciliares urbanos e rurais, o que garantiria uma destinação final adequada e, portanto, menor volume de materiais nos aterros sanitários. A mesma diversidade é vista na periodicidade e forma de medição do volume de resíduos sólidos (quilogramas, toneladas, diária, mensal, anual), dificultando a comparação.

Ao se considerar, especificamente, os resíduos dos serviços de saúde também se observa a diversidade de informações, bem como a falta de dados essenciais, como a identificação do volume e a especificação dos tipos de destinação e disposição final, o que prejudica identificar efetivamente quais são as formas adotadas por todos os municípios (Tabela 2).

Analisando mais detidamente a Tabela 2, tem-se a identificação do volume total dos resíduos de serviço de saúde (sem detalhamento da classe), sendo apresentado em 84 municípios, quanto aos ‘resíduos biológicos, químicos, radioativos e perfurantes’ essa verificação ocorreu para 18 municípios e para ‘não perigosos’ em 17 municípios, indicativo que as informações foram tratadas principalmente em conjunto e sem uma especificação maior. Além disso, em certos municípios, destaca-se a dificuldade em obter todas as informações sobre saúde, como em clínicas médicas, veterinárias e odontológicas, visto que esses geradores são os responsáveis pelo destino final adequado. Observou-se uma falta de padronização das informações e de monitoramento e fiscalização, pelo Poder Público Municipal, quanto a gestão e escolhas técnicas realizadas por todos esses gerados, o que denota a fragilidade da gestão de resíduos sólidos quanto aos serviços de saúde. Isso é evidenciado quando se observa que apenas 45 municípios, dos 111, indicam formas de disposição final, o que demonstra a falta de controle e acesso às informações sobre esses resíduos por parte do Poder Público, seja para a elaboração dos Planos seja para a gestão desses resíduos. Parte dos municípios indica que a destinação e disposição final são realizadas por empresas contratadas pelos geradores, o que dificulta a identificação do volume, destinação e disposição final exata.

Tabela 2. Identificação de informações sobre resíduos de serviços de saúde, por mesorregião

Mesorregião	Resíduos de Serviço de Saúde								
	Informação geral (sem classificação)			Riscos Biológicos, Químicos, Radioativos e Perfurantes			Não Perigoso		
	Identificação do Volume	Formas Destinação Final	Formas Disposição Final	Identificação do Volume	Formas Destinação Final	Formas Disposição Final	Identificação do Volume	Formas Destinação Final	Formas Disposição Final
Araçatuba	5	2	0	1	3	4	1	1	3
Araraquara	1	0	0	0	1	1	0	0	0
Assis	5	2	0	1	2	2	3	0	3
Bauru	6	2	0	1	2	1	0	0	2
Campinas	6	4	2	2	4	1	0	0	0
Itapetininga	3	7	2	1	5	1	0	0	2
Litoral Sul Paulista	4	4	3	1	1	0	1	0	1
Macro Metropolitana Paulista	8	2	2	1	6	4	0	0	2
Marília	1	2	1	0	0	0	0	0	0
Metropolitana de São Paulo	21	27	16	2	10	6	9	1	10
Piracicaba	2	2	0	2	2	0	0	0	0
Presidente Prudente	5	3	2	0	0	0	0	0	0
Ribeirão Preto	12	20	9	3	7	11	0	0	0
São José do Rio Preto	3	7	5	2	2	3	1	0	1
Vale do Paraíba Paulista	2	3	3	1	3	4	2	0	1
Total	84	87	45	18	48	38	17	2	25

Da destinação e disposição final identificadas nos Planos analisados, em alguns com menção de mais de uma tipologia, observa-se a diversidade e a falta de precisão da informação. Ressalta-se que a classificação dos métodos entre destinação e disposição foi verificada a partir do apontamento nos Planos (Quadro 1). Destaca-se a relevância do tratamento térmico por incineração, visto que é o que apresenta maior indicação (27 planos). Esse método é questionado por Gutberlet (2013), por destruir materiais que poderiam ser reutilizados e poupar recursos naturais, além de ser um processo oneroso, por gerar subprodutos e poluir. Arelada a essa discussão, Teodósio, Dias e Santos (2016) apontam que os interesses entre Poder Público e empresas favorece acordos que estimulam a incineração.

Quadro 1. Identificação dos tipos de destinação e disposição final por origem de resíduos sólidos, por ordem de importância

Destinação Final	Frequência Mencionada	Disposição final	Frequência Mencionada
Tratamento Térmico por Incineração	27	Aterro Sanitário	20
Autoclavação	25	Outros	6
Tratamento	15	Fossa séptica	1
Outros	12	Cladestino/Irregular	1
Reciclagem	3	Aterro sem especificação	1
Descontaminação	1	Aterro industrial	1
Destinação adequada	1		
Microondas	1		
Total	85	Total	30

Nota: Os termos apresentados no quadro são os identificados nos PMGIRS

Como já destacado, a ausência e/ou indefinição de determinados conteúdos nos PMGIRS podem estar ligados a problemas enfrentados no processo de sua elaboração. Assim, nota-se a importância de ações como o **Projeto de Apoio à Gestão Municipal de Resíduos Sólidos – Projeto GIREM**, que foi aplicado no estado de São Paulo, em municípios com até 100 mil habitantes. O Projeto consistiu em diferentes etapas como constatação de dificuldades e oportunidades ligadas aos PMGIRS, realização de oficinas regionais de capacitação, dentre outras proposições (SÃO PAULO, 2013).

Algumas dificuldades na elaboração de PMGIRS, identificadas em 2012, foram: capacitação técnica (18,2%); recursos financeiros (15,1%); falta de informações/dados disponíveis na prefeitura (13,2%); conscientização/participação (10,7%), e demais aspectos que abrangem desde recursos humanos (6,3%), legislação (5,7%), educação ambiental (3,1%) e outros mais (SÃO PAULO, 2013). Porém, mesmo com as dificuldades elencadas, é relevante a busca por orientações para o estabelecimento de um planejamento eficaz. No intuito de superar dificuldades técnicas na elaboração de PMGIRS diferentes órgãos produziram materiais com orientações sobre esse processo, tais como os manuais do Ministério do Meio Ambiente, ABRELPE, dentre outros (COSTA; PUGLIESI, 2018).

Mediante a necessidade de avaliação de PMGIRS, Chaves, Siman e Sena (2020) trazem proposta com um rol de indicadores como ferramenta para verificação da qualidade de PMGIRS elaborados, demonstrando uma possibilidade de acompanhamento para etapas específicas. Já Silva, Almeida e El-Deir (2019) destacam a importância da divulgação de informações em plataforma *online*, como portal eletrônico, no intuito de facilitar o acesso a características do próprio andamento dos Planos.

Nesse contexto, Borges, Pupin e Britto (2018) destacam a importância da publicização de PMGIRS, por exemplo, em sítio de Prefeituras Municipais e/ou Câmaras Municipais. Os autores, com um estudo voltado aos municípios paulistas, relatam diferentes dificuldades na localização de PMGIRS e/ou PIRS, por exemplo, planos e leis que os instituem em

sítios diferentes, complexidade de acesso a *link* para planos, dentre outros. Situações que interferem nas formas de participação popular e acompanhamento de proposições presentes nos PMGIRS.

Considerando os RSS, informações importantes para constar nos PMGIRS consistem: desde a geração, como número de hospitais, Unidades Básicas de Saúde (UBS), exigência a geradores desse tipo de resíduo do Plano de Gerenciamento, identificação de quantidades produzidas, maneira de acondicionamento, etc. Ressaltam também as etapas de coleta, como responsáveis pelo transporte, existência de programa diferenciado voltado a residências que descartam RSS, até tratamentos e/ou destinação final (SÃO PAULO, 2013).

Mais especificamente ao Plano de Gerenciamento de RSS, esse "[...] é um documento integrante do processo de licenciamento ambiental, baseado nos princípios da minimização e não geração de resíduos" (SILVA; ALMEIDA; EL-DEIR, 2019, p. 56). Assim, geradores de RSS devem estabelecer respectivos planos como propõe a PNRS, lembrando que existem diferentes tipos de tratamento de RSS, que podem envolver: "[...] Incineração, Pirólise, Autoclavagem, Microondas, Radiação Ionizante, Desativação Eletrotérmica e Tratamento Químico" (MACHADO, 2018).

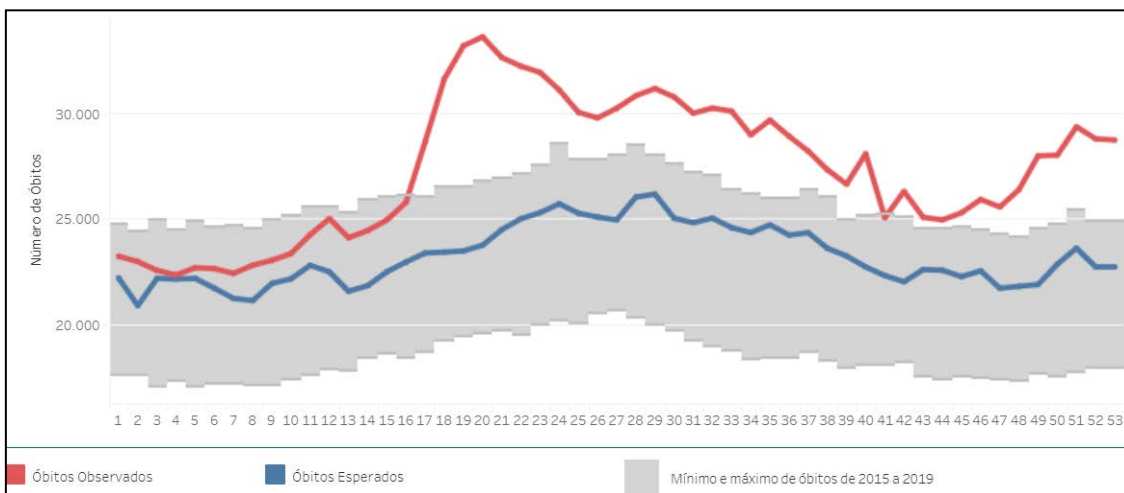
De maneira geral, um estabelecimento de saúde possui duas fases no gerenciamento dos RSS: a) fase intra estabelecimento (desde geração a separação para coleta externa); b) fase extra estabelecimento (procedimentos que acontecem relacionados a equipe da coleta) (OLIVEIRA *et al.*, 2018). No caso de resíduos recicláveis gerados por hospitais, em alguns casos, tem-se a atuação de cooperativas de reciclagem (NOGUEIRA; ALIGLERI; SAMPAIO, 2020), especificamente para aqueles classificados como não perigosos.

Dentro desse contexto, tem-se a pandemia da Covid-19 e, com isso, a ampliação dos RSS que sobremaneira interferem no processo de organização de informações para planejamento e ação ao gerenciamento desses resíduos sólidos. A fim de expressar a gravidade da situação, principalmente considerando a fragilidade de certos dados nos Planos, faz-se necessário apresentar a intensidade de contaminação e de óbitos decorrentes da Covid-19, como base para se considerar o crescimento dos serviços de saúde e, portanto, a ampliação dos resíduos decorrentes do tratamento. Ressalta-se que,

A infecção por Sars-CoV-2 não é necessariamente a causa direta do excesso de mortalidade. O número de óbitos superior ao que era esperado para o período pode também ser reflexo indireto da epidemia. Mortes provocadas, por exemplo, pela sobrecarga nos serviços de saúde, pela interrupção de tratamento de doenças crônicas ou pela resistência de pacientes em buscar assistência à saúde, pelo medo de se infectar pelo novo coronavírus (CONASS, 2021a)

Nesse sentido, vale ressaltar a análise das informações de evolução do excesso de mortalidade, tendo em vista avaliar os efeitos diretos e indiretos da Covid-19 (CONASS, 2021a), comparado aos números de casos esperados (Figura 1).

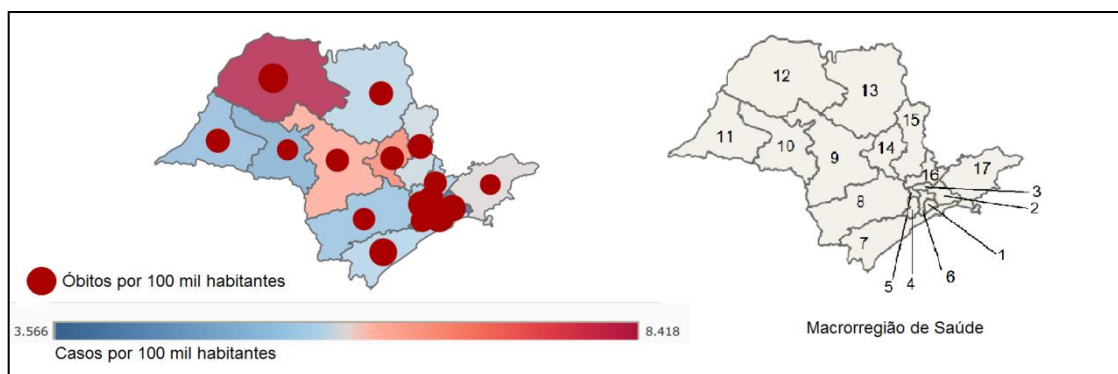
Figura 1 - Curva de óbitos esperados e observados, Brasil - 2020.



Fonte: CONASS, 2021a. Notas: data da última atualização: 29/03/2021; Numeração 1 a 53: semana epidemiológica; "Os óbitos esperados em 2020 foram projetados com base nos dados do Sistema de informações sobre Mortalidade (SIM – Ministério da Saúde) entre 2015 e 2019" (CONASS, 2021a).

Tendo como exemplo o estado de São Paulo (Figura 2), tem-se um total de 2.526.975 casos confirmados e 77.020 óbitos (até a data de 04 de abril de 2021) (CONASS, 2021b). Porém, no cenário da Covid-19, destaca-se também que é necessário atentar-se à escala do intra-urbano frente a subnotificação de casos da Covid-19, que se reflete no momento de espacialização das informações sobre a doença no espaço urbano (BEZERRA, 2020).

Figura 2 - Casos e óbitos por 100 mil habitantes, estado de São Paulo.



Fonte: CONASS, 2021b. Nota: até a data de 04 de abril de 2021. Adaptação: BORGES, A. C. G.; MARCUCCI, J. C.,2021.

Assim, nota-se o “[...] aumento na demanda e no consumo de recursos hospitalares humanos e materiais, como número de leitos, medicamentos, reagentes de laboratórios, equipamentos de proteção individual descartáveis [...]” (NOGUEIRA; ALIGLERI; SAMPAIO, 2020, p. 12), dentre outros. Em vista disso, ressalva-se o crescimento de RSS,

devido ao atendimento de pacientes confirmados e/ou com suspeita da Covid-19. Santos Júnior *et al.* (2021, p. 586 - 587) apontam a necessidade da ocorrência de :

[...] discussões que contribuam para o aumento da segurança sanitária e ambiental, possibilitando a criação de diretrizes para o enfretamento de pandemias, como a vivenciada em 2020, Covid-19, buscando reduzir o volume de RSS e minimizar o contágio por patógenos presentes nesses resíduos nas rotas tecnológica dos RSS, dando uma destinação adequada.

Nogueira, Aliglieri e Sampaio (2020) evidenciam que a pandemia gerou uma reclassificação dos fluxos de RSS, o que repercutiu em procedimentos adotados em múltiplas organizações de saúde e, conseqüentemente, na forma do gerenciamento dos resíduos sólidos. Porém, devido as faltas identificadas nos Planos analisados, pode-se considerar que essas medidas apresentam maior dificuldade de implementação e acompanhamento, visto que as informações contidas nos PMGIRS ou PIRS serviriam de base para a execução das novas medidas.

5. CONCLUSÕES

O atendimento do conteúdo mínimo da PNRS pelos municípios, via PMGIRS ou PIRS, também depende dos Planos de Gerenciamento dos diferentes geradores de resíduos sólidos, como os resíduos de serviços de saúde e/ou outros resíduos perigosos. Assim, tendo em vista a legislação e obras com orientações sobre elaboração de PMGIRS, os Planos municipais devem conter informações quanto aos hospitais, Unidades Básicas de Saúde (UBS), bem como dos diferentes geradores que precisam apresentar Plano de Gerenciamento de RSS e das legislações municipais específicas sobre o assunto. Ademais, evidencia-se, dentre outras informações, o detalhamento das classes de RSS, a identificação do volume, tipos de tratamento e/ou destinação final. Informações imprescindíveis para o planejamento e execução de um modelo adequado de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos e, conseqüentemente, dos RSS.

A partir dos PMGIRS analisados, nota-se que a apresentação ocorre em termos gerais e/ou indefinidos, dificultando a visualização quanto ao quadro dos RSS e, dessa forma, inviabiliza precisar efetivamente a "destinação" e "disposição" por classe de resíduos, bem como dificulta o monitoramento e a tomada de novas ações. Isso fica mais premente no período de pandemia da Covid-19 e pós-pandemia. Frente aos resultados obtidos, é importante considerar no momento de revisão/atualização dos PMGIRS e/ou PIRS os avanços realizados e as novas demandas para adequações nos aspectos de planejamento e implementação de ações, buscando estabelecer procedimentos que visem melhorias na gestão dos resíduos sólidos urbanos, prezando pela saúde pública e qualidade ambiental.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004:2004. Resíduos Sólidos – Classificação.** Norma Brasileira. 2004.

AGUIAR, R. C. C.; GUARNIERI, P. S.; CERQUEIRA-STREIT, J. A. Resíduos de serviços de saúde no Distrito Federal: práticas de gestão e conhecimento da legislação. *In: SILVA, T. S. da; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. (org). Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade.* 1. ed. Recife: EDUFRPE: Gampe, 2020. p. 334 - 349.

ALBUQUERQUE, E. V. R. de ; BEZERRA, M. G. S. ; SILVA, A. P. de O. L. ; EL-DEIR, S. G. Potenciais riscos na gestão de resíduos de serviços de saúde num pronto socorro infantil da RMR – PE. *In: NUNES, I. L. da S. ; PESSOA, L. A. ; EL-DEIR, S. G. (org). Resíduos sólidos: os desafios da gestão.* 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 539 - 550.

AVENI, A. Sistemas de Saúde e Economia da Saúde – Impactos Causados pela Covid-19. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 13, n. 2, p. 477-493, abr. 2020. Disponível em: <https://cienciasmedicasbiologicas.ufba.br/index.php/nit/article/view/36091/20988>
Acesso em: 09 abr. 2021

BARBOSA, A. M. de A.; LOPES, R. L.; TAVARES, J. L.; Avaliação da logística reversa de medicamentos pós-consumo em Natal – RN. *In: NUNES, I. L. da S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (org). Resíduos sólidos: os desafios da gestão.* 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 581- 594.

BEZERRA, A. C. V. A geografia da saúde frente à crise da pandemia de Covid-19. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, Dossiê “Conjuntura no Brasil: retrocessos sociais e ações de resistência”, n. 42, v. 4, p. 135-151, dez. 2020.
Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/7766/5865> Acesso em: 09 abr. 2021

BORGES, A. C. G.; PUPIN, P. L. F.; BRITTO, M. Publicização dos planos municipais e intermunicipais de resíduos sólidos do estado de São Paulo. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 16, n.2, p. 46-63, jul./dez. 2018. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/view/13450> Acesso em: 13 abr. 2021

BRASIL. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 358 de 29 de abril de 2005.** Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462>
Acesso em: 07 abr. 2021

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF: Presidência da República. 2010a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm
Acesso em: 06 abr. 2021

BRASIL. **Decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010.** Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010 e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF: Presidência da República. 2010b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm
Acesso em: 06 abr. 2021

BRASIL. **Resolução RDC nº 222 de 28 de março de 2018.** Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências. 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/8436198/do1-2018-03-29-resolucao-rdc-n-222-de-28-de-marco-de-2018-8436194. Acesso em: 06 abr. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 10.388 de 5 de junho de 2020.** Regulamenta o § 1º do caput do art. 33 da Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 e outros. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10388.htm Acesso em: 06 abr. 2021

CERQUEIRA-STREIT, J. A.; GUARNIERI, P. S. Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos: considerações a partir de estudos publicados. *In*: SILVA, T. S. da; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. (org). **Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade**. 1. ed. Recife: EDUFRPE: Gampe, 2020. p.122-134.

CHAVES, G. de L. D.; SIMAN, R. R.; SENA, L. Ferramenta de avaliação dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: parte 1. **Engenharia Sanitária e Ambiental** [online],[S. l.], v. 25, n. 1, p. 167-179, Jan. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/esa/v25n1/1809-4457-esa-25-01-167.pdf> Acesso em: 08 abr. 2021.

CONASS - CONSELHO NACIONAL DE SECRETÁRIOS DE SAÚDE. **Painel de análise do excesso de mortalidade por causas naturais no Brasil em 2020.** Documento não paginado. mar. 2021. 2021a. Disponível em: <https://www.conass.org.br/indicadores-de-obitos-por-causas-naturais/>. Acesso em: 10 abr. 2021.

CONASS - CONSELHO NACIONAL DE SECRETÁRIOS DE SAÚDE. **Painel CONASS Covid-19 por UF:** São Paulo. Documento não paginado. Última atualização 04 abr. 2021. 2021b. Disponível em: <https://www.conass.org.br/painelconasscovid19/> Acesso em: 10 abr. 2021

CONCEIÇÃO, M. R.; MARIANO NETO, M.; PINTO FILHO, J. L. de O. Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde: estudo de caso numa maternidade de Pau dos Ferros – RN. *In*: AGUIAR, A.C. de; SILVA, K. A. da; EL-DEIR, S. G. (org). **Resíduos Sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 296 - 309.

COSTA, A. M.; PUGLIESI, É. Análise dos manuais para elaboração de planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos. **Engenharia Sanitária e Ambiental** [online],[S. l.], v. 23, n.

3, p. 509-516, Jun. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/esa/v23n3/1809-4457-esa-23-03-509.pdf> Acesso em: 08 abr. 2021

GUTBERLET, J. Aspectos sociales de los residuos sólidos en el Sur global. **Informe Mundial sobre ciências sociais 2013: câmbios ambientais globais**. CICS/UNESCO, p. 326-332, 2013. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/world-social-science-report-2013_9789264203419-en Acesso em: jun. 2019.

HORTON, R. Offline: Covid-19 is not a pandemic. **The Lancet**, [S. l.], v. 396, p. 874, set. 2020. Disponível em: <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2820%2932000-6> Acesso em: 06 abr. 2021

HOFFMANN, R. X.; SANTANA, L. S.; FREITAS, V. L. Enfermagem e higienização no gerenciamento dos resíduos sólidos de saúde. **Revista de enfermagem UFPE online**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 1-17, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistaenfermagem/article/view/244428> Acesso em: 09 abr. 2021

ITO, N. C.; PONGELUPPE, L.S. O surto da Covid-19 e as respostas da administração municipal: munificência de recursos, vulnerabilidade social e eficácia de ações públicas. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 54, n. 4, p. 782-838, ago. 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/rap/v54n4/pt_1982-3134-rap-54-04-782.pdf. Acesso em: 09 abr. 2021

LINS, E. A. M.; SANTOS, V. A. de A. Plano de gerenciamento de resíduos domésticos: estudo de caso em condomínio em Paulista – PE. *In*: SILVA, T. S. da; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. (org). **Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade**. 1. ed. Recife: EDUFRPE: Gampe, 2020. p. 283 - 295.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, cap. 3, 1986.

MACHADO, G. B. **Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde**. Portal Resíduos Sólidos. atualizado por FERREIRA, A. L., ago. 2018. Documento não paginado. Disponível em: <https://portalresiduossolidos.com/tratamento-de-residuos-de-servicos-de-saude> Acesso em: 09 abr. 2021

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas 2003.

NOGUEIRA, D. N. G; ALIGLERI, L.; SAMPAIO, C. P. Resíduos de Serviços de Saúde: implicações no cenário da pandemia do novo coronavirus. **Advances in Nursing and Health**, Londrina, v. 2, p. 11-15, 2020. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/anh/article/view/39760/27952> Acesso em: 09 abr. 2021

OLIVEIRA, A. C.; SANTANA, A. F. de; SILVA, A. P. C. da; SILVA, R. de A. e. Os desafios enfrentados por gestores na implantação de planos PGRSS em estabelecimentos públicos de saúde. *In*: MELLO, D. P. de ; EL-DEIR, S. G. ; SILVA, R. C. P. da; SANTOS, J. P. de O. (org). **Resíduos sólidos: gestão pública e privada**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 64 - 78.

SANTOS, W. da S.; BELLO, F. M. N. de A.; MESQUITA, J. B. de; ALVES, A. de O. Acondicionamento e destinação de resíduos biológicos em uma empresa de assistência médica do Recife – PE. *In*: NUNES, I. L. da S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (org). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 568 - 580.

SANTOS JÚNIOR, J. I. dos; GUEDES, F. L.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. I. de. Panorama da coleta, da disposição final e das tecnologias de resíduos de serviço de saúde no Nordeste brasileiro. *In*: ALMEIDA, I. M. S. de; GUEDES, F. L. ; EL-DEIR, S. G. ; MENEZES, N. S. de. (org). **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia**. 1. ed, Recife: EDUFRPE: Gampe/UFRPE, 2021, p. 579 - 591.

SÃO PAULO (Estado). **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, CEPAM, CETESB. 2013. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/cpla/2012/09/Apostila_Girem_2013.pdf Acesso em: 13 abr. 2021

SILVA, K. A. da; ALMEIDA, I. M. S. de; EL-DEIR, S. G. Gerenciamento dos resíduos sólidos nos planos de manejo do arquipélago de Fernando de Noronha - PE. *In*: NUNES, I. L. da S. ; PESSOA, L. A. ; EL-DEIR, S. G. (org). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 53-65.

SILVA, M. H. A. da; PROCÓPIO, I. M. A fragilidade do sistema de saúde brasileiro e a vulnerabilidade social diante da Covid-19. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, [S. I.], v. 33, 2020, p. 1- 12. Disponível: <https://periodicos.unifor.br/RBPS/article/view/10724> Acesso: 10 abr. 2021

TEODOSIO, A. S. S.; DIAS, S. F. L. G.; SANTOS, M. C. L. dos. Procrastinação da política nacional de resíduos sólidos: catadores, governos e empresas na governança urbana. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 68, n. 4, p. 30-33, dez. 2016. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252016000400011&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 06 out.2019.

TONIN, L.; LACERDA, M. R.; CACERES, N. T. G.; HERMANN, A. P. Recomendações em tempos de Covid-19: um olhar para o cuidado domiciliar. **Revista Brasileira de Enfermagem** [online], [S. I.], v. 73, supl. 2, e20200310, 2020, p. 1-5. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/reben/v73s2/pt_0034-7167-reben-73-s2-e20200310.pdf Acesso em: 09 abr. 2021

3.3 VISÃO GLOBAL DA COVID-19; IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS NA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS HOSPITALARES E ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

ANGELO, Gabriel Fernandes

Gampe/UFRPE

gabrielfernandesangelo@gmail.com

SILVA, Thaísia Venância Barbosa da

Gampe/UFRPE

thaisia.tata@yahoo.com

SILVA, Thamirys Suelle da

Gampe/UFRPE

thamiryssuelle@gmail.com

EL-DEIR, Soraya Giovanetti

Gampe/UFRPE

sorayageldeir@gmail.com

RESUMO

Surto virais acompanham a humanidade há tempos. A pandemia provocada pela gripe espanhola, 1918 a 1920, afetou 50 milhões de pessoas no mundo. Em março de 2020, a Organização Mundial da Saúde anunciou a pandemia provocada pelo SARS-CoV-2, e após um ano, as autoridades sanitárias informaram que mais de 134 milhões de indivíduos em todos continentes haviam sido afetados pela doença. Deseja-se, nesse contexto, ter uma visão global gerada pela pandemia Covid-19 e as implicações ambientais na gestão dos resíduos sólidos e os aspectos socioeconômicos. Para isso realizou-se análises a partir do levantamento bibliográfico, e de dados divulgados por órgãos sanitários e ambientais internacionais na gestão da crise epidemiológica, relatórios de instituições financeiras internacionais (base documental). A base bibliográfica envolveu, também, a busca de artigos nas plataformas *ScienceDirect* e *Google Scholar*. A doença Covid-19 alterou a rotina mundial de forma abrupta. Para contê-la, os países impuseram à população medidas restritivas de locomoção afetando as relações sociais e as economias. O Produto Interno Bruto das maiores potências mundiais foi negativo ao final de 2020. A pandemia ultrapassou as fronteiras de todos continentes. Precisa-se de convergência nas ações aumentando a cooperação internacional para gerar uma sociedade global sustentável baseada no respeito pela natureza, nos direitos humanos universais, na justiça econômica e em uma cultura de paz.

PALAVRAS- CHAVE: Economia, Meio ambiente, Pandemia

1. INTRODUÇÃO

O surgimento de novas doenças zoonóticas (que passam dos animais para os humanos) altamente patogênicas causadas por CoVs, como Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS), Síndrome Respiratória do Oriente Médio (MERS) e, mais recentemente, SARS-CoV-2 traz à tona questões a serem abordadas para orientar políticas de saúde pública em todo mundo (RANDAZZO *et al.*, 2020; ALVES *et al.*, 2021). Globalmente, o SARS-CoV envolveu, no ano de 2003, 32 países. O MERS-CoV se espalhou por 27 nações, no período de abril de 2012 a dezembro de 2019. No entanto, o novo coronavírus se espalhou rapidamente pelas fronteiras dos países da Ásia, em dezembro de 2019. Em março de 2020 já tinha atingido mais de 200 países.

A pandemia causou emergência global e levantou preocupações sociais e econômicas que também afetaram as questões ambientais incluindo resíduos sólidos urbanos (RSU) e gestão de resíduos hospitalares perigosos (KULKARNI; ANANTHARAMA, 2020; MENEZES *et al.*, 2021). A Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou que a gestão de resíduos é um serviço público essencial para vencer a Covid-19 e alertou que seus impactos na saúde humana, economia e meio ambiente causam graves consequências (OMS, 2020a).

O Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC), divulgou que o vírus tem fácil transmissão entre pessoas (CDC; SILVA, 2021). No entanto, Heneghan *et al.* (2021) realizaram pesquisas financiadas pela OMS revisando trabalhos anteriores e afirmaram serem fracas as evidências da rota de transmissão aérea. A Convenção da Basiléia solicitou que a gestão de resíduos sólidos durante a Covid-19 seja tratada como um serviço público essencial e urgente (UNEP, 2020; PNUMA, 2020). A pandemia está afetando a indústria de reciclagem (BIR, 2020).

Nesse sentido, essa pesquisa avaliou como a pandemia afetou todos continentes na área ambiental, especialmente em relação à gestão dos resíduos sólidos além dos impactos provocados nas áreas socioeconômicas.

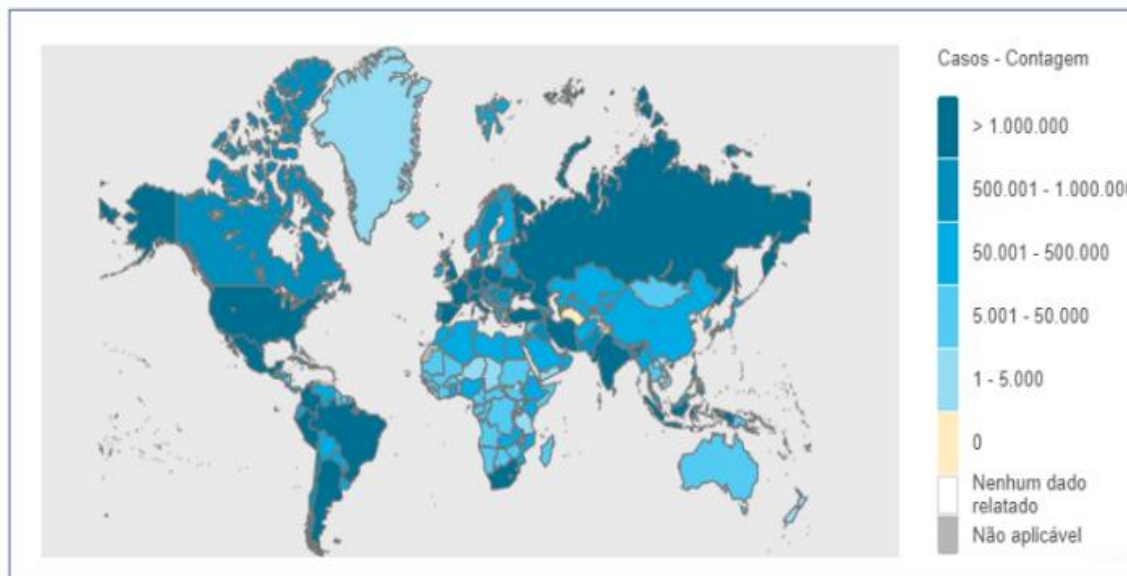
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Covid-19 impactou a geração de resíduos sólidos urbanos (MEDEIROS; GOUVEIA; GUEDES, 2021), a qualidade do ar das grandes metrópoles (EEA, 2020), a saúde física e mental das pessoas (XIAO, 2020) e a economia global (WORLD BANK, 2021a; FMI, 2020a). A OMS anunciou que cerca de 89 milhões de máscaras médicas são necessárias para a responder às necessidades da Covid-19 a cada mês (OMS, 2020b). Para luvas de exame, são 76 milhões e óculos de proteção, 1,6 milhão por mês. O aumento da produção e do consumo de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) deu origem a um novo desafio ambiental (FADARE; OKOFFO, 2020).

A *United Nations* (UN) alertou que se vivencia uma crise global de saúde, socioeconômica e ambiental. Em março 2021, a OMS (OMS, 2021a) informou que houve 125.781.957 casos confirmados da Covid-19 no mundo, com 2.759.432 mortes. A

distribuição da Covid é global, com milhões de casos da Covid-19 até a referida data (Figura 1).

Figura 1 – Mapa Mundial (registro de casos da Covid-19)

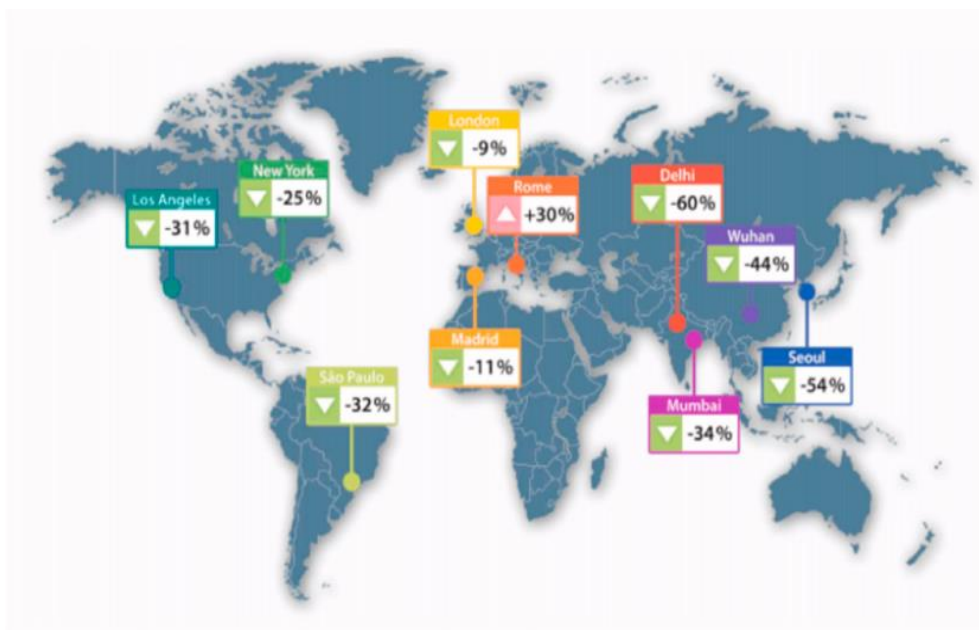


Fonte: Organização Mundial da Saúde (2020)

A gestão de resíduos sólidos, o fornecimento de água potável, o saneamento e condições higiênicas são essenciais para prevenir a Covid-19 (OMS, 2020c; OMS, 2020d; COSTA, 2021). Para Sanjuan-Reyes, Gómez-Oliván e Islas-Flores (2020), a gestão segura de resíduos é crítica durante a pandemia. Alguns países abandonaram seus programas de reciclagem e gerenciamento de resíduos devido ao risco de disseminação do vírus SARS-CoV-2 (ZAMBRANO-MONSERRATE; RUANO; SANCHEZ-ALCALDE, 2020; OLIVEIRA; PEREIRA; SOUSA, 2021). O aumento do volume de resíduos de atendimento hospitalar pode afetar negativamente o meio ambiente (KULKARNI; ANANTHARAMA, 2020). Já a má gestão de resíduos sólidos (RS) é uma questão global, tendo representatividade em termos de contaminação ambiental (FERRONATO; TORRETTA, 2019; BOMFIM; SILVA, 2021).

Os primeiros estudos estimaram um impacto indireto positivo no meio ambiente face a diminuição de emissões gasosas e outros poluentes devido as restrições da movimentação das pessoas pelas cidades. Especialistas em clima previram que as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) poderiam cair a proporções nunca antes vistas desde a Segunda Guerra Mundial (ZAMBRANO-MONSERRATE; RUANO; SANCHEZ-ALCALDE, 2020). A suspensão das atividades econômicas interferiu fortemente na qualidade do ar de forma positiva nas grandes metrópoles (SUTHAR *et al*, 2021). A redução da poluição atmosférica em grandes cidades no mundo foi observada (Figura 2), especialmente durante o período de 23 de março a 13 de abril de 2020 (IQAir, 2020).

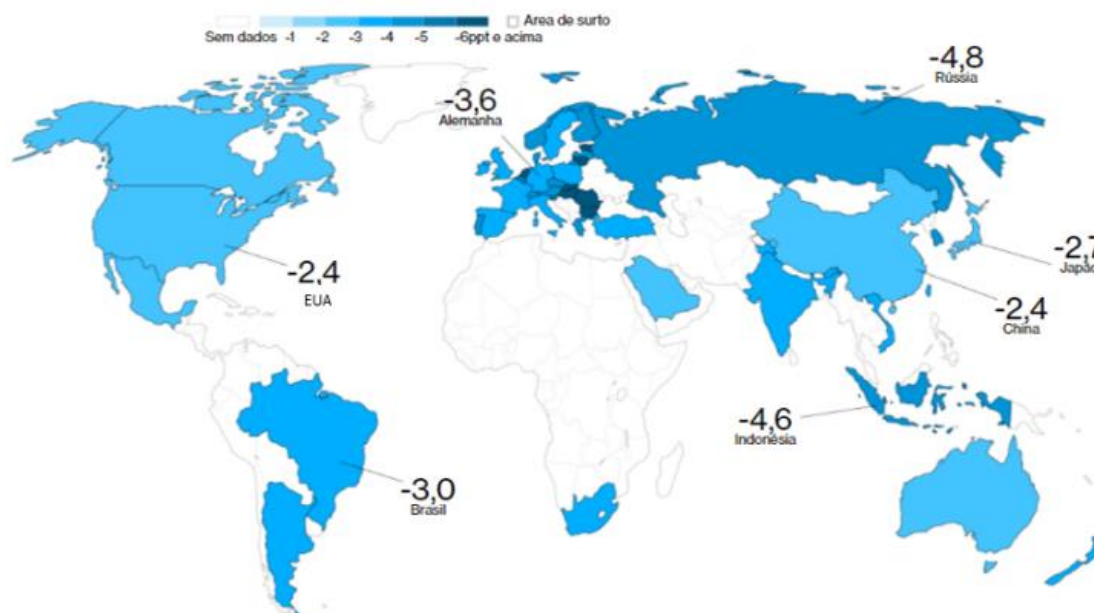
Figura 2 - Relatório Mundial de Qualidade do Ar de 2020



Fonte: IQAir (2020)

A economia mundial sofreu uma crise sem precedentes e o prolongamento da pandemia aumentou a escala da tragédia socioeconômica. Duzentos e cinquenta milhões de empregos já foram perdidos (WORLD BANK, 2021b). A projeção percentual do Produto Interno Bruto (PIB) de países que estão entre as maiores economias mundiais apresentou decaimento (Figura 3). Espera-se uma queda nas riquezas nacionais devido a pandemia ao final de 2020 (BLOOMBERG, 2020).

Figura 3 – Evolução do PIB (percentual) esperado para ano 2020



Fonte: Bloomberg Economics (2020)

2.1. A COVID-19 NO MUNDO E O IMPACTO NOS PILARES DA SUSTENTABILIDADE

Para o World Bank (2021c), a recuperação social econômica e ambiental dos países atingidos pela pandemia passa pela sustentabilidade. Os impactos desiguais da Covid-19 demonstram a importância de agilizar a implementação da Agenda 2030 (UN, 2021a; MENDONÇA; OLIVEIRA; LIMA, 2021). A estratégia na gestão de resíduos, vinculada ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6, é um fator decisivo para atenuar a transmissão da Covid-19 via RS (NZEDIEGWU; CHANG, 2020; ABREU; GOMES; TAVARES, 2021). O ODS 9 fomenta a sustentabilidade e inovação (UN, 2021a). Afirmam Sumner et al (2020) que o impacto global da atual pandemia representa um verdadeiro desafio para atingir o ODS número 1 da Organização das Nações Unidas (ONU) de acabar com a pobreza até 2030.

A União Africana agiu rapidamente, mas capacidades mínimas para testar e relatar casos pode significar que os números oficiais não fornecem uma imagem completa do conjunto de casos Covid-19 na África (UN, 2020c). A região mais vulnerável do continente é a África Subsaariana (ASS) também denominada de África negra, sendo considerada a região mais pobre do mundo (SARAIVA, 2008). O Banco Mundial (WORLD BANK, 2021a) relaciona 48 países na formação do bloco econômico da ASS.

A pandemia revelou a importância de uma preparação e resposta coerentes, decisivas e centralizadas aos 27 países que constituem a União Europeia (UE) e os 23 que não fazem parte do bloco (UE, 2021). O Observatório Europeu de Sistemas e Políticas de Saúde e a OMS trocaram informações e desenvolveram estratégias comuns para enfrentar a Covid-19 (WHO, 2020). Em março 2020, a OMS declarou que a Europa se tornou o novo epicentro da pandemia (CNBC, 2020a). A UE emitiu comunicado com diretrizes sobre a gestão de resíduos para garantir um alto nível de proteção à saúde humana e ambiental (UE, 2020).

Existem 48 países na Ásia (WORLDMETERS, 2020). A China foi seriamente afetada pela doença no primeiro trimestre de 2020 e os principais índices econômicos apresentaram uma grande queda (MIT PRESS DIRECT, 2020). O pico de geração de resíduos hospitalares ocorreu em março 2020 (WEI, 2020). Países em desenvolvimento da região despejam resíduos sólidos em aterros abertos, potencializando a propagação da Covid-19 e outros patógenos (SANGKHAM, 2020). A estratégia japonesa de enfrentar a Covid-19 foi diferente da maioria dos países, porque manteve as atividades sociais e econômicas (BBC, 2020).

A Covid-19 já se propagou em todos os 54 países das Américas. O primeiro caso foi identificado nos Estados Unidos da América (EUA) em janeiro de 2020 e o segundo, no Brasil, em fevereiro 2020, de acordo com a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS, 2020). A América Latina e Caribe se tornaram focos da pandemia (UN, 2020a). Apesar do afastamento, Álvarez *et al.* (2020) registraram que a Antártida não estava isenta de contaminação ambiental. Em dezembro 2020, o coronavírus chegou à Antártida, o único continente que estava livre da Covid-19 (REUTERS, 2020).

A Oceania é formada por cerca de 10 mil ilhas além de três países maiores, que são a Nova Zelândia, Papua-Nova Guiné e a Austrália (ESCOLA BRITANNICA, 2021). A distância forneceu alguma proteção inicial contra a pandemia global mas não impediu a chegada da Covid-19 ao continente (WORLD BANK, 2021d).

3. METODOLOGIA

O método de pesquisa se estruturará de forma exploratória descritiva, com uma abordagem qualiquantitativa (GIL, 2017). A pesquisa foi desenvolvida através de sítios eletrônicos (DE ARAÚJO *et al.*, 2021), por meio de levantamentos bibliográfico e documental envolvendo, artigos científicos e de dados divulgados por órgãos sanitários e ambientais internacionais na gestão da pandemia, relatórios de instituições financeiras internacionais, revistas especializadas (base documental) para o levantamento bibliográfico, busca por artigos científicos recorreu-se as plataformas *ScienceDirect* e *Google Scholar*. Usando como referencia de busca os termos: SARS-Cov-2, COVID-19, PANDEMIA, associados com o operador lógico booleano *AND*. Para Marconi e Lakatos (2002), o pesquisador deve certificar-se do método trabalhado e se está corretamente delimitado. Para atingir esse objetivo na coleta de documentos, também denominados de fontes primárias, deve tomar como base, trabalhos já realizados por estudiosos anteriores. Segundo Gil (2017), a utilização de material público para se aproximar do tema é um método que eleva o conhecimento porque são importantes fontes documentais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vacina atingiu, até meados de abril 2021, 6% da população global, mas a distribuição está desigual. Estima-se que, até julho 2021, os EUA imunizem 75% da população enquanto, na ASS, diversos países não têm vacinas (BLOOMBERG, 2021; OMS, 2021b). Dados de março 2021 mostravam que os casos confirmados da Covid-19 continuavam a aumentar em todos continentes e cientistas e a OMS divulgaram que não havia relatório conclusivo como o novo coronavírus se espalhou pela primeira vez para humanos (OMS, 2021c; OMS, 2021d). Espera-se, no mundo, um aumento de 71 milhões de pessoas na faixa da pobreza extrema por causa dos efeitos da pandemia (UN, 2021b). O FMI projetou, em junho 2020, uma redução do PIB global em 4,9%.

O primeiro caso da Covid-19 no continente Africano foi registrado em fevereiro 2020. Em maio, todos os 54 países já relatavam ocorrências da doença (UN, 2020b). O *World Bank* (WORLD BANK, 2021a) projetou que o PIB da ASS deve cair 3,3% em 2020. Monié (2020) registra que a Covid-19 na ASS foi notificada com atraso de dois meses em relação aos primeiros caso na China, provavelmente por motivações políticas (COLOMBO *et al.*, 2020). A população da ASS já é afetada por outras doenças infecciosas (SCIENCE, 2021).

A OMS (2021e) afirma que a vacinação previne a Covid-19 e salva vidas. Em março 2021, 462.824.374 doses de vacina foram administradas em todo mundo (Figura 4), havendo distribuição global desigual de vacinação no período. Alguns países da ASS se

destacam negativamente por não apresentarem dados referentes a vacinação de suas populações.

Figura 4 – Mapa Mundial (registro de vacinação)



Fonte: Organização Mundial da Saúde (2020)

Segundo a *European Environment Agency* (EEA, 2020) a pandemia espalha-se pela Europa e o FMI (2020b) projetou que a atividade econômica europeia cairá 7% em 2020. Segundo a *The Lancet* (2021), a Europa enfrenta a terceira onda da doença e a implantação da vacina estava lenta ao final do primeiro trimestre de 2021. Em abril 2021, a *WORLD HEALTH ORGANIZATION* (WHO, 2021) divulgou que a Europa acumula 48.473.383 casos confirmados da Covid-19 e ultrapassou 1 milhão de mortes.

A China conseguiu recuperar a economia após uma queda de 10% no primeiro trimestre e encerrou o ano de 2020 com crescimento no PIB de 2,3% (IPEA, 2021a). O volume de resíduos hospitalar no país mais populoso do mundo era de cerca de 45 t.d⁻¹ antes do início da pandemia. Aumentou para 110-150 t.d⁻¹ em meados de fevereiro 2020 e atingiu um pico de 247 t.d⁻¹ no início de março 2020 (PURNOMO; KURNIAWAN; AZIZ, 2021). As políticas de saúde e sanitária implementadas no Japão não surtiram o efeito esperado e o impacto econômico foi inevitável com mais de 100 mil postos de empregos perdidos e elevação de casos de contaminação pela Covid-19 (NHK, 2021). A economia japonesa encolheu em 2020 e o PIB fechou negativo em 4,8% (INFOMONEY, 2021). Trabalhadores japoneses que tratam resíduos foram contaminados pela Covid-19 e a rota de infecção era desconhecida o que levou ao fechamento temporário de unidades de processamento de resíduos (THE JAPAN TIMES, 2020). O PIB da Índia caiu 8,5% em 2020 (WORLD BANK, 2021e) e a Covid-19 ainda representa um risco para recuperação das atividades em 2021 (KULKARNI; ANANTHARAMA, 2020). O país asiático enfrenta nova onda de contaminação e já é o segundo país com maior incidência da doença (INDIATODAY, 2021). Até a primeira quinzena de abril 2021, 14.521.683 indianos contraíram a Covid-19 e 174.308 morreram vítimas da SARS-CoV-2 (ALJAZEERA, 2021).

O continente americano está em recessão e projeta-se uma queda no PIB de 9,1% (UN, 2020b). Segundo a OPAS (2020), as Américas foram o epicentro da pandemia no primeiro semestre de 2020 porque, juntos, os EUA e Brasil representaram 75% de todos os casos e 74% de todas as mortes. Em abril 2021, segundo a OMS (2021a), os EUA contavam com 31.103.006 casos da Covid-19 e 559.010 mortes e o Brasil, 13.673.507 casos e 361.884 mortes. A gestão dos resíduos sólidos nos EUA foi declarada serviço essencial (SWANA, 2020). No Brasil, verificou-se divergências porque a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2020) recomendou a interrupção da coleta seletiva durante a pandemia. A mesma orientação teve a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES, 2020) em informe técnico. O Governo federal considerou o manejo dos resíduos sólidos como serviço essencial pelo Decreto Federal nº 10.282 (BRASIL,2020a) - que regulamenta a Lei nº 13.979 (BRASIL, 2020b).

A Covid-19 atingiu o continente antártico, em dezembro 2020 (REUTERS, 2020). A Oceania registrou, em abril 2021, pelo menos 59.700 infecções do novo coronavírus e 1.100 mortes (REUTERS, 2021). Segundo Bloomberg (2020), o SARS-CoV-2 está se globalizando e pode causar profunda recessão na economia mundial com impactos sociais e ambientais provocando um total de US\$ 2,7 trilhões em perda de produção - equivalente a todo o PIB do Reino Unido.

5. CONCLUSÃO

O trabalho apresentou um panorama global da Covid-19 nos continentes, abordando as consequências ambientais na gestão dos resíduos sólidos e os aspectos socioeconômicos provocados pela pandemia. Destacou-se países/áreas geográficas relevantes nas relações internacionais.

Evidenciou-se que o SARS-CoV-2 impactou a rotina mundial. As autoridades sanitárias impuseram restrições de locomoção às pessoas para minimizar a transmissão da Covid-19. Tal medida, adotada pela maioria dos gestores mundiais, provocou um colapso na economia global e as maiores potências industriais registraram PIB negativo ao fim de 2020. O meio ambiente registrou impacto positivo nas emissões de GEE, pela redução da atividade industrial. Porém, foi afetado pelo aumento expressivo no volume de resíduos hospitalares provenientes de EPI que não tiveram a gestão adequada em alguns continentes estudados. Na esfera social, prevê-se o aumento das desigualdades entre países ricos e pobres porque ganhos sociais podem retroagir a indicadores dos anos 90 e, na imunização da doença Covid-19, observa-se desigualdade na distribuição das vacinas.

Ponderações devem ser feitas diante de fatos recentes que podem evidenciar que a pandemia está longe de ser vencida podendo, inclusive, agravar a crise global e retardar a recuperação econômica aprofundando o quadro social e gerando impactos ambientais negativos. Cientistas e organismos internacionais ainda não têm relatórios conclusivos como o SARS-CoV-2 se espalhou pela primeira vez para humanos. As vacinas (que foram desenvolvidas em 10 meses quando o tempo normal seria 10 anos) imunizaram apenas 6 % da população mundial até a elaboração desta pesquisa. E, recentíssimo estudo científico

financiado pela OMS revisou trabalhos relacionados a transmissão aérea do SARS-CoV-2 e relatou não ser possível fazer conclusões firmes sobre a rota de transmissão aérea porque os estudos demonstraram evidências fracas, fato que pode exigir, se confirmado, a revisão dos protocolos de transmissão aérea do novo coronavírus.

Finalmente, devido à dinâmica dos acontecimentos, é pertinente que futuras pesquisas avaliando a dimensão global da Covid-19 e seus impactos socioeconômicos e ambientais sejam desenvolvidas para avaliar os cenários a égide de novas descobertas científicas.

REFERÊNCIAS

ABES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Recomendações para a gestão de resíduos em situação de pandemia por coronavírus (covid-19)**. 2020. Disponível em: <http://abes-dn.org.br/?p=33224> Acesso em: 09 abr. 2021.

ABREU, R.E.O.; GOMES, E.S.; TAVARES, C.M. Risco de contágio por Covid-19 no descarte de resíduos sólidos no litoral de Pernambuco. In: EL-DEIR, S.G. (Org.) **Resíduos Sólidos: COVID-19**. 1ª Edição Especial. Recife: EDUFRPE, p.63-71, 2021.

AIR, IQ. Global map of PM2.5 exposure by city in 2020. COVID-19 Air Quality Report. 2020. Disponível em: <https://www.iqair.com/world-air-quality-report> Acesso em: 04 abr. 2021.

ALJAZEERA. **News - Coronavirus pandemic. India reports another record daily increase in COVID infections**. 2021. Disponível em: <https://www.aljazeera.com/news/2021/4/16/india-reports-another-record-daily-rise-in-covid-infections> Acesso em: 16 abr. 2021.

ÁLVAREZ, L. M. M.; GUREVICH, J. M.; MAC CORMACK, W.P. Environmental factors affecting reproducibility of bioremediation field assays in Antarctica. **Cold Regions Science and Technology**, v. 169, p. 102915, 2020. DOI: <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.coldregions.2019.102915>

ALVES, N. B. P.; SÁ, A. C. N.; SILVA, T. A. S. S.; EL-DEIR, S. G. Influência da pandemia por Covid-19 na geração de resíduos de serviço de saúde: Uma revisão. In: EL-DEIR, S.G. (Org.) **Resíduos Sólidos: COVID-19**. 1ª Edição Especial. Recife: EDUFRPE, p.228-238, 2021.

BBC - BRITISH BROADCASTING CORPORATION. **Covid-19 pandemic: Japan's controversial strategy of 'living' with the coronavirus**. 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-54447391> Acesso: 07 abr. 2021

BIR - BUREAU INTERNATIONAL RECYCLING. **COVID-19: Update by BIR member national associations - The world is moving provisionally to the reopening phase**. 2020. Disponível em: <https://bir.org/news-press/news/item/covid-19-update-by-bir-member-national-associations-the-world-moves-tentively-into-reopening-phase> Acesso em: 04 abr. 2021.

BLOOMBERG. **Coronavirus can cost the global economy \$ 2.7 trillion**.

The coronavirus is globalizing and could paralyze the world economy. 2020. Disponível em: <https://www.bloomberg.com/graphics/2020-coronavirus-pandemic-global-economic-risk/> Acesso em: 09 abr. 2021.

BLOOMBERG. **Vaccine Tracker**. 2021. Disponível em: <https://www.bloomberg.com/graphics/covid-vaccine-tracker-global-distribution/> Acesso em: 09 abr. 2021.

BOMFIM, H. T. C.; SILVA, T. S. Resíduos sólidos; potencial de contágio por Covid-19 e outros patógenos em terminais integrados de ônibus. In: EL-DEIR, S.G. (Org.). **Resíduos Sólidos: COVID-19**. 1ª Edição Especial. Recife: EDUFRPE, p.82-95, 2021.

BRASIL. Decreto nº 10.282 de 20 março de 2020. Regulamenta a Lei nº 13.979, de 6 de fevereiro de 2020, para definir os serviços públicos e as atividades essenciais. 2020a. **Diário Oficial da União**, 20 mar. 2020.

BRASIL. Lei nº 13.979 de 6 fevereiro de 2020. Dispõe sobre as medidas para enfrentamento da emergência de saúde pública de importância internacional decorrente do coronavírus responsável pelo surto de 2019. 2020b. **Diário Oficial da União**, 07 fev. 2020.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **CETESB recomenda interrupção da coleta seletiva manual durante a pandemia**. 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/blog/2020/04/09/cetesb-recomenda-interruptao-da-coleta-seletiva-manual-durante-a-pandemia/> Acesso em: 09 abr. 2021.

CDC - CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): how easily the virus spreads**. 2020a. Disponível em: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/how-covid-spreads.html> . Acesso em: 04 abr. 2021.

CNBC - CONSUMER NEWS AND BUSINESS CHANNEL. **Health and science. Europe is now the ‘epicenter’ of the coronavirus pandemic, says WHO**. 2020a. Disponível em: <https://www.cnn.com/2020/03/13/europe-is-now-the-epicenter-of-the-coronavirus-pandemic-who-says.html> . Acesso em: 07 abr. 2021.

CNBC - CONSUMER NEWS AND BUSINESS CHANNEL. **Health and science. South America is a ‘new epicenter’ of the coronavirus pandemic, says WHO**. 2020b. Disponível em: <https://www.cnn.com/2020/05/22/south-america-is-a-new-epicenter-of-the-coronavirus-pandemic-who-says.html> Acesso em: 07 abr. 2021.

COLOMBO, S.; SCUCCATO, R.; FADDA, A.; CUMBI, AJ. COVID-19 in Africa: the little we know and the lot we ignore **Epidemiologia e prevenzione**. v. 44, n. 5-6 Suplemento 2, pág. 408-422, 2020. DOI: <https://doi.org/10.19191/ep20.5-6.s2.146>

COSTA, R. C. Dinâmicas do saneamento básico, resíduos sólidos e Covid-19 na cidade de Manaus-AM. In: EL-DEIR, S.G. (Org.) **Resíduos Sólidos: COVID-19**. 1ª Edição Especial. Recife: EDUFRPE, p.38-50, 2021.

DE ARAÚJO, V.G.M.; ARAGÃO JÚNIOR, W.R.; BARBOSA, G.S.; EL-DEIR, S.G. Utilização das tecnologias da informação e comunicação (TIC) na educação para sustentabilidade em tempos de pandemia. In: EL-DEIR, S.G. (Org.) **Resíduos Sólidos: COVID-19**. 1ª Edição Especial. Recife: EDUFRPE, p.24-37, 2021.

EEA – EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Abstract. COVID-19 and Europe's environment: impacts of a global pandemic.** 2020. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/publications/covid-19-and-europe-s/covid-19-and-europes-environment> Acesso em: 05 abr. 2021.

ESCOLA BRITANNICA. **Oceania.** 2021. Disponível em: <https://escola.britannica.com.br/artigo/Oceania/482088> . Acesso em: 15 abr. 2021.

FADARE, O.O.; OKOFFO, E. D. Covid-19 face masks: A potential source of microplastic fibers in the environment. **The Science of the Total Environment**, v. 737, p. 140279, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016%2Fj.scitotenv.2020.140279> .

FERRONATO N, TORRETTA V. Waste Mismanagement in Developing Countries: A Review of Global Issues. **International Journal of Environmental Research and Public Health**. 2019. Volume 16, 6 ed. DOI: 10.3390 / ijerph16061060.

FMI – FUNDO MONETÁRIO INTERNACIONAL. **Covid 19. Facing the crisis: priorities for the global economy.** 2020a. Disponível em: <https://www.imf.org/en/News/Articles/2020/04/07/sp040920-SMs2020-Curtain-Raiser> . Acesso em: 13 abr. 2021.

FMI – FUNDO MONETÁRIO INTERNACIONAL **Regional Economic Perspectives: Europe.** 2020b. Disponível em: <https://www.imf.org/en/Publications/REO/EU/Issues/2020/10/19/REO-EUR-1021> Acesso em: 13 abr. 2021.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

HENEGHAN, C.; SPENCER, E. A.; BRASSEY, J.; PLÜDDEMANN, A.; ONAKPOYA, I. J.; EVANS, D.; JEFFERSON, T. SARS-CoV-2 and the role of airborne transmission: a systematic review. **F1000 Research**, v. 10, n. 232, p. 232, 2021. DOI: <https://doi.org/10.12688/f1000research.52091.1> .

INDIATODAY. **Coronavirus outbreak.**2021. Disponível em: <https://www.indiatoday.in/coronavirus-covid-19-outbreak> . Acesso em: 07 abr. 2021.

INFOMONEY. **Recuperação da demanda e exportação.** PIB do Japão tem crescimento real de 3% no 4º trimestre ante trimestre anterior, acima do esperado. 2021. Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/economia/pib-do-japao-tem-crescimento-real-de-3-no-4o-trimestre-ante-trimestre-anterior-acima-do-esperado/> Acesso em: 15 abr. 2021.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Conjuntura recente e perspectivas para a economia internacional.** 2021a. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/index.php/category/economia-mundial/> Acesso em: 15 abr. 2021.

LIU, M.; TAN, S.; ZHANG, M.; HE, G.; CHEN, Z.; FU, Z.; LUAN, C. Paper waste recycling decision system based on material flow analysis and life cycle assessment: a paper recycling case

study from China. **Journal of Environmental Management**, v. 255, p. 109859, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109859>

JAPÃO. EMBAIXADA DO JAPÃO NO BRASIL. **Aviso importante sobre as novas restrições relacionadas com o novo coronavírus.**2020. Disponível em: https://www.br.emb-japan.go.jp/itpr_pt/00_001350.html Acesso: 08 abr. 2021.

KULKARNI, B. N.; ANANTHARAMA, V. Repercussions of the COVID-19 pandemic on urban solid waste management: challenges and opportunities. **Total Environmental Science**, v. 743, p. 140693, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140693>

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MEDEIROS, R.Y.S.; GOUVEIA, T.X.; GUEDES, F.L. Potencial contágio da Covid-19 e outras doenças pelos catadores em Recife-PE. *In: EL-DEIR, S.G. (Org.) Resíduos Sólidos: COVID-19*. 1ª Edição Especial. Recife: EDUFRPE, p.177-188, 2021.

MENDONÇA, E. A. S.; OLIVEIRA, F. C. S. F.; LIMA, I. L. P. Relação entre Covid-19 e resíduos sólidos em localidades de menor IDH de Recife-PE. *In: EL-DEIR, S.G. (Org.) Resíduos Sólidos: COVID-19*. 1ª Edição Especial. Recife: EDUFRPE, p.51-62, 2021.

MENEZES, N.S.; FREITAS, B.D.L.C.; SILVA, L.C.; SOARES, G.B. Avaliação das políticas públicas brasileiras quanto a resíduos de serviços de saúde gerados em residências. *In: EL-DEIR, S.G. (Org.) Resíduos Sólidos: COVID-19*. 1ª Edição Especial. Recife: EDUFRPE, p.239-249, 2021.

MIT PRESS DIRECT. How China managed the COVID-19 pandemic. **Asian Economic Papers**, p. 101-134, 2020. DOI: https://doi.org/10.1162/asep_a_00800

NHK - JAPAN BROADCASTING CORPORATION. News. Japan lost more than 100,000 jobs due to the coronavirus pandemic. 2021. Disponível em: <https://www3.nhk.or.jp/nhkworld/pt/news/293203/> Acesso em: 08 abr. 2021.

MONIÉ, F. Sub-Saharan Africa in the face of the Coronavirus / COVID-19 pandemic: spatial diffusion impacts and challenges. **Brazilian Journal of Economic Geography**, n. 18, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4000/espacoconomia.13629>

NZEDIEGWU, C.; CHANG, S. X. Inadequate solid waste management increases the potential for the spread of COVID-19 in developing countries. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 161, p. 104947, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016%2Fj.resconrec.2020.104947>

OLIVEIRA, F.M.; PEREIRA, C. D. S.; SOUSA, T. M. I. Análise do processo de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde em instituição de ensino superior (IES). *In: EL-DEIR, S.G. (Org.) Resíduos Sólidos: COVID-19*. 1ª Edição Especial. Recife: EDUFRPE, p.250-261, 2021.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE.). **A gestão de resíduos é um serviço público essencial na luta para vencer o COVID-19**. 2020a. Disponível em:

<https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/waste-management-essential-public-service-fight-beat-covid-19> Acesso em: 04 abr. 2021.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Escassez de equipamentos de proteção individual colocando em risco os profissionais de saúde em todo o mundo.** 2020b. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/03-03-2020-shortage-of-personal-protective-equipment-endangering-health-workers-worldwide> Acesso em: 04 abr. 2021.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Água, saneamento, higiene e gestão de resíduos para SARS-CoV-2, o vírus que causa COVID-19.** Orientação provisória 29 de julho de 2020 COVID-19: Prevenção e controle de infecções / WASH. 2020c. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-IPC-WASH-2020.4> Acesso em: 01 abr. 2021.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Água, saneamento e higiene (WASH).** 2020d. Disponível em: <https://www.who.int/health-topics/water-sanitation-and-hygiene-wash> Acesso em: 4 abr.2021.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Painel do Coronavírus da OMS (COVID-19).** 2021a. Disponível em: <https://covid19.who.int/> Acesso em: 18 abr. 2021.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Apelo à ação:** declaração de equidade de vacina. 2021b. Disponível em: <https://www.who.int/campaigns/annual-theme/year-of-health-and-care-workers-2021/vaccine-equity-declaration> . Acesso em: 28 mar. 2021.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Atualização epidemiológica semanal no COVID-19 - 23 de março de 2021.** 2021c. Disponível em: <https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update-on-covid-19---23-march-2021> . Acesso em: 28 mar. 2021.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Notícias da ONU. **Relatório de origens do COVID-19 inconclusivo:** Não devemos 'deixar pedra sobre pedra' - chefe da OMS. 2021d. Disponível em: <https://news.un.org/en/story/2021/03/1088702> . Acesso em: 03 abr. 2021.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Vacinas e imunização:** o que é vacinação? 2021e. Disponível em: https://www.who.int/news-room/q-a-detail/vaccines-and-immunization-what-is-vaccination?adgroupsurvey={adgroupsurvey}&gclid=Cj0KCQjw38-DBhDpARIsADJ3kjmX0rozqPCui3m8mqYVP0IKyB8bDW3hDtcw9qh7ZbdFZikZW9ss5caAmqtEALw_wcB Acesso em: 03 abr. 2021.

OPAS - ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Novo relatório detalha ampla resposta da OPAS à pandemia de COVID-19 nas Américas.** 2020. Disponível em: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=6211:novo-relatorio-detalha-ampla-resposta-da-opas-a-pandemia-de-covid-19-nas-americas&Itemid=875 . Acesso em: 09 abr. 2021.

PNUMA - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE, 2020. **A gestão de resíduos é um serviço público essencial na luta para vencer o COVID-19.** Disponível em:

<https://www.unenvironment.org/news-and-stories/press-release/waste-management-essential-public-service-fight-beat-covid-19> . Acesso em: 03 mar. 2021.

PURNOMO, C.W.; KURNIAWAN, W.; AZIZ, M. Technological review on thermochemical conversion of COVID-19-related medical. 2021. wastes, **Resources, Conservation and Recycling**, Volume 167, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105429>.

RANDAZZO, W.; TRUCHADO, P.; CUEVAS-FERRANDO, E.; SIMÓN, P.; ALLENDE, A.; SÁNCHEZ, G. SARS-CoV-2 RNA in wastewater anticipated the occurrence of COVID-19 in an area of low prevalence. **Water Research**, v. 181, p. 115942, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115942> .

REUTERS. **World News. Coronavirus reaches the ends of the Earth when it reaches Antarctica.** 2020. Disponível em: <https://www.reuters.com/article/saude-corona-antartida-idBRKBN28W2GM-OBRWD> . Acesso em: 15 abr. 2021.

REUTERS COVID-19 TRACKER. **Daily statistics in Oceania.** 2021. Disponível em: <https://graphics.reuters.com/world-coronavirus-tracker-and-maps/pt/regions/oceania/> Acesso em: 15 abr. 2021.

SANJUAN-REYES, S.; GÓMEZ-OLIVÁN, L.M.; ISLAS-FLORES, H.. COVID-19 in the environment. **Chemosphere**, p. 127973, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127973>.

SARAIVA, J.F.S.; A África na ordem internacional do século XXI: mudanças epidérmicas ou ensaios de autonomia decisória? **Revista Brasileira de Política Internacional**, v. 51, n. 1, p. 87-104, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-73292008000100005>.

SCIENCE - '**A time bomb**': Scientists worry about the spread of coronavirus in Africa. 2021. Disponível em: <https://www.sciencemag.org/news/2020/03/ticking-time-bomb-scientists-worry-about-coronavirus-spread-africa> . Acesso em: 27 mar. 2021.

SILVA, T. S.; ÂNGELO, G. F.; LIMA, I. L. P. SOUZA, A. L. Análise dos protocolos de gerenciamento de resíduos sólidos recicláveis de instituições públicas na prevenção da Covid-19. *In*: EL-DEIR, S.G. (Org.) **Resíduos Sólidos: COVID-19**. 1ª Edição Especial. Recife: EDUFRPE, p.163-176, 2021.

SUMNER, A.; HOY, C.; ORTIZ-JUAREZ, E. Working Paper. **Estimates of the impact of COVID-19 on global poverty.** 2020. WIDER Working Paper 2020/43. Helsinki: UNU-WIDER. DOI: <https://doi.org/10.35188/UNU-WIDER/2020/800-9>

SWANA - SOLID WASTE ASSOCIATION OF NORTH AMERICA.). **Initiatives / guidance on coronavirus (Covid-19).** Disponível em: [https://swana.org/initiatives/guidance-on-coronavirus-\(covid-19\)](https://swana.org/initiatives/guidance-on-coronavirus-(covid-19)). Acesso em: 03 mar. 2021.

THE JAPAN TIMES. **Science and Health. Garbage collectors in Japan ask for protective equipment, as there is a risk of virus infection.** 2020. Disponível em: <https://www.japantimes.co.jp/news/2020/04/23/national/science-health/fearing-virus-garbage-collectors-japan-call-protective-gear/#.XrOzi2gzZnI> Acesso em: 03 mar. 2021.

THE LANCET. **COVID-19: building a stronger Europe**, v. 397. 2021, p. 1157, [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00720-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00720-0).

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Waste management is an essential public service in the fight to win COVID-19**. The United Nations Environment Program (UNEP) and the Basel Convention. 2020. Disponível em: <http://www.basel.int/Implementation/PublicAwareness/PressReleases/WastemanagementandCOVID19/tabid/8376/Default.aspx> Acesso em: 01 abr. 2021.

EU – EUROPEAN UNION. **European Commission**. Waste management in the context of the coronavirus crisis. 2020. Disponível em: https://ec.europa.eu/info/files/waste-management-context-coronavirus-crisis_en . Acesso em: 01 abr. 2021.

EU – EUROPEAN UNION. **Coronavirus Response: Commission proposes to exempt vital goods and services distributed by the EU from VAT in times of crisis. 2021**. Disponível em: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_1642 Acesso em: 14 abr. 2021.

UN – UNITED NATION. **Policy Brief: The Impact of COVID-19 on Latin America and the Caribbean**. 2020a. Disponível em: https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/sg_policy_brief_covid_lac.pdf . Acesso em: 03 abr. 2021.

UN – UNITED NATION. **Policy Brief: Impact of COVID-19 in Africa**. 2020b. Disponível em: https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/sg_policy_brief_on_covid-19_impact_on_africa_may_2020.pdf Acesso em: 03 abr. 2021.

UN – UNITED NATION. **The Sustainable Development Goals Report 2020**. 2021a. Disponível em: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/> Acesso em: 12 abr. 2021.

UN – UNITED NATION. **From Covid-19 towards the ambition of the 2030 Agenda**. 2021b. Disponível em: <https://sdgintegration.undp.org/building-forward-covid-19-towards-ambition-2030-agenda> Acesso em: 14 abr. 2021.

WEI, G. Medical waste. **Medical waste management experience and lessons in the COVID-19 outbreak in Wuhan**. 2020. Disponível em: <https://www.waste360.com/medical-waste/medical-waste-management-experience-and-lessons-covid-19-outbreak-wuhan> Acesso em: 31 mar. 2021.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **European Observatory Health Systems and Policies**. 2020. Disponível em: <https://www.euro.who.int/en/about-us/partners/observatory-old> Acesso em: 14 abr. 2021.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Declaration - The pandemic outbreak exceeds 1 million deaths in the WHO European Region**. 2021. Disponível em: <https://www.euro.who.int/en/media-centre/sections/statements/2021/statement-surgin-pandemic-surpasses-1-million-deaths-in-the-who-european-region> Acesso em: 15 abr. 2021

WORLD BANK. Doing Business: **Measuring Business Regulations**. 2021a. Disponível em: <https://www.doingbusiness.org/en/rankings?region=sub-saharan-africa> Acesso em: 27 mar. 2021a.

WORLD BANK. **Speeches and transcriptions**. Building a green, resilient and inclusive recovery: speech by World Bank Group President David Malpass. 2021b. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/news/speech/2021/03/29/building-a-green-resilient-and-inclusive-recovery-speech-by-world-bank-group-president-david-malpass> Acesso em: 27 mar. 2021.

WORLD BANK. **Recuperação econômica**. Em direção a um futuro verde, resiliente e inclusivo. 2021c. Disponível em: https://envivo.bancomundial.org/recuperacion-economica-ecologica-resilienteinclusiva?cid=ECR_E_NewsletterWeekly_ES_EXT_SM21&deliveryName=DM100226 .Acesso em: 13 abr. 2021.

WORLD BANK. **The World Bank in the Pacific Islands**. 2021d. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/country/pacificislands/overview> Acesso em: 14 abr. 2021.

WORLD BANK. **The World Bank in India**. 2021e. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/country/india/overview> Acesso em: 14 abr. 2021.

WORLD METERS.INFO. **How many countries in Asia?** Disponível em: <https://www.worldmeters.info/geography/how-many-countries-in-asia/> Acesso em: 07 abr. 2021.

XIAO, C. A novel approach of consultation on 2019 novel coronavirus (COVID-19)- related psychological and mental problems: Structured letter therapy. **Psychiatry Investigation**, 17(2), 175-176. 2020. DOI: <https://doi.org/10.30773/pi.2020.0047>

ZAMBRANO-MONSERRATE, M. A.; RUANO, M. A.; SANCHEZ-ALCALDE, L. Indirect effects of COVID-19 on the environment. **Science of the Total Environment**, v. 728, p. 138813, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138813>.

3.4 INICIATIVAS AMBIENTAIS APLICADAS NA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NAS INSTITUIÇÕES DURANTE A PANDEMIA DA COVID-19

SILVA, Thaísia Venância Barbosa da
UPE, Gampe/UFRPE
thaisia.tata@yahoo.com

SILVA, Thamirys Suelle da
PPEAMB/UFRPE; Gampe//UFRPE
thamiryssuelle@gmail.com

ANGELO, Gabriel Fernandes
PPEAMB/UFRPE; Gampe/UFRPE
gabrielfernandesangelo@gmail.com

EL-DEIR, Soraya Giovanetti
Gampe/UFRPE
sorayageldeir@gmail.com

RESUMO

O surgimento da Covid-19 levou ao aumento dos resíduos sólidos em todo o mundo, tanto doméstico quanto hospitalar, o que amplia a necessidade de um gerenciamento adequado voltado para o descarte regular desses materiais. O presente artigo tem como objetivo estabelecer procedimentos de gestão de resíduos e iniciativas ambientais que podem ser tomadas no processo do acondicionamento primário durante a pandemia da Covid-19 nas instituições públicas e privadas, dando ênfase as áreas administrativas, com o intuito de auxiliar no controle do SARS-CoV-2. A pesquisa foi estruturada numa análise descritiva sendo feito levantamento bibliográfico e documental. Foi realizada análise da rota tecnológica e a interligação com as iniciativas ambientais aplicadas em cada etapa do processo, dando foco na etapa de acondicionamento primário com a análise de risco dos coletores. Resultou-se que as iniciativas administrativas e gerencias estão presentes em todas as etapas do processo, tendo em vista que o plano de gestão de resíduos sólido. De modo geral, sugere-se a aplicação dessas medidas em toda a rota tecnológica afim de atingir o máximo potencial de segurança contra o vírus, pontuando a importância da ilha de segregação presente no acondicionamento primário.

PALAVRAS-CHAVE: Acondicionamento primário, Gestão Ambiental, SARS-CoV-2.

1. INTRODUÇÃO

Desde que o estado de pandemia de Covid-19 foi decretado pela Organização Mundial das Nações Unidas (OMS) no dia 11 de março de 2020 e confirmado no Brasil em 16 de março de 2020, diversas medidas foram tomadas visando a redução da contaminação da população brasileira, dados da Organização Pan-americana da Saúde (OPAS, 2020a). O coronavírus (CoV) é uma ampla família de vírus que pode causar uma variedade de condições, do resfriado comum a doenças mais graves, como a síndrome respiratória do Oriente Médio (MERS-CoV) e a síndrome respiratória aguda grave (SARS-CoV) (OPAS, 2020b). O Comitê Internacional de Taxonomia de Vírus (ICTV), autoridade global na designação e nomeação de vírus, nomeou o novo coronavírus como, coronavírus 2, o SARS-CoV-2 (ICTV, 2020).

A geração de resíduos é uma consequência inevitável e que está associada as atividades antrópicas, ao desenvolvimento econômico e urbanização. O surgimento da Covid-19 levou ao aumento dos resíduos sólidos em todo o mundo, tanto doméstico quanto hospitalar, o que amplia a necessidade de um gerenciamento adequado voltado para o descarte regular desses materiais, mas é perceptível que há um déficit quando o assunto é relacionado aos resíduos sólidos e a Covid-19 (HAQUE et al., 2020). Aumento este, relacionado à crescente demanda por serviços de saúde e a obrigatoriedade do uso de equipamentos de proteção individual durante o surto viral (ALVES et al., 2021). O Resíduos descartados de maneira inadequada, aliada à uma má gestão da coleta urbana, apresentam sérios riscos ao meio ambiente e à saúde humana (MENDONÇA; OLIVEIRA; LIMA, 2021).

A inadequada gestão destes resíduos sólidos contaminados afeta a todos, no entanto, aqueles mais atingidos pelos impactos negativos de resíduos mal geridos são em grande parte os mais vulneráveis como os trabalhadores de coleta de lixo devido as condições inseguras com impactos na saúde (KAZA et al, 2018). Sem uma boa gestão de resíduos sólidos, não se constrói uma cidade sustentável e habitável (BANCO MUNDIAL, 2016).

A OPAS recomendou o gerenciamento de resíduos sólidos e a minimização de possíveis impactos secundários à saúde e ao ambiente durante a pandemia, incluindo o gerenciamento dos resíduos dos estabelecimentos de saúde a serem tratados fora do estabelecimento e a gestão de resíduos domésticos (OPAS, 2020c). Araújo et al. (2020), ressaltam que os resíduos sólidos podem ser um veículo de transmissão da Covid-19 e a Associação Brasileira de Engenharia Ambiental e Sanitária (ABES, 2020), informou que o novo coronavírus é um agente biológico que está enquadrado como classe de risco 3 (alto risco individual e moderado risco para a comunidade).

Desinfetar, proteger e treinar são aspectos associados e importantes à gestão eficaz de resíduos sólidos (SHARMA et al., 2020). A International Solid Waste Association (ISWA), registrou que a crescente disseminação da Covid-19 está colocando desafios significativos para a indústria de resíduos, colocando as autoridades e trabalhadores em resíduos sob pressão significativa (ISWA, 2020).

Apesar de existirem instrumentos de gestão ambiental voltados para as instituições, percebe-se uma dificuldade em relação aos setores públicos e privados na maneira de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos gerados e de como é a melhor forma para tentar combater o contágio pelo novo coronavírus. O olhar direcionado ao tratamento de resíduos sólidos durante o período de pandemia da Covid-19 ainda não é tratado como um ponto relevante e, portanto, não existem procedimentos de gestão ambiental estabelecidos.

Assim, a gestão do acondicionamento de resíduos sólidos em ilhas de segregação durante a pandemia da Covid-19, nas instituições, apresenta-se como importante medida de gestão ambiental devido a real possibilidade de pessoas assintomáticas, pré-assintomáticas ou com sintomas leves da Covid-19 transitarem em ambientes de grande circulação e descartarem, indevidamente, resíduos com possível contaminação biológica passíveis de transmitirem a Covid-19 e outros patógenos. Deseja-se, assim, tratar e destinar com segurança uma parcela dos resíduos sólidos gerados e possivelmente contaminados com a SARS-CoV-2.

Nesse contexto preocupante, o presente artigo tem como objetivo estabelecer procedimentos de iniciativas sanitárias e ambientais que podem ser tomadas no processo do acondicionamento primário dos resíduos sólidos durante a pandemia da Covid-19 nas instituições públicas e privadas, dando ênfase as áreas administrativas, com o intuito de auxiliar no controle e/ou combate deste e demais patógenos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Covid-19 é a doença infecciosa causada pelo novo coronavírus (coronavírus 2 ou SARS-COV-2), identificado pela primeira vez em dezembro de 2019, em Wuhan, na China, e atingiu o patamar de epidemia em 11 de março de 2020 (OPAS, 2021b). A atual pandemia da Covid-19 é, até hoje, a crise de saúde mais devastadora da atualidade e o maior desafio que a humanidade teve de enfrentar no pós-Segunda Guerra Mundial (ALI et al., 2021).

Há evidências crescentes de que além do contato e disseminação por pessoas, a transmissão da Covid-19 pode ser por *via* aerossóis, o que torna plausível em condições favoráveis, particularmente em ambientes relativamente confinados com ventilação insuficiente e exposição de longa duração a altas concentrações (TANG et al., 2020).

Contaminação por superfícies inanimadas e descartes inadequados de resíduos são um grande desafio (FREITAS et al, 2021), pois se apresentam como fontes de potencial transmissão do Covid-19. É relevante considerar o tempo que o Coronavírus possui de permanência na superfície. Um trabalho de revisão publicado pelo *Journal of Hospital Infection*, por cientistas da *University Medicine Greifswald* e da *Ruhr University Bochum*, ambas da Alemanha, mostrou, após análise de 22 estudos, o tempo de persistência do coronavírus humanos, em superfícies inanimadas (formando fômites): alumínio 2-8 horas; metal, PVC e borracha de silicone 5 dias; madeira e vidro 4 dias; papel 4-5 dias;

plástico menos de 5 dias; Contudo, esses fômites podem ser, de forma bastante eficaz inativados por meio de procedimentos de desinfecção de superfície com 62% a 71% de etanol, 0,5% de peróxido de hidrogênio ou 0,1% de hipoclorito de sódio em 1 minuto (KAMPF et al., 2020).

A crise provocada pela pandemia da Covid-19 alterou a dinâmica global de geração de resíduos, a ponto de variar sua composição e quantidade em decorrência da produção incomum de resíduos tanto nas residências quanto nas unidades de saúde. O advento da pandemia da Covid-19 causou um aumento da quantidade de resíduo sanitário a níveis insustentáveis como máscaras e luvas, junto com outros resíduos hospitalares (GUTIERREZ, 2021). Para Nzediegwu e Chang (2020) deve-se gerenciar os resíduos sólidos corretamente. Caso contrário, podem representar ameaças ambientais e à saúde, sendo essas ameaças mais evidentes nos países em desenvolvimento pela disposição dos resíduos a céu aberto.

Pode-se entender a Gestão Ambiental como um sistema da gestão, ou seja, um conjunto de elementos inter-relacionados utilizados para estabelecer a política e os objetivos incluindo uma estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, procedimento, processos e recursos, conforme a International Organization for Standardization (ISO, 2015a). Segundo Barsano e Barbosa (2014), a Gestão Ambiental é a ciência que estuda e administra o exercício de atividades econômicas e sociais de forma a utilizar de maneira racional os recursos naturais, renováveis ou não, visando preservar um meio ambiente saudável a todas as gerações.

Trazendo o contexto socioambiental para área institucional a lei nº 13.303 (BRASIL, 2016, Art. 27, § 2º) explicita a função social da empresa pública ao dispor que a mesma deverá, nos termos da lei, adotar práticas de sustentabilidade ambiental e de responsabilidade social corporativa compatível com o mercado em que atua. O Ministério do Meio Ambiente (MMA) lançou, em 1999, o desafio às instituições governamentais na Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P) que tem por objetivo estimular a adoção de critérios socioambientais na gestão dos órgãos públicos, onde o manejo adequado dos resíduos recebeu atenção especial (BRASIL, 2020).

A Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (GIRS) é definida pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010, Art. 3º, inciso XI) como um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável. Seu objetivo é estimular a adoção de medidas preventivas e educativas, que por sua vez contemplem estímulos positivos e indutores de boas práticas, com a coerção efetiva dos desvios, que cada vez mais passam a ser recriminados pela sociedade (BNDES, 2012). E deve ser compreendida como uma política ambiental permanente e também revisada conforme as necessidades de cada município (BOMFIM; SILVA, 2021). A gestão de resíduos sólidos tem se tornando um assunto cada vez mais complexo ao redor do mundo ao longo da última década, passando a demandar mais atenção por parte de todos os envolvidos. Tal fato também pode ser

observado no Brasil, principalmente por influência dos princípios, diretrizes e da sistemática inovadora e desafiadora trazida pela PNRS, sancionada em agosto de 2010 (ABRELPE, 2020).

A prática da gestão ambiental nas organizações, introduz a variável valorização ambiental no planejamento da empresa, como a série ISO (BARSANO; BARBOSA, 2014). Nesse contexto, a ISO 14001 (ISO, 2015b) é aplicável a qualquer organização, independentemente de tamanho, tipo e natureza.

A PNRS (BRASIL, 2010) destaca a importância da Gestão Ambiental, em três momentos, sendo o primeiro no Art. 7º, inciso XIV, como um dos objetivos buscando o incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial. E preceitua que o gerenciamento de resíduos sólidos e a destinação ambientalmente adequada são responsabilidades compartilhadas e que, se realizada irregularmente, resultam em impactos adversos nos aspectos socioeconômicos e ambientais.

O gerenciamento de resíduos sólidos apresenta algumas etapas, dentre as quais pode-se destacar o acondicionamento primário, que trata da segregação dos resíduos no momento e local de geração, levando em consideração as características físicas, químicas e/ou biológicas. O estado físico e os riscos envolvidos também são critérios relevantes para separação (FERREIRA, 2020).

Um ponto relevante é o armazenamento nos coletores adequados em ambiente próximo aos pontos de geração, como descrito pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), referindo-se ao acondicionamento primário dos resíduos sólidos passíveis de transmitirem agentes biológicos como a Covid-19 e outros patógenos (ANVISA, 2018).

De maneira inovadora esse estudo inseriu como uma etapa adicional o conceito de acondicionamento primário na rota tecnológica desenvolvendo a terminologia de ilhas de segregação de resíduos sólidos recicláveis. De acordo com Carvalho et al. (2019) a definição de rotas tecnológicas de reciclagem de resíduos sólidos e, em particular, dos Resíduos Sólidos Urbanos - RSU tem sido necessária pela entrada em vigor da PNRS. As Rotas Tecnológicas são o resultado de um processo colaborativo, baseado no método Technology Roadmapping (FIRJAN, 2015). Através de referências teóricas existem diferentes modelos operacionais de rotas tecnológicas que são classificadas por grau de complexidade, tomando por base o gerenciamento dos resíduos: (i) geração; (ii) segregação; (iii) acondicionamento; (iv) manejo; (v) tratamento e (vi) disposição final (BOTTELO-ÀLVAREZ et al., 2018; AGUIAR; PESSOA; EL-DEIR, 2019).

A Ilha de segregação é um conceito ainda pouco explorado no gerenciamento de resíduos sólidos que encontra similitude com os Ecopontos. O objetivo de uma ilha de segregação consiste em concentrar coletores em uma área estrategicamente definida para que, dessa forma, os resíduos sólidos sejam segregados por tipologia. A implementação efetiva dessas ilhas facilita o acondicionamento, o tratamento, o armazenamento e a destinação adequada dos resíduos, além de garantir a minimização de risco de contaminação externa

e evitar acidentes de trabalho (SILVA et al., 2021a). Segundo Jerônimo et al (2019) explicam que Ecopontos são conjuntos de três contêineres de cores diferentes para a segregação seletiva de papel, embalagens Tetra Pak (azul), embalagens plásticas e metais (amarelo) e vidro (verde).

3. METODOLOGIA

Foi realizado levantamento bibliográfico e documental, buscando o estabelecimento de uma leitura crítica sob a temática abordada (GIL, 2017; TYDEL, 2017) através de artigos científicos, livros, Leis e documentos acerca do conteúdo abordado. Desta forma, pretende-se colaborar com o desenvolvimento de iniciativas ambientais no gerenciamento dos resíduos sólidos.

O método de pesquisa se estruturou de forma exploratória descritiva com uma abordagem quali-quantitativa (GIL, 2017). Em relação à pesquisa bibliográfica, foi necessário identificar as possíveis lacunas dos conhecimentos, para que presumível inovar e assegurar que não haja publicações idênticas e potencializar o conhecimento coletivo (GOMES, 2016; SILVA et al., 2020a). As principais plataformas de acesso utilizadas para a confecção desse artigo foram: Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Scholar Google (Google Acadêmico), ScienceDirect e Repositório Institucional UFRPE – Ebook Epersol (RI-UFRPE).

A análise da rota tecnológica foi estabelecida através de observações em documentos, um método qualitativo onde o pesquisador utiliza as circunstâncias socioculturais e ambientais do local estudado, levando em consideração os conhecimentos adquiridos e compartilhados no decorrer da pesquisa, como modelo para explicar os padrões, buscando a interação de um período determinado, observando os sujeitos e compartilhando a rotina identificada no local (MARIETTO; SANCHES, 2013; SILVA et al., 2020a).

Este esquema de rota tecnológica apresenta uma segregação adicional no passo operacional de acondicionamento, dividido em primário e secundário. O acondicionamento primário analisado neste estudo apresenta a instalação de ilhas de resíduos sólidos recicláveis. Relacionando a uma visão de otimização do fluxo, a rota tecnológica aborda iniciativas que se destacam dentre os aspectos trabalhados que são divididos em administrativas e gerenciais, construtivas e de infraestrutura, educacionais e sanitárias e ambientais (Quadro 1). Foi aplicada a técnica de gestão à vista (PACKER; SUSKI, 2010) com o objetivo de fazer interligação entre a rota tecnológica e as iniciativas ambientais aplicadas em cada etapa.

Quadro 1 – Iniciativas ambientais aplicadas na rota tecnológica

Administrativas e Gerenciais	Construtivas e Infraestrutura	Educacionais	Sanitárias e Ambientais
Plano de gestão de resíduos	Análise de risco dos coletores	Sensibilização e Treinamentos	Atendimento às Legislações

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2021b)

Essas iniciativas correspondem as ações e medidas desejáveis a serem seguidas, direcionadas ao enfrentamento da crise provocada pelo novo coronavírus. Como exemplo podemos citar o cumprimento das diretrizes da PNRS, análise de risco dos coletores (SILVA et al., 2021c), campanhas educativas e cumprimento à legislação. Essas medidas, visam o manuseio e destinação ecologicamente correta de resíduos sólidos, que tem reflexo direto na preservação dos recursos naturais, são priorizadas e passaram a ser modelos de uso consciente do meio ambiente (SANTOS et al., 2020).

No segundo momento da pesquisa o enfoque foi concentrado na etapa de acondicionamento primário, onde trata da análise de risco dos coletores utilizados nas ilhas de segregação de resíduos sólidos recicláveis, conforme estudos desenvolvidos por Silva et al. (2021c). O estudo demonstra uma análise dividida em três etapas que analisa as características físicas de coletores e fazendo um cruzamento de dados entre a Possibilidade de Contágio pelos resíduos e a facilidade das pessoas de acesso aos resíduos dentro dos coletores.

Na etapa 1 é tratada a Possibilidade de Contágio, que é classificada em 4 (quatro) níveis: (A) o nível é denominado de insignificante ou desprezível, o que significa o potencial de contágio é insignificante porque não há contato com o resíduo; (B) denominado de menor se caracteriza pela baixa possibilidade de contato com o resíduo; (C) denominado de maior se caracteriza pela alta possibilidade de contato com o resíduo. Por fim, o nível (D) denominado de perigoso significa que há possibilidade de contato com o resíduo.

Quanto a Facilidade de acesso aos resíduos por parte do público em geral, que trata da etapa 2, foi classificada em 4 (quatro) estados, iniciando o (I) considerado improvável, onde não há contato com o resíduo; o estado (II) de remoto, que ocorre raramente contato com o resíduo; o (III), denominado ocasional, quando é provável que ocorra algumas vezes e o (IV) que ocorre frequente, que tem um registro de ocorrência muitas vezes pelo contato com o resíduo.

Por fim, na etapa 3, as características físicas dos coletores analisados no acondicionamento primário definiram o potencial de risco de contaminação por Covid-19. Diante desta, houve um escalonamento para definir os riscos pelo rastro do Covid-19 através da tipologia dos coletores. O nível de escalonamento considerado foi de baixo, médio baixo, médio, médio alto e alto (Tabela 1).

Tabela 1. Riscos de acordo com a tipologia dos coletores

RISCO	TIPOLOGIA DOS COLETORES
-------	-------------------------

BAIXO	Com tampa, com pedal, alta, redonda
MÉDIO BAIXO	Com tampa, com pedal, baixa, redonda
MÉDIO	Com tampa meia lua, sem pedal, alta, redonda
MÉDIO ALTO	Com tampa meia lua, sem pedal, baixa, redonda
ALTO	Com tampa meia lua/sem tampa, sem pedal, baixa, quadrada

Legenda: Alta: $h \geq 70$ cm; Baixa: $h < 70$ cm

Fonte: Silva et al. (2021c)

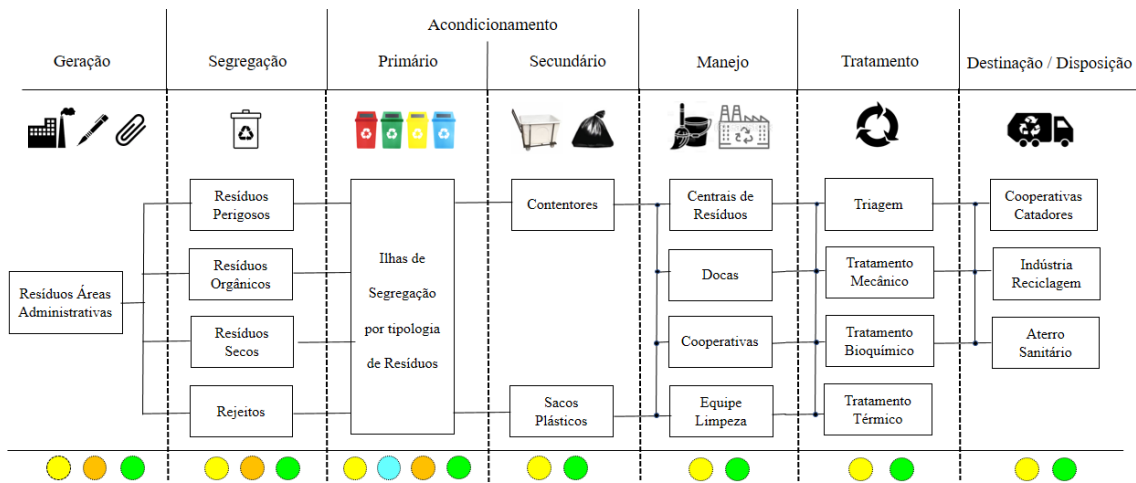
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Há uma grande preocupação em relação ao potencial de transmissão do vírus da Covid-19 através dos resíduos sólidos. Logo, a análise da rota tecnológica realizada por esses materiais é de extrema importância para entender todo o ciclo que ocorre desde a geração do resíduo até sua disposição final (COLVERO, 2014). E assim, pontuar em cada etapa o potencial de contaminação, e através de iniciativas, indicar possíveis formas de combate à transmissão do patógeno dando destaque a etapa de acondicionamento primário.

Visando otimizar o processo de combate ao patógeno, foram aplicados parâmetros de otimização na rota tecnológica, que são representados através de iniciativas ambientais (SILVA et al., 2021a) aplicadas ao processo de gestão ambiental das instituições. De modo geral, quanto a rota tecnológica realizada pelos resíduos em instituições, nas áreas administrativas, foi destacada as iniciativas ambientais que podem ser aplicadas nesse fluxo (Figura 1).

Inicialmente observa-se que as iniciativas administrativas e gerencias estão presentes em todas as etapas do processo, tendo em vista que o plano de gestão de resíduos sólidos contempla todas as diretrizes que devem ser aplicadas desde a geração do resíduo até a destinação final. De acordo com a temática estudada sobre o acondicionamento primário todas as iniciativas abordadas foram aplicadas nesta etapa, tendo em vista que a análise risco dos coletores é o ponto principal tratado na iniciativa construtiva e de infraestrutura. Esta avaliação de risco se concentra em fornecer aos tomadores de decisão ou gerentes a probabilidade e a magnitude do risco, e orientação sobre as medidas de segurança necessárias (MACCIOTTA et al., 2018). Quanto à legislação também se encontra em todas as etapas analisadas por questões de obrigatoriedade e demandar diretrizes necessárias para o ideal funcionamento da gestão dos resíduos sólidos.

Figura1 – Rota tecnológica genérica dos resíduos sólidos gerados em áreas administrativas

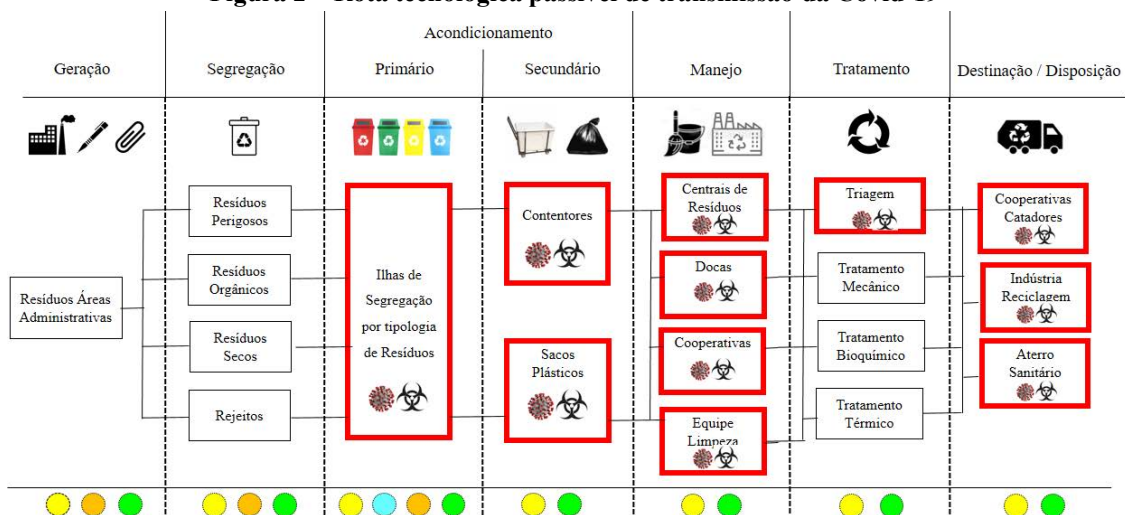


Fonte: Adaptado de Silva et al. (2021a).

Conforme a Norma ISO/PAS 45005 (ISO, 2020) é preciso agir diante da pandemia da Covid-19 e ao aumento do risco que esta doença apresenta para a saúde, segurança e bem-estar das pessoas em todos os ambientes, incluindo, o ambiente de trabalho. Quanto aos resíduos, a referida norma diz que as instituições devem implementar processos de descarte de resíduos eficaz, adequado e frequente, incluindo descarte separado e seguro para EPI de uso único e máscaras e coberturas faciais descartáveis. Desta feita, o estudo da rota tecnológica torna-se fundamental para minimizar um possível índice de transmissão pelo vírus onde demonstra a importância do tratamento em específico na etapa de acondicionamento primário.

Tendo em vista o grande potencial de propagação e alta patogenicidade dessa doença (OPAS, 2020a) exigem a elaboração de protocolos (SILVA et al., 2021b) com o objetivo de criar procedimentos que evitem a propagação da Covid-19 na rota tecnológica (Figura 2).

Figura 2 – Rota tecnológica passível de transmissão da Covid-19



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Nesse sentido, a pesquisa desenvolvida por Silva et al. (2021c), demonstrou a classificação dos níveis de risco para a adoção de medidas restritivas de proteção e

prevenção da SARS-CoV-2 considerando quatro níveis classificados como baixo, médio baixo, médio alto e alto, e divididos por cores com um gradiente de intensidade. Para definir o risco de contaminação, deve-se realizar a intersecção da possibilidade de contágio com a possibilidade de acesso ao resíduo (Tabela 2). Os aspectos físicos dos coletores de resíduos sólidos recicláveis presentes na ilha de segregação trazem uma tomada de decisão relevante quanto as medidas de combate a disseminação do vírus.

Tabela 2. Classificação dos níveis do risco de contaminação

RISCO DE CONTAMINAÇÃO				
POSSIBILIDADE DE CONTÁGIO X FACILIDADE DE ACESSO AO RESÍDUO				
	A	B	C	D
I	BAIXO	BAIXO	MÉDIO BAIXO	MÉDIO BAIXO
II	BAIXO	MÉDIO BAIXO	MÉDIO	MÉDIO
III	MÉDIO BAIXO	MÉDIO	MÉDIO ALTO	MÉDIO ALTO
IV	MÉDIO BAIXO	MÉDIO ALTO	ALTO	ALTO

Fonte: Silva et al. (2021c)

5. CONCLUSÃO

A deterioração acelerada do meio ambiente e dos recursos naturais através das crescentes interferências antrópicas, são responsáveis por parte dos impactos ambientais negativos, onde a pandemia revela uma face cruel do problema por atingir segmentos sociais vulneráveis. Muito direciona-se o assunto sobre resíduos sólidos e Covid-19 somente para o âmbito hospitalar, de modo a colocar todo o restante na situação de esquecimento. Áreas administrativas não são tratadas como potenciais pontos de contaminação, quando na verdade também estão passíveis de doenças e possíveis patógenos.

Nesse aspecto, emerge a importância da responsabilidade socioambiental das empresas e órgãos públicos na busca da segurança sanitária e ambiental destes setores. Em tempos da Covid-19 é pertinente que estas implementem iniciativas no processo de gestão ambiental tendo como princípio orientador ações corporativas voltadas para o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados.

Estabelecer como apoio o cumprimento de legislações pertinentes ao assunto é um caminho a ser seguido e podendo ser melhorado com o estabelecimento de iniciativas ambientais presentes neste estudo, aplicadas a realidade da instituição e dinâmica do local de trabalho dando sempre enfoque na segurança e qualidade de vida dos trabalhadores.

De modo geral, sugere-se a aplicação de iniciativas ambientais em todo o processo referente a rota tecnológica e de gestão ambiental afim de atingir o máximo potencial de segurança contra o vírus da Covid-19, pontuando a importância da ilha de segregação presente no acondicionamento primário, evitando assim a propagação e o potencial de transmissão.

REFERÊNCIAS

ABES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Recomendações para a Gestão de Resíduos em situação de Pandemia por Coronavírus (COVID-19)**. 20 mar. 2020. Disponível em: <http://abes-dn.org.br/?p=33224>. Acesso em 29 abr. 2021.

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil edição 2020**. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/> Acessado em: 29 abr. 2021.

AGUIAR, A.C.; EL-DEIR, S. G. Modelo de gerenciamento de resíduos sólidos: proposta para melhora contínua. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (org.). **Resíduos sólidos: Os desafios da gestão**. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 313 – 325.

ALI, G. et al. Impactos ambientais das mudanças na energia, nas emissões e na ilha de calor urbano durante o bloqueio da COVID-19 no Paquistão. **Journal of Cleaner Production**, p. 125806, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125806>

ALVES, N. B. P.; SÁ, A. C. N.; SILVA, T. A. S. S.; EL-DEIR, S. G. In: Influência da pandemia por Covid-19 na geração de resíduos de serviço de saúde: uma revisão. In: EL-DEIR, S.G. (Org.) **Resíduos Sólidos: COVID-19**. 1ª Edição Especial. Recife: EDUFRPE, p.242-252, 2021.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 222, de 22 de Março de 2018**. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/legislacao#/visualizar/371442>. Acessado em: 29 de abr. 2021.

ARAÚJO, Elaine Cristina dos Santos et al. **A gestão de resíduos sólidos em época de pandemia do Covid-19**. 2020. Disponível em: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/108515>. Acesso em: 29 de abr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.14198/GEOGRA2020.11.129>

BANCO MUNDIAL. **Não desperdice, não queira - resíduos sólidos no coração do desenvolvimento sustentável**. 2016. Disponível em: <https://www.worldbank.org/pt/news/feature/2016/03/03/waste-not-want-not---solid-waste-at-the-heart-of-sustainable-development> . Acesso em: 29 abr. 2021.

BARSANO, P.R.; BARBOSA R.P. **Gestão ambiental**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.

BNDES - BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão Resíduos sólidos urbanos**. 2012. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/13076> Acesso: 29 abr. 2021.

BOMFIM, H. T. C.; SILVA, T. S. In: Resíduos sólidos; potencial de contágio por Covid-19 e outros patógenos em terminais integrados de ônibus. In: EL-DEIR, S.G. (Org.) **Resíduos Sólidos: COVID-19**. 1ª Edição Especial. Recife: EDUFRPE, p.84-97, 2021.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; ...e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 ago. 2010

BRASIL. **Lei nº 13.303 de 30 de junho de 2016**. Dispõe sobre o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias, no âmbito da união, dos estados,

do distrito federal e dos municípios.2016. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/113303.htm Acesso: 01 mar.2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Portaria nº 326, de 23 de julho de 2020.** Institui o Programa Agenda Ambiental na Administração Pública - Programa A3P e estabelece suas diretrizes. 2020b. Disponível em: <http://a3p.mma.gov.br/wp-content/uploads/Hist%C3%B3ria/Documentos/Portaria-n%C2%BA-326-de-23-07-20-Institui-o-Programa-A3P.pdf> Acesso em: 25 fev. 2021.

COLVERO, Diogo Appel et al. **Análise das rotas tecnológicas existentes para os resíduos sólidos urbanos no município de Cidade Ocidental/GO.** 2014.

DE CARVALHO, Júlia Trindade Alves et al. Sustentabilidade e rotas tecnológicas de reciclagem para a cidade de Salvador, no âmbito da política nacional de resíduos sólidos. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 52, 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/867>. Acesso em: 29 abr. 2021.

FERREIRA, L. C. A problemática dos resíduos sólidos urbanos e o descarte de máscara respiratórias de uso não profissional. **Revista Chão Urbano**, v. 6, ano XX, IPPUR / UFRJ, 2020.

FIRJAN - Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **Firjan SENAI lança primeira publicação da série visões tecnológicas sobre química e meio ambiente.** 2015. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/noticias-1/firjan-senai-lanca-primeira-publicacao-da-serie-visoes-tecnologicas-sobre-quimica-e-meio-ambiente.htm>. Acesso em: 01 abr. 2020.

FREITAS, B. D. L. C.; TAVARES, C. M.; OLIVEIRA, S. A.; MENDONÇA, A. T. In: Potencial contágio dos transeuntes por Covid-19 nos shoppings centers da RMR, Pernambuco. In: EL-DEIR, S.G. (Org.) **Resíduos Sólidos: COVID-19.** 1ª Edição Especial. Recife: EDUFRPE, p.74-83, 2021.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GOMES, P. G.. Midiatização: um conceito, múltiplas vozes. **Revista Famecos: Mídia, cultura e tecnologia.** Porto Alegre, v. 23, n. 2, 2016.

GUTIERREZ, F.O.S. Retos pos pandemia en la gestión de residuos sólidos. **CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica**, v. 10, n. 1, p. 11-23, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33210/ca.v10i1.354>

HAQUE, MD. S.; UDDIN, S.; SAYEM, S. MD.; MOHIB, K. M. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) induced waste scenario: A short overview. **Journal of Environmental Chemical Engineering.** p.104660, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104660>

ICTV - Comitê Internacional de Taxonomia de Vírus. **A importância da taxonomia, classificação e nomenclatura de vírus.** Disponível em: <https://talk.ictvonline.org/information/w/news/1300/page>. Acesso em: 01 abr. 2021.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Introdução à ISO 14001: 2015.** 2015a. Disponível em: <https://www.iso.org/publication/PUB100371.html>. Acesso em: 29 de abr. 2021.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 14.001:2015. **Sistemas de gestão ambiental - Requisitos com orientação para uso**. 2015b. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/60857.html>. Acesso em: 29 de abr. 2021.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO /PAS 45005: 2020** (en) Occupational health and safety management — General guidelines for safe working during the COVID-19 pandemic. 2020. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:pas:45005:ed-1:v1:en>. Acessado em: 29 abr. 2021.

ISWA - INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION. Gestão de resíduos durante a pandemia do Covid-19. Recomendações da ISWA. 2020. Disponível em: https://www.iswa.org/fileadmin/galleries/0001_COVID/ISWA_Waste_Management_During_COVID-19.pdf Acesso em: 29 abr. 2021.

JERÔNIMO, G.J.; FERREIRA, D.C.; DA LUZ, M.S. Dimensionamento de ecopontos para os resíduos recicláveis secos em Uberaba–MG. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 4, n. 1, p. 61-70, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18554/rbcti.v4i1.3390>

KAMPF, Günter et al. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. **Journal of Hospital Infection**, v. 104, n. 3, p. 246-251, 2020.

KAZA, S.; YAO, L. C.; BHADA-TATA, P.; VAN WOERDEN, F. **What a Waste 2.0: Um Instantâneo Global da Gestão de Resíduos Sólidos até 2050**. 2018. Desenvolvimento Banco Mundial. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>. Acesso em: 29 abr. 2021.

MACCIOTTA, R.; ROBITAILLE, S.; HENDRY, M.; MARTIN, C. D. Hazard ranking for railway transport of dangerous goods in Canada. **Case Studies on Transport Policy**. v.6, n.1, p.43-50, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2017.11.006>

MARIETTO, M. L.; SANCHES, C. Estratégia como prática: um estudo das práticas da ação estratégica no cluster de lojas comerciais da Rua das Noivas em São Paulo. **Revista Pensamento Contemporâneo em Administração**, v. 7, n. 3, p. 38-58, 2013.

MENDONÇA, E. A. S.; OLIVEIRA, F. C. S. F.; LIMA, I. L. P. In: Relação entre Covid-19 e resíduos sólidos em localidades de menor IDH de Recife-PE. In: EL-DEIR, S.G. (Org.) **Resíduos Sólidos: COVID-19**. 1ª Edição Especial. Recife: EDUFRPE, p.53-64, 2021.

NZEDIEGWU, C.; CHANG, S.X. Improper Solid Waste Management Increases Potential for COVID- 19 Spread in Developing Countries. **Resources, Conservation and Recycling**. v.16, p.104947, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104947>

OPAS - ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. **Coronavírus**. 2020b. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/coronavirus>. Acesso em: 27 abr. 2021.

OPAS - ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. Transmissão do SARS-CoV-2: implicações para as precauções de prevenção de infecção. **Resumo científico, 09 de julho de 2020**. 2020a. Disponível em: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/52472>. Acessado em: 29 abr. 2021.

OPAS - ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. **Recomendações para o gerenciamento de resíduos sólidos, 11 de maio de 2020.** 2020c. Disponível em <https://iris.paho.org/handle/10665.2/52296>. Acesso em: 29 abr. 2021.

PACKER, Cézár L.; SUSKI, Cássio A. Gestão à vista na produção como ferramenta de trabalho. In: **Anais–I Congresso de Inovação, Tecnologia e Sustentabilidade.** Brusque/SC. 2010.

SANTOS, K. F. S.; PINHEIRO, A. L. R.; SILVA, C. C.; ARAÚJO, A. In: Gerenciamento de resíduos na universidade estadual do maranhão; sensibilizar para transformar. In: SILVA, T. S.; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Desmaterialização dos resíduos sólidos.** 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 205.

SHARMA, H. B.; VANAPALLI, K.V.; CHEELA, VR. S.; RANJAN, V. P.; JAGLAN, A. K.; DUBEY, B.; GOEL, S.; BHATTACHARYA, J. Challenges, opportunities, and innovations for effective solid waste management during and post COVID-19 pandemic. **Resources, Conservation & Recycling.** v.162, p.105052, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105052>

SILVA, K. E.; SILVA, K. C. M.; BARRETO, T. S. C.; SILVA, T. S. Desmaterialização dos cartões magnéticos; Programa para cartão em Shopping no Recife-PE. In: SILVA, T.S.; MARQUES, M. M.N.; EL-DEIR, S.G. (Orgs). **Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade.** v.1, 1a ed., Recife: EDUFRPE, p.587 2020a.

SILVA, T. S.; ANGELO, G. F.; LIMA, I. L. P.; SOUZA, A. L. In: Análise dos protocolos de gerenciamento de resíduos sólidos recicláveis de instituições públicas na prevenção da Covid-19. In: EL-DEIR, S.G. (Org.) **Resíduos Sólidos: COVID-19.** 1ª Edição Especial. Recife: EDUFRPE, p.165-178, 2021b.

SILVA, T. S.; SILVA, T. V. B.; ANGELO, G. F.; EL-DEIR, S.G. In: Análise de risco; potencial de contágio da Covid-19 no acondicionamento de resíduos sólidos em coletores. In: EL-DEIR, S.G. (Org.) **Resíduos Sólidos: COVID-19.** 1ª Edição Especial. Recife: EDUFRPE, p.229-240, 2021c.

SILVA, T. V. B.; SILVA, T. A. S. S.; ARAÚJO, V. G. M.; SILVA, E. C. In: Princípios para a instalação de ilhas de resíduos sólidos recicláveis frente ao Covid-19 e demais patógenos. In: EL-DEIR, S.G. (Org.) **Resíduos Sólidos: COVID-19.** 1ª Edição Especial. Recife: EDUFRPE, p.204-217, 2021a.

TANG, S.; MAO, Y.; JONES, R. M.; TAN, Q.; JI, J. S.; LI, N.; SHEN, J.; LV, Y.; PAN, L.; DING, P.; WANG, X.; WANG, Y.; MACLINTYRE, C. R.; SHI, X. Aerosol transmission of SARS-CoV-2? Evidence, prevention and control. **Environment International.** v.144, p.106039, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106039>

TYDEL, D. **O que é pesquisa documental?** 2017. Disponível em: <https://guiadamonografia.com.br/pesquisa-documental/>. Acesso em: 24 abr. 2021.

3.5 GESTÃO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE: ACIDENTES COM PERFUROCORTANTES DOS PROFISSIONAIS DA SAÚDE

ALMEIDA, Maria Zuleide R. de
UFCG
zuleiderodrigues ce@hotmail.com

MARTINS, Wanessa Alves
UFCG
wanessamartins.eng@gmail.com

SILVEIRA, Hélio Lopes da
UFCG
hlsil@hotmail.com

SILVA, Viviane Farias
UFCG
viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

RESUMO

Os acidentes de trabalho são considerados como grande problema de saúde pública tanto no Brasil, como no mundo, principalmente os ocasionados pelos perfurocortantes. Neste sentido, objetivo do estudo foi analisar a ocorrência de acidentes com perfurocortantes entre os profissionais da saúde nos serviços intra e extra-hospitalar. Como procedimento metodológico foi realizado uma revisão integrativa, na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações – BDTD, no Periódico CAPES e nas bases de dados: MEDLINE, LILACS E BDENF, utilizando os seguintes descritores: “Accidents Occupational” and “Needlestcks Injuries” e em português “Acidentes com Perfurocortantes”. Foram analisados os dados de 7 artigos, totalizando cerca de 1.596 profissionais da saúde de instituições intra e extra-hospitalares. A partir dos dados foi constatado que entre os profissionais de saúde avaliados, os médicos e técnicos foram a categoria que apresentou uma maior ocorrência de acidentes, aproximadamente 70%.

Palavras-chave: Riscos, Acidentes ocupacionais, Profissionais de saúde.

1. INTRODUÇÃO

Um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos tem diversos obstáculos a serem ultrapassados, principalmente no que se refere a sua implantação e aperfeiçoamento para a realização da disposição ambientalmente adequada e socialmente segura (OLIVEIRA, PEREIRA e SOUSA, 2021). Devido ao potencial infeccioso de degradação e poluição contra o meio ambiente e contra a saúde pública, os resíduos de serviços de saúde exigem atenção especial e técnicas corretas de manejo e gerenciamento (GUTERRES et al., 2018).

Os acidentes de trabalho apresentam uma grande problemática de saúde pública no Brasil e no mundo pelo seu aumento expressivo e pelo alto risco de contaminação em que os profissionais de saúde são expostos diariamente. Segundo Goulart (2020) entre os acidentes de trabalho, destacam-se os acidentes com perfurocortante identificados como o de maior frequência entre os trabalhadores, este tipo de acidente de trabalho expõe o trabalhador a fluídos biológicos, principalmente devido o descarte inadequado dos resíduos de saúde, como afirmam Vaz e Fraga (2020).

Pesquisas elaboradas por diversos autores evidenciam as taxas preocupantes de acidentes de trabalho em hospitais com materiais perfurocortantes (ALVES et al., 2013; VALIM et al., 2014; ARANTES et al., 2017). Jansen (2015) descreve que estes tipos de acidentes fazem parte do cotidiano destes profissionais e instituições de saúde. O acidente de trabalho caracteriza-se pela relação entre o dano e o agente que o provocou (BRASIL, 2016).

Para reduzir esses acidentes, torna-se necessário instruir os gestores para que o gerenciamento de resíduos de saúde atenda sempre aos requisitos que a legislação determina (SILVA et al., 2017). Em estudo realizado por (AGUIAR, GUARNIERIE e CERQUEIRA-STREIT, 2020) os autores afirmam que a legislação precisa ser melhor difundida, pois o seu desconhecimento por parte dos funcionários, onde a pesquisa foi realizada foi constatado.

Ocorrem cerca de 385 mil acidentes ocupacionais com os profissionais de saúde a nível mundiais relacionadas aos materiais perfurocortantes (RUAS et al., 2012). Existem mais de 3 milhões de trabalhadores brasileiros na área da saúde (ASSUNÇÃO; LIMA, 2012) e a maioria dos acidentes com perfurocortantes ocorrem devido ao descarte incorreto ou manejo do coletor de descarte contendo os perfurocortantes, sendo a causa de aproximadamente 17% dos acidentes notificados no Brasil, sendo o maior índice causados pelas agulhas (60%), segundo Rapparini e Reinhardt, (2010).

Oliveira et al. (2017) constataram que os momentos de treinamento ofertados pelas unidades estudadas não se mostraram eficiente ou suficiente não proporcionando uma mudança de visão e comportamento dos seus funcionários em relação a um manuseio adequado de resíduos. Dessa forma, se faz necessário que os órgãos fiscalizadores sejam mais presentes, com atuação não somente na aplicação de multas, mas também na oferta

de orientação adequada aos estabelecimentos de saúde (AGUIAR, GUARNIERIE e CERQUEIRA-STREIT, 2020).

Conforme notificação no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), no período entre 2010 a 2015, registraram-se 439.457 acidentes de trabalhos na área de saúde, os que estão relacionados a exposição a material biológico, foram de 276.699, ou seja, de 34,2%, BRASIL, (2017). No Brasil, a maior parte dos agravos sofridos pelos profissionais de enfermagem são decorrentes de acidentes com agulhas (68,2%) (COUTO, 2018). As subnotificações dos acidentes de trabalhos são significantes, Oliveira e Gonçalves (2010) afirmam que podem alcançar até 85% com perfurocortantes. Os materiais perfurocortantes, conforme a Norma Regulamentadora 32, é definida como os materiais usados no auxílio à saúde e que possuam ponta ou gume e/ou seja capaz de perfurar (BRASIL, 2018). As atividades de rotina dos profissionais da saúde requerem exposição direta com material biológico e o manuseio de perfurocortantes, expondo a situações de riscos à saúde. Segundo Gomes (2019) as técnicas usadas pelo trabalhador e o ambiente são fatores que propiciam a exposição ao acidente de trabalho.

Os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) são resíduos potencialmente perigosos, devido ao risco a saúde e ao meio ambiente (STEDILE, 2018). Soares et al., (2011) relatam que o contato com sangue, fluidos corporais, agulhas, cateteres entre outros, durante a prestação dos cuidados, expõe os profissionais de saúde a contaminação, seja no manejo e/ou descarte inadequado dos materiais usados na assistência. Diversas doenças podem ser transmitidas através dos acidentes com os perfurocortantes, como se infectar com diversos patógenos de transmissão sanguínea, destacando-se HIV e as hepatites B e C (FUNDACENTRO, 2017). Novack e Karpiuck (2015) afirmam que há uma preocupação com os profissionais de saúde por estarem vulneráveis a materiais contaminados e perfurantes com elevada frequência, havendo índice de acidentes ocupacionais relevante. Assim, faz -se necessário uma observância rigorosa do gerenciamento dos RSS por causa do alto potencial infeccioso e poluente ao meio ambiente e a saúde humana (CLOCK e OLIVEIRA, 2017). Santos Júnior et al. (2021), citam em sua pesquisa que deve-se buscar reduzir o volume de RSS e minimizar o contágio por patógenos presentes nesses resíduos, dando uma destinação adequada. Clock e Oliveira (2016) apontam em seus resultados para a necessidade de implantar políticas de gerenciamento dos RSS nos diversos estabelecimentos de saúde, não apenas investindo na organização e sistematização dessas fontes geradoras, mas, fundamentalmente, mediante despertar a consciência humana e coletiva quanto à responsabilidade com a própria vida humana e com o ambiente.

Nas instituições de saúde intra e extra-hospitalar tem se verificado que o descarte dos RSS não é feito de forma adequada, trazendo prejuízos ao setor de saúde, com gastos elevados no tratamento de resíduos contaminados que são incinerados, bem como em relação aos acidentes que ocorrem. O manuseio correto dos resíduos perigosos como perfurocortantes e material biológico é de grande relevância na rotina do profissional de saúde, reduz acidentes de trabalho, riscos à saúde pública e melhoria da qualidade ambiental. Vaz e Fraga (2020) evidenciam que para garantir a segurança no exercício do trabalho pelos profissionais de saúde é imprescindível o desenvolvimento de práticas e

treinamento. Sobre os resíduos sólidos dos serviços de saúde, a questão mais discutida é o gerenciamento do RSS, levantando a necessidade da conscientização dos profissionais para o cuidado com a segregação dos resíduos gerados durante sua atuação nos serviços de saúde (CLOCK e OLIVEIRA, 2018). De acordo com Medeiros et al.(2018) a questão dos RSS deve envolver, não apenas o aspecto de saúde pública, mas também, a questão da segurança do trabalhador e preservação do meio ambiente, para que a gestão dos resíduos esteja integrada a qualidade dos serviços prestados pela fonte geradora.

Nesse contexto, nota-se a relevância da execução deste estudo em ambiente intra e extra-hospitalar, com enfoque aos profissionais da saúde averiguando o quantitativo de acidentes ocupacionais e o gerenciamento dos resíduos perfurocortantes na busca de aprimorar maneiras de intervenção sobre a prevenção de acidentes através do manejo adequado destes resíduos.

3. METODOLOGIA

Trata-se de uma Revisão Integrativa de artigos sobre acidentes com perfurocortantes com os profissionais da saúde em ambientes intra e extra-hospitalares. O levantamento dos dados foi feito em fevereiro 2021. As buscas foram feitas na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações – BDTD, no Periódico CAPES e nas bases de dados: MEDLINE, LILACS E BDENF.

Foram usados os seguintes descritores: “Accidents Occupational” and “Needlestcks Injuries” e em português “Acidentes com Perfurocortantes”. Como critério de inclusão foram escolhidos os artigos que estavam ligados diretamente a pesquisa, publicados entre 2016 e 2021. Como critério de exclusão foram retirados os artigos que não tinham como foco central “Os acidentes com perfurocortantes” e “Nas unidades intra e extra-hospitalares”. Assim sendo, dos 118 artigos selecionados foram inclusos 7 para a amostra do estudo. Após a escolha dos artigos, foi feita a leitura de todos para análise das variáveis, ao término de todo processo analítico o processo descritivo foi apresentado através de quadro e tabelas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados dados de 7 artigos, um total de 1.596 profissionais da saúde de instituições intra e extra-hospitalares: 01 com alunos de graduação em odontologia, 02 em hospitais federais, 01 em setor de urgência e emergência, 01 serviço de atendimento móvel de urgência (SAMU), 01 em hospitais, consultórios médicos e instalações de atendimento, 01 em hospital terciário.

Verificou-se uma ligação direta entre a ocorrência de acidentes de trabalho e os riscos ocupacionais identificados por esses profissionais nos seus ambientes de trabalho (Quadro 1). Averigua-se que na metodologia aplicada nos estudos analisados, a quantitativa é a mais aplicada. De acordo com Goullart (2020), existem variadas classes de profissionais que realizam atividades no hospital e todas estão expostas a ocorrência de acidentes.

Quadro 1. Artigos usados na amostra da Revisão Integrativa.

Título	Autor e Ano	Método	Periódico	Conclusão
Causas de ferimentos com perfurocortantes ao usar dispositivos com e sem recursos de segurança	Dulon et al. (2020)	Quantitativo	Revista internacional de pesquisa ambiental e saúde pública	A análise das circunstâncias dos NSIs pode ajudar a identificar atividades de alto risco e ajudar as autoridades a encontrar os dispositivos de engenharia de segurança mais seguros com base na experiência de proteger os profissionais de saúde e nos avanços tecnológicos.
Estudo dos acidentes com instrumentos perfurocortantes em clínica de graduação em odontologia	Martins et al. (2020)	Estudo Epidemiológico e quantitativo	Revista da faculdade de odontologia de Porto Alegre	Após a realização deste estudo pode-se concluir que o índice de acidentes com materiais ou instrumentos perfurocortantes é pequeno quando analisados os números de atendimentos realizados. Protocolos de biossegurança e normas de conduta clínica precisam ser seguidos para minimizar ainda mais os riscos de acidentes
Acidentes de trabalho e o uso de equipamentos de proteção individuais pelos profissionais de saúde em um hospital terciário	Andrade et al. (2020)	Quantitativo	Rev Med UFC	Existem lacunas na segurança dos trabalhadores do hospital terciário, revelando valores de acidentes com perfurocortantes semelhantes à literatura. Ademais, observou-se que muitos dos acidentados minimizam os acidentes e não os notificam.
Acidentes de trabalho e os riscos ocupacionais identificados no serviço de atendimento móvel de urgência	Goulart et al (2020)	Quantitativo	Revista da escola de Enfermagem da USP	As ocorrências de acidentes de trabalho durante as atividades no serviço pré-hospitalar estão relacionadas à categoria profissional dos trabalhadores, mesorregião de atuação, afastamentos do trabalho e a exposição dos trabalhadores a distintos riscos ocupacionais.
Acidentes ocupacionais com perfurocortantes em profissionais do setor de urgência e emergência em um hospital de referência de pernambuco, Brasil	Gouveia et al. (2019)	Estudo epidemiológico e Quantitativo	Revista de epidemiologia e controle de infecção	A maioria dos acidentes com materiais perfurocortantes ocorreu no momento da punção venosa. A categoria dos técnicos de enfermagem foram os mais afetados.

Estratégias de prevenção e acompanhamento de acidentes perfurocortantes em hospital federal.	Quixabeiro (2019)	Análise Epidemiológica e Descritiva	Arca	Índice alto de trabalhadores que não notificam e/ou não dão continuidade ao seguimento recomendado pelo protocolo institucional. Necessidade de sensibilizar os trabalhadores para a importância da necessidade de notificação, de prevenção e de controle dos acidentes com perfurocortantes.
Vigilância dos trabalhadores de enfermagem que sofreram acidentes de trabalho com materiais biológicos em um hospital universitário federal	Duarte (2018)	Quantitativo		Conclui-se que os objetivos propostos foram alcançados e compreende-se que faz-se necessário a Educação Permanente em Serviço, bem como a capacitação dos gestores e conscientização dos profissionais de enfermagem quanto à importância da notificação dos AMB.

Em relação ao quantitativo de acidentes por perfurocortantes os estudos demonstram uma significativa variação entre ocorrência e categoria, conforme a Tabela 1, constata-se que os médicos e técnicos são a categoria que possuem maior ocorrência de acidentes e grande maioria deles acontecem com os perfurocortantes, chegando nas pesquisas a alcançar cerca de 87% dos acidentes.

Tabela 1. Análise da ocorrência, percentual, número de acidentes e a idade média das pessoas de acordo com os estudos analisados.

Categoria com mais ocorrência	%	Acidentes Com perfurocortantes	Idade média
Enfermeiros	-	35,0%	-
Alunos	90,78	76	-
Técnicos	88,89	32,37%	Inferior a 35 anos
Médicos	94,12	45	39 anos
-	-	45(91,83%)	-
Médicos Residentes	41	87	entre 20 – 30
Técnicos	-	31,4%	38,6 anos

Os profissionais da saúde estão diariamente expostos aos acidentes com perfurocortantes do tipo agulhas e quase sempre com a presença do sangue. Os tipos de procedimentos que estão interligados aos acidentes são a punção venosa e coleta de sangue, que mais ficou evidenciado. O tipo de exposição geralmente ocorre com agulhas e o material orgânico com maior incidência de acidentes é com sangue, as pesquisas demonstraram que aproximadamente 70%, das incidências de acidentes tinha o sangue como material orgânico de contaminação (Tabela 2). Segundo Duarte (2018), as utilizações de medidas

de biossegurança em âmbito hospitalar, assim como a inserção de políticas institucionais coerentes, são fundamentais para diminuir o índice de riscos ocupacionais.

Tabela 2. Análise sobre os tipos de procedimentos, exposição e material orgânico.

PROCEDIMENTO	TIPO DE EXPOSIÇÃO	MATERIAL ORGÂNICO
Punção intravenosa (60%)		
Coleta de sangue, sutura e descarte	Agulha	Sangue
Anestesia e reencape	Agulhas 36,85%	Saliva (10,53%) Sangue (73,68%)
Punção venosa	Agulha 33,33%	
-	-	Secreção
Coleta de sangue	Agulha	Sangue
Punção venosa (36,4%)	Percutânea (75,7%)	Sangue (75,7%)

Dentre as categorias que apresentaram acidentes com perfurocortantes têm-se: enfermeiras (DULON et al., 2020), alunos de graduação (MARTINS et al., 2020), técnicos de enfermagem, como relatados por Duarte (2018) e Gouveia et al. (2020) médicos residentes (QUIXABEIRO, et al., 2019) e médicos (ANDRADE, et al., 2020). Nos acidentes por percutânea, como afirma Duarte (2018), pode ocorrer com a presença de sangue como material orgânico conforme estes autores (DUARTE, 2018; QUIXABEIRO et al., 2019; DULON et al., 2020; MARTINS et al., 2020), e por exposição a secreção (ANDRADE et al., 2020), no momento do descarte dos RSS (DUARTE, 2018; QUIXABEIRO et al., 2019; DULON et al., 2020).

Dulon et al. (2020) analisando os acidentes com uso ou não de dispositivo de segurança – DSEs, concluíram que em 35,1% dos ferimentos com agulhas e perfurocortantes (NSIs), um DSEs foi usado no momento do acidente, o ato do descarte representou quase 30,0% do total dos acidentes. Corroborando com Quixabeiro et al. (2019), o descarte ocorreu como principal procedimentos no ato do acidente, e correspondeu a 30,6% no estudo de Duarte (2018).

Os fatores de riscos para os acidentes com perfurocortantes foram: uma alta carga de trabalho (DUARTE, 2018; DULON et al., 2020; GOULLART et al., 2020); inexperiência, cansaço físico e emocional, negligência às normas de biossegurança (MARTINS et al., 2020), deficiência de educação permanente (VIVIANE et al., 2019). Referente às notificações dos acidentes com perfurocortantes, dos oitenta e seis que conhecem o protocolo de notificação da instituição, oitenta alegam que o mesmo não está disposto para a visualização da equipe (GOUVEIA et al., 2019), minimizam os acidentes

e não os notificam (ANDRADE et al., 2020), desconhecem o protocolo de notificação (DUARTE, 2018).

Martins et al. (2020) registraram um total de 76 notificações, ou seja, cem por cento dos acidentes com perfurocortantes foram notificados, porém percebe-se que houve um baixo índice de acidentes por atendimento em relação aos acidentes registrados (0,0013%). Situação oposta aos resultados obtidos por Quixabeiro et al. (2019) com oitenta e sete acidentes com perfurocortantes registrados dentro de um universo de mais de 3 mil trabalhadores denotando uma clara subnotificação. Este estudo teve como limitações a falta de dados ausentes nas pesquisas que dariam mais consistência aos nossos resultados, não generalizando visto que cada autor delimita seu estudo.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os estudos conclui-se que todas as categorias de profissionais da saúde estão sujeitas a acidentes com perfurocortantes, eles trazem danos a sua saúde e segurança. Sugere-se um gerenciamento de resíduos de serviços de saúde com desempenho eficaz incluindo todos os profissionais da instituição, seguindo os protocolos de biossegurança, campanhas educativas, incluindo educação permanente e treinamento periódicos, priorizando evitar tais acidentes propiciando assim um ambiente seguro e saudável para todos.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, R. C. C.; GUARNIERI, P. S.; CERQUEIRA-STREIT, J. A. Resíduos de Serviços de Saúde no Distrito Federal: práticas de gestão e conhecimento da legislação. In: SILVA, T. S da.; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. (Org.). Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade. (2020) - 1. ed. – Recife: EDUFRPE: Gampe, p, 334-349.

ALVES, A. P.; FERREIRA, M. D.; PREARO, M. F.; GIR, E.; DA SILVA CANINI, S. R. M. (2013). Subnotificação de acidentes ocupacionais com material biológico pela enfermagem no bloco cirúrgico. *Revista Eletrônica de Enfermagem*, 15(2), 375-81.

ANDRADE, F. C. D.; SILVA FILHO, A. D. C.; CASTRO, M. E. D.; COSTA, P. H. S.; SILVA, D. F. D. (2020). Acidentes de trabalho e o uso de equipamentos de proteção individuais pelos profissionais de saúde em um Hospital Terciário. *Red. Med. UFC*, 60(3), 29-33.

ARANTES. M. C.; HADDAD, M.C.F.; MARCON, S.S.; ROSSANEIS, M.A.; PISSINATI, P.S.C.; OLIVEIRA, S.A. (2017). Acidentes de trabalho com material biológico em trabalhadores da saúde. *Revista UFPR/Cogitare Enfermagem*, 22(1), 01-08.

BRASIL 2018. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria no 485, de 11 de novembro de 2006. Aprova a Norma Regulamentadora nº 32 (Segurança e Saúde no Trabalho em Estabelecimentos de Saúde) (2005). Brasília: Diário Oficial da União, 16 de novembro de 2005, Seção 1, Edição 219, páginas 80 a 94.

CLOCK, D.; OLIVEIRA, T. M. N. Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde na ótica da segurança ambiental. In: EL-DEIR, S. G.; MELO, A. M.; SOUTO, T. J. M. P. Resíduos sólidos: O desafio

do Gestão Integrada de Resíduos Sólidos face aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. (2016) - 1. ed. -- Recife: EDUFRPE, p. 11- 20.

CLOCK, D.; OLIVEIRA, T. M. N. Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde na ótica da segurança ambiental. In: EL-DEIR, S. G; BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J. de. (Org). Resíduos sólidos: diagnósticos e alternativas para a gestão integrada. (2017). -- 2. ed. -- Recife : EDUFRPE, p,382-391.

CLOCK, D.; OLIVEIRA, T. M. N. Os Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde na ótica da saúde ambiental. In: SANTOS, J. P. de O.; SILVA, R. C. P. da; MELLO, D. P. de; EL-DEIR, S. G. Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais. (2018) – 1. ed. - Recife: EDUFRPE, p. 464-474.

COUTO, P. L. S., GOMES, A. C., ALVES, F. F., CASTELAN, E., DIB, R. V., MERCÊS, M. C., & GOMES, A. M. T. (2018). Representações sociais acerca dos riscos de acidentes de trabalho. *Revista Brasileira em Promoção da Saúde*, 31(2).

DUARTE, A. P. Vigilância dos trabalhadores de enfermagem que sofreram acidente de trabalho com materiais biológicos em um hospital universitário federal - Uberlândia - 2018. 84 f. Dissertação (Mestrado profissional em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

DULON, M.; STRANZINGER, J.; WENDELER, D.; NIENHAUS, A. Causes of Needlestick and Sharps Injuries When Using Devices with and without Safety Features. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(23), 8721.

FUNDACENTRO. (2017). Parecer técnico da Fundacentro. Coletores de perfurocortante em serviços de saúde. Brasil.

GOMES, S.C.S.; MENDONÇA, I.V.S.; OLIVEIRA, L.P.; CALDAS, A.J.M. (2019). Acidentes de trabalho entre profissionais da limpeza hospitalar em uma capital do Nordeste, Brasil. *Ciência, saúde coletiva*, 24(11), 4123-4131. Doi: <https://doi.org/10.1590/1413-812320182411.26752017>

GOULART, L. S.; ROCHA, L. P.; CARVALHO, D. P. D.; TOMASCHEWSKI-BARLEM, J. G.; DALMOLIN, G. D. L.; PINHO, E. C. D. (2020). Acidentes de trabalho e os riscos ocupacionais identificados no Serviço de Atendimento Móvel de Urgência. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, 54.

GOUVEIA, V. A.; VASCONCELOS, M.E.M.; LIRA, M.C.C.; SILVA, J.J.T.; CABRAL, J.V.B. (2019). Acidentes ocupacionais com perfurocortantes em profissionais do setor de urgência e emergência em um hospital de referência de Pernambuco, Brasil. *Revista de Epidemiologia e Controle de Infecção*, 9(4), 299-305.

GUTERRES, C. E.; COSTA, V. R. M.; BEZERRA, D. da S.; GONÇALVES, I. S. Avaliação do gerenciamento dos Resíduos sólidos de Serviços de Saúde: estudo de caso. In: SANTOS, J. P. de O.; SILVA, R. C. P. da; MELLO, D. P. de; EL-DEIR, S. G. Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais. (2018) – 1. ed. - Recife: EDUFRPE, p, 451-463.

JANSEN, A. C., MARZIALE, M. H. P., SANTOS, C. B. D., DANTAS, R. A. S., & KO, N. Y. (2015). Assessment of adherence to post-exposure conducts among health workers: translation and cultural adaptation of an instrument. *Texto & Contexto-Enfermagem*, 24(3), 670-679.

MARTINS, M. E. S., FERNANDES, T. C. B., & LYRIO-ALVARES, M. C. N. (2020). Estudo dos acidentes com instrumentos perfurocortantes em clínica de graduação em odontologia. *Revista da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre*, 61(1), 61-68.

MEDEIROS, M. C. de.; LUZ, E. L. P. da.; FERNANDES, J. B.; HOLANDA, R. M. de.; Gerenciamento de Resíduos dos Serviços de Saúde (RSS): estudo de caso realizado em hospital da rede pública de saúde do Recife-PE. In: SANTOS, J. P. de O.; SILVA, R. C. P. da; MELLO, D. P. de; EL-DEIR, S. G. Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais. (2018) – 1. ed. - Recife: EDUFRPE, p, 483-490.

OLIVEIRA, A. C.; MORAES FILHO, R. A. de.; SANTANA, A. F. de.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. M. Aprendizagem organizacional, educação ambiental e plano de gestão de resíduos em unidades de saúde: Recife-PE. In: EL-DEIR, S. G; BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J. de. (Org). Resíduos sólidos: diagnósticos e alternativas para a gestão integrada. (2017). -- 2. ed. - Recife : EDUFRPE, p, 364-371.

OLIVEIRA, F. M. de; PEREIRA, C. D. S.; SOUSA, T. M. I. de. Análise do gerenciamento de resíduos de serviços de saúde em Instituição de Ensino Superior (IES). In: ALMEIDA, I. M. S. de et al. (Org.). Resíduos Sólidos: Gestão e tecnologia. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021, Cap. 5, p.551-563.

QUIXABEIRO, E. L. (2019). Estratégias de prevenção e acompanhamento de acidentes perfurocortantes em hospital federal. Mestrado Profissional em Vigilância em Saúde do Trabalhador (Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca). Fundação Oswaldo Cruz, 107p.

RAPPARINI, C.; REINHARDT, É. L. (2010). Manual de Implementação: Programa de Prevenção de Acidentes com Materiais Perfurocortantes em Serviços de Saúde. São Paulo: Fundacentro.

RUAS, EFG. SANTOSI, LS. BARBOSA, DA. BELASCO, AGS. RITA, A. (2012). Acidentes ocupacionais com materiais perfurocortantes em hospitais de Montes Claros-MG. *REME Revista Mineira de Enfermagem*, 2012.

SANTOS JÚNIOR, J. I. dos.; GUEDES, F. L.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. I. de. Panorama da coleta, da disposição final e das tecnologias de Resíduos de Serviço de Saúde no Nordeste Brasileiro. In: ALMEIDA, I. M. S. de et al. (Org.). Resíduos Sólidos: Gestão e tecnologia. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021, Cap. 5, p.579-591.

SILVA, R. A. J. da.; OLIVEIRA, J. T. de.; SOUTO, T. J. M. P.; HOLANDA, R. M. de. Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde: planejamento para destinação ambientalmente correta. In: EL-DEIR, S. G; BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J. de. (Org). Resíduos sólidos: diagnósticos e alternativas para a gestão integrada. (2017). -- 2. ed. - Recife : EDUFRPE, p, 349-357.

SINAN - DRT Exposição a Material Biológico Publicado: Terça, 08 de Março de 2016, 20h15 | Última atualização em Quinta, 09 de Janeiro de 2020, 15h15 | Acessos: 23134

SOARES, L. G., LABRONICI, L. M., MAFTUM, M. A., SARQUIS, L. M. M., & KIRCHHOF, A. L. (2011). Risco biológico em trabalhadores de enfermagem: promovendo a reflexão e a prevenção. *Cogitare Enfermagem*, 16(2), 261-267.

STEDILE, N. L. R.; SCHNEIDER, V. E.; NUNES, M. W.; KAPPES, A. C. (2018). A aplicação do modelo FPSEEA no gerenciamento de resíduos de serviço de saúde. *Ciênc. saúde coletiva* [online]. 23(11), 3683-36948 .

VALIM, M. D., MARZIALE, M. H. P., HAYASHIDA, M., & RICHART-MARTÍNEZ, M. (2014). Ocorrência de acidentes de trabalho com material biológico potencialmente contaminado em enfermeiros. *Acta Paulista de Enfermagem*, 27(3), 280-286.

VAZ, R.; FRAGA, M. (2020). Sistema eletrônico para monitoramento de coletores de perfurocortantes. *Impactos das Tecnologias na Engenharia Biomédica*, p.54-63.

3.6 RESÍDUOS DOMICILIARES RECICLÁVEIS; DESAFIOS NA GESTÃO DE RESÍDUOS URBANOS DURANTE A PANDEMIA DA COVID-19

ARAGÃO JÚNIOR, Wilson Ramos
Gampe/UFRPE, GEGEP/UFPE
wilsonramosaragao@hotmail.com

ARAÚJO, Victor Gabriel Martiniano de
Gampe/UFRPE
vgabriel649@gmail.com

ASSIS, Pedro Henrique Ribeiro de
Gampe/UFRPE
pedroribeiroassis@gmail.com

EL-DEIR, Soraya Giovanetti
Gampe/UFRPE
sorayageldeir@gmail.com

RESUMO

Dentre as várias consequências da concentração populacional em centros urbanos, a grande geração de resíduos é destaque. Em alguns casos, torna-se uma problemática tal questão, devido a gestão inadequada, principalmente durante a pandemia da Covid-19. Assim, esse estudo objetivou avaliar a potencialidade de transmissão do coronavírus a partir dos resíduos sólidos domiciliares, como também compreender a problemática da segregação e destinação dos resíduos recicláveis residenciais. Para isso, baseado nos métodos de pesquisa exploratória e descritiva, procedeu-se com um conjunto de etapas, tais como: elaboração de formulário de pesquisa no *Google Forms*, análise e discussão dos resultados com literatura pertinente. A maioria das pessoas colocam os resíduos apenas no saco plástico e descartam, o que é insuficiente para evitar os riscos de contágio àqueles que irão manusear o resíduo, tendo em vista que, dependendo da superfície, o Sars-CoV-2 pode persistir por dias. Além disso, são necessárias ações que elevem o conhecimento a respeito da destinação correta dos resíduos recicláveis, buscando contribuir para a redução de impactos ambientais. Por fim, conclui-se que existe um desafio para os próximos anos: a conscientização da população, a fim de elevar a segurança sanitária e ambiental da gestão de resíduos sólidos urbanos.

PALAVRAS-CHAVE: Contágio, Gerenciamento, Transmissão

1. INTRODUÇÃO

A crescente tendência da formação de centros urbanos é uma construção histórico-social que é vivenciada a um considerável tempo. O êxodo rural acarretou diversas consequências, como a geração em massa de resíduos sólidos e a disposição dos mesmos, em grande maioria, em locais inadequados, passíveis de contaminações ambientais. Com o desenvolvimento de conceitos e preocupações ambientais no decorrer dos anos, resíduos passaram a ser descartados em aterros sanitários, solução que reduz o impacto ambiental. Entretanto, o consumo da metragem de terras é um gargalo desse método (CONTE, 2016).

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020), na última década do Brasil, a coleta dos resíduos sólidos urbanos – RSU cresceu em cerca de 24% e, aproximadamente, 40% dos mesmos foram destinados incorretamente. No ano de 2020, foram produzidos 79,6 milhões de toneladas de RSU, dos quais 23,88 milhões de toneladas são de resíduos recicláveis secos, como plásticos, papelões, papéis, vidros, metais e embalagens multicamadas.

Com isso, a eficiência na gestão de resíduos sólidos é evidentemente primordial para amortização dos impactos negativos provenientes dos mesmos. Uma das ferramentas de gestão é o manejo ideal dos resíduos recicláveis, destinando-os para o amplo e diversificado processo da reciclagem. Realizando assim, uma estratégia economicamente viável e ambientalmente sustentável (INSUA, 2020).

Já a pandemia da Covid-19 afetou diretamente o manejo dos resíduos recicláveis, devido a capacidade desses materiais de serem possíveis fontes de contágio para todos os participantes de sua rota tecnológica. As ações preventivas recomendadas para os geradores e manipuladores dos recicláveis rodeia-se no recorte da quarentena dos materiais e higienização dos mesmos, devido a persistência do vírus em superfícies inanimadas, como os plásticos, alumínio, entre outros (KAMPF *et al.*, 2020).

Diante do exposto, esse estudo teve o objetivo de avaliar a transmissão da Covid-19 a partir dos resíduos sólidos domiciliares, como também compreender a problemática da segregação e destinação dos resíduos recicláveis oriundos das residências. Para isso, procedeu-se com um conjunto de etapas buscando a coleta de dados para análise e entendimento do tema abordado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. RESÍDUOS RECICLÁVEIS

De acordo com o Art. 3 da Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010), a reciclagem é definida como “processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os

padrões estabelecidos pelos órgãos responsáveis”. Logo, os recicláveis são quaisquer resíduos que sejam compatíveis com tal procedimento (Quadro 1).

Quadro 1 – Enquadramento de resíduos a reciclagem

Tipo	Recicláveis	Não recicláveis
Plásticos	Copos descartáveis	Esponja de Aço
	Sacos/ Sacolas	Latas de Verniz
	Embalagens Pet	Latas de produtos tóxicos
Metais	Enlatados	Esponja de Aço
	Arames	Latas de Verniz
	Pregos	Latas de produtos tóxicos
Papeis	Jornais e Revistas	Papéis Sanitários
	Folhas de Caderno	Papéis Metalizados
	Caixas em Geral	Papéis com gordura ou restos de comida
Vidros	Garrafas	Vidros temperados
	Pára-brisas	Espelhos
	Copos	Tubo de TV

Fonte: Adaptado da Poli USP (2010)

O manejo adequado dos resíduos é fundamental e envolve as etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento, destinação e disposição final (ARAÚJO; LINS; JUCÁ, 2019). Com o desenvolvimento de tecnologias avançadas, atualmente, há vários métodos para destinação desses materiais, no qual a seleção deve ser analisada perante as viabilidades do contexto da situação (PIMENTEL *et al.*, 2020). A reciclagem apresenta-se como um dos processos de tratamento mais limpos e viáveis (CAETANO *et al.*, 2019). Além disso, vale-se ressaltar que a criação de associações e cooperativas de catadores de resíduos recicláveis precisam ser questões fomentadas governamentalmente (CEMBRANEL *et al.*, 2021).

A ocorrência da incorreta segregação dos recicláveis com não recicláveis é um hábito comum no Brasil, o que dificulta a gestão dentro das cooperativas de catadores (SILVA *et al.*, 2018). Nazari *et al.* (2020) evidenciou o aparecimento de resíduos provenientes de atendimento à saúde humana ou animal, os resíduos de serviços de saúde – RSS, nos locais de triagem dos reciclados, o que por sua vez expõe os trabalhadores a riscos de contaminações. O desperdício devido a disposição de materiais recicláveis, como o plástico, em aterros sanitários e controlados é uma problemática advinda da falta de educação ambiental da população e a inadequada gestão Municipal desses resíduos (CAVALCANTI *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2018).

A destinação dos resíduos recicláveis, para tratamentos distintos, apresenta uma considerável pluralidade, inclusive há a aplicação de métodos para a metrificação dos mesmos, como a elaboração de indicadores de gestão (SOUZA; COSTA; EL-DEIR, 2017; SILVA *et al.*, 2021). A reciclagem de materiais na construção civil é uma alternativa de aplicação utilizada, por causa de apresentar-se viável e altamente sustentável, como a utilização de plásticos em compósitos (LIMA; FELIPE; FELIPE, 2021). Outro exemplo é o uso da incineração dos recicláveis para geração de energia elétrica (GOMES *et al.*, 2017).

2.2. GESTÃO DE RECICLÁVEIS E COVID-19

As problemáticas da gestão dos resíduos sólidos não é um ponto recente (AGUIAR; PESSOA; EL-DEIR, 2019). Atualmente, há um agravamento dos mesmos, devido à alta geração, à diversificação desses materiais e à dificuldade de tratamento e deposição (LINS; MEDEIROS; COUTINHO, 2019). Visto isso, a reciclagem é uma ferramenta de valia, pois a mesma fomenta a preservação da extensão da vida útil do aterro sanitário nos municípios e ocasiona a economia de recursos, com a produção de novos produtos para a indústria (RAVANELLO; MAAS, 2017). Tal procedimento configura-se num método de tratamento que proporciona ao resíduo reciclável o retorno a rota tecnológica (RIBEIRO et al., 2019), além de poder amparar e promover a melhoria da qualidade de vida dos catadores (RIOS; SILVA, 2019).

O reconhecimento global da pandemia da Covid-19 acarretou na cautela e implementação diversas medidas preventivas para o combate da doença, principalmente visando a proteção dos grupos de risco (ROMERO et al., 2021). Práticas como o distanciamento social, isolamento de casos, fechamento de escolas e comércio, restrição de tráfego e uso de máscaras faciais foram adotadas para evitar a transmissão da Covid-19 (PEIXOTO et al., 2020). A gestão dos resíduos recicláveis foi outro campo que teve a necessidade de passar por alterações, com o intuito de combater a transmissão da Covid-19, pois os mesmos são consideráveis canais de contaminação da doença (SILVA; ARAÚJO; CORTE, 2020). O itinerário dos resíduos recicláveis é rota de contágio para todos os indivíduos participantes, como os catadores (SILVA; OLIVEIRA JÚNIOR; SOUZA, 2021). De acordo com Lima et al. (2020), o coronavírus fica ativo para disseminação durante 72 horas no plástico, 4 horas no cobre e 24 horas no papelão. Neste contexto, refletir sobre a gestão dos resíduos sólidos domésticos no atual cenário pandêmico é relevante para que se possa progredir na elevação a segurança sanitária e ambiental.

3. METODOLOGIA

Este estudo foi baseado nos métodos de pesquisa exploratória e descritiva; exploratória porque visa compreender melhor o entendimento da população acerca do potencial de contágio da Covid-19 por meio dos resíduos sólidos recicláveis oriundos das residências; descritivo, pois busca aprofundar o conhecimento sobre o tema através da coleta e da análise dos dados (GIL, 2019). Para isso, procedeu-se com um conjunto de etapas, sendo essas, sequencialmente: elaboração de formulário de pesquisa no *Google Forms*; realização de pré-teste; coleta de dados por e-mail e *Whatsapp*; tratamento dos dados; e, análise e discussão dos resultados com literatura pertinente.

Na confecção do formulário, buscou-se qualificar a amostra por meio dos parâmetros do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), tais como: sexo, faixa etária, grau de instrução e renda. Além disso, o questionário teve perguntas objetivas sobre resíduos sólidos recicláveis e Covid-19. O pré-teste foi realizado pelos pesquisadores do Grupo de Pesquisa Gestão Ambiental em Pernambuco (Gampe) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). A coleta dos dados durou aproximadamente três meses,

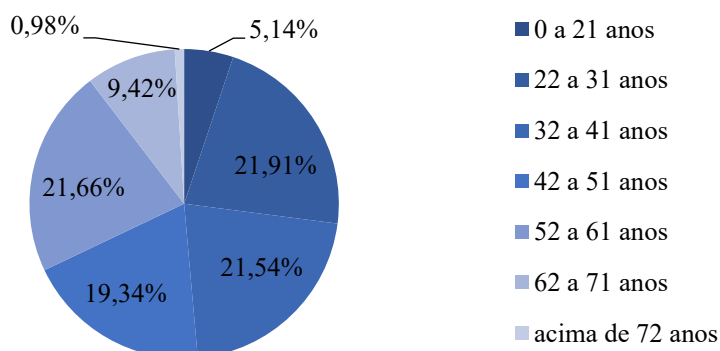
perpassando os meses de abril, maio e junho de 2020. O formulário foi respondido voluntariamente por qualquer pessoa alcançada pelos canais de divulgação. Os dados foram plotados em planilha eletrônica do *software Microsoft Excel*, aplicando Estatística Descritiva, tendo como premissa a escolha de tipos de gráficos mais adequados para expressar as informações. Ainda, os dados foram cruzados com a qualificação dos entrevistados, a fim de compreender se houve influência nas respostas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa obteve resposta de 1170 pessoas residentes em 21 unidades federativas do Brasil, sendo o estado de Pernambuco o mais significativo da amostra, correspondendo a 81,27% dos entrevistados. Os estados de São Paulo, Paraíba, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro contribuíram com, respectivamente, 3,18%; 2,20%, 2,08% e 2,08%, totalizando 9,54%. As demais 16 unidades federativas representam juntas 9,19%. Englobando os entrevistados por regiões do Brasil, tem-se que o Nordeste representa 88,86% do n amostral e foram obtidas respostas de todos os estados dessa região. Em seguida percebe-se a região Sudeste com 5,63%, depois as regiões Sul e Centro-Oeste com, concomitantemente, 3,30%, e 1,59%, e, por fim, o Norte representado por 0,61% dos entrevistados.

Em relação a sexualidade de cada entrevistado, mais da metade dos participantes são do sexo feminino, representando 65,73% do n amostral. Já o sexo masculino corresponde a 33,90% dos entrevistados e uma pequena parcela, 0,37%, não quis declarar a sexualidade. No caso da faixa etária dos entrevistados, pode-se observar que mais de 80% da amostra corresponde a faixa etária adulta, entre 22 e 61 anos. A fase adulta está distribuída nos intervalos de anos de 22 a 31, de 32 a 41, de 42 a 51 e de 52 a 61, representados, concomitantemente, pelos percentuais de 21,91%, 21,54%, 19,34% e 21,66%. A faixa etária idosa, acima de 62 anos, possui uma pequena parcela, 0,98%, e 5,14% são pessoas com idade entre 0 e 21 anos (Figura 1). Observando a pirâmide etária do Brasil para o ano de 2019, tem-se que a população na fase adulta, entre 22 a 61 anos, corresponde a pouco mais que 60,00% (IBGE, 2019), logo, comparando com a dos entrevistados, percebe-se uma diferença na distribuição das faixas etárias.

Figura 1 – Distribuição quanto à faixas etárias

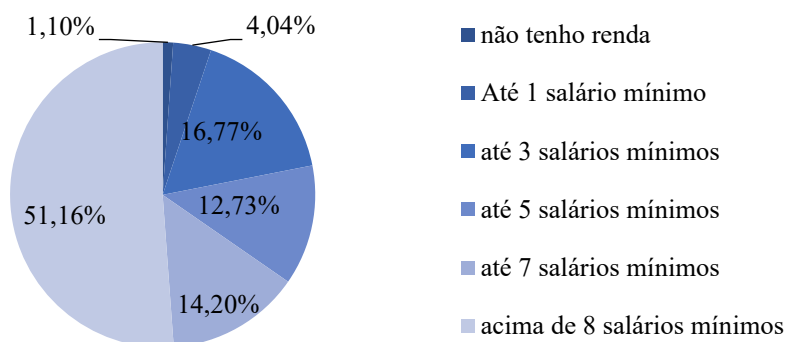


Em relação à escolaridade, há a predominância de pessoas com nível igual ou superior ao de graduação, equivalendo a 84,20%. Desse total têm-se: 32,31% de graduados; 30,72%

de especialistas; 13,34% de mestres e 7,83% de doutores. Os 15,80% restantes estão divididos entre os níveis técnico, médio e fundamental, contribuindo individualmente por, respectivamente, 4,77%; 10,65% e 0,37%. De acordo com os dados apresentados pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e pelo IBGE, a realidade da formação acadêmica dos entrevistados é diferente das estatísticas para a população brasileira, visto que menos de 20% dos brasileiros possuem nível superior (OCDE, 2019; IBGE, 2018).

Quanto à renda familiar, uma pequena parcela, 1,10%, informaram não possuir renda. No outro extremo, com renda maior que 8 salários mínimos, tem-se 51,16% dos entrevistados. Aqueles que recebem até 1 salário mínimo, até 3 salários mínimos, até 5 salários mínimos e até 7 salários mínimos contribuem com, respectivamente, 4,04%, 16,77%, 12,73% e 14,20% (Figura 2).

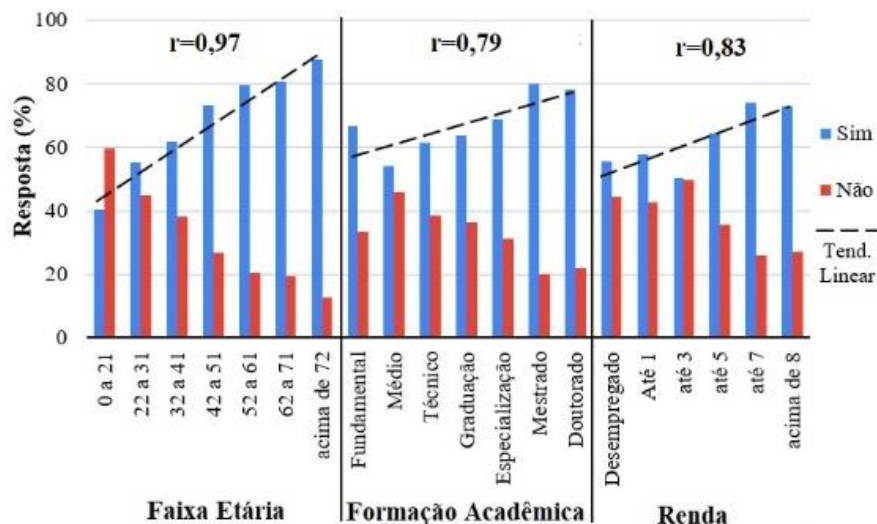
Figura 2 – Distribuição quanto à renda familiar



O aspecto de renda familiar dos entrevistados não condiz com a realidade do Brasil, pois a maioria dos brasileiros recebe um salário mínimo (IBGE, 2018). Esse resultado se dá porque mais de 80% dos entrevistados possuem formação maior ou igual ao nível superior, proporcionando salários maiores.

Quanto a prática do descarte dos resíduos recicláveis de forma separada, 69,40% disseram segregar e 30,60% não praticam a segregação do resíduo. A realização da segregação dos resíduos recicláveis dos demais resíduos e rejeitos apresentou correlação linear com os fatores socioeconômicos idade, escolaridade e renda familiar, resultando, respectivamente, nos coeficientes de correlação de Pearson (r) 0,97; 0,79 e 0,83; essas variáveis foram estatisticamente significativas, classificadas como de correlação forte (Figura 3). Logo, verifica-se que quanto maior a idade, a formação acadêmica e o poder aquisitivo, maior a prática de separação dos resíduos sólidos domiciliares.

Figura 3 – Prática do descarte dos resíduos recicláveis de forma separada



Em relação ao resultado encontrado para o grau de formação acadêmica, percebe-se conformidade com estudos similares, onde também o nível de escolaridade desempenhou correlação na prática dos entrevistados realizarem a segregação dos resíduos domiciliares e participarem de programas envolvendo coleta seletiva e reciclagem de resíduos (CZAJKOWSKI; KADZIELA; HANKEY, 2014; ARBUÉS; VILLANÚA, 2016; FEITOSA; BARDEN, 2019).

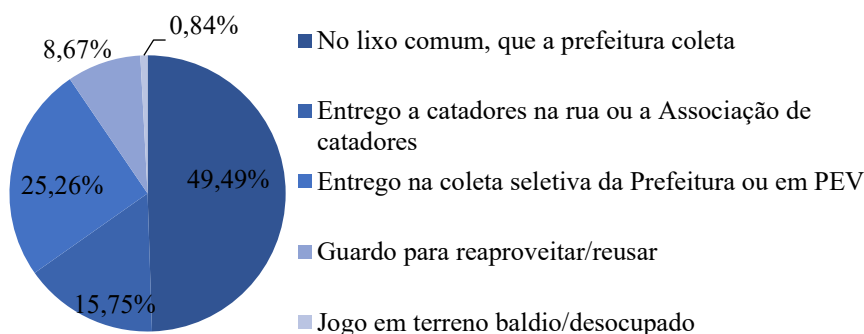
A segregação dos resíduos é o primeiro passo para efetivação da gestão dos resíduos sólidos urbanos, sem o protagonismo dos municípios nesse processo, a probabilidade de materiais passíveis de reciclagem serem destinados para os aterros sanitários é alto, provocando a diminuição da vida útil do aterro, a oneração dos gastos públicos, o aumento da extração de recursos naturais. Assim como no Brasil, em Teerã a reciclagem feita de forma “legalizada” parou pelo surto da Covid-19 com a justificativa de perigo de contaminação, porém, a reciclagem feita de forma autônoma continuou. Nesse momento pandêmico a reciclagem correta é imprescindível, desde a residência, com os resíduos de pessoas infectadas, até as associações de catadores (ZAND; HEIR, 2020).

Os resultados quanto aos cuidados no descarte dos resíduos recicláveis têm-se que 43,59% tomam o devido cuidado, dentre esses, 15,04% lavam e deixam secar para depois descartar e 28,55% lavam e depois descartam sem deixar secar. Já os que apenas colocam no saco de lixo, não tomando os devidos cuidados, representam 56,41%. A prática de boa parte dos entrevistados de colocar os resíduos apenas no saco plástico e descartar não é suficiente para evitar os riscos de contágio àqueles que irão manusear o resíduo. Estudo já indicam a permanência do vírus Sars-CoV-2 em superfícies inanimadas de até 9 dias (KAMPF *et al.*, 2020), independente da carga viral. Diante disso, é imprescindível a adoção de medidas que eliminem ou minimizem a conservação de patógenos nos resíduos recicláveis, como a lavagem, a exposição ao sol, a realização da quarentena de pelo menos 10 dias antes do descarte.

Em relação à destinação dos resíduos recicláveis, 49,49% dos entrevistados descartam no resíduo comum. Os que disseram descartar corretamente os resíduos, contribuíram com 49,68% das respostas, distribuídos entre a coleta seletiva da Prefeitura, os Pontos de

Entrega Voluntária (PEV), os catadores de rua, as Associações de catadores e o reaproveitamento e/ou reuso. Uma pequena parcela dos respondentes (0,84%) afirmou descartar em terreno baldio. (Figura 4).

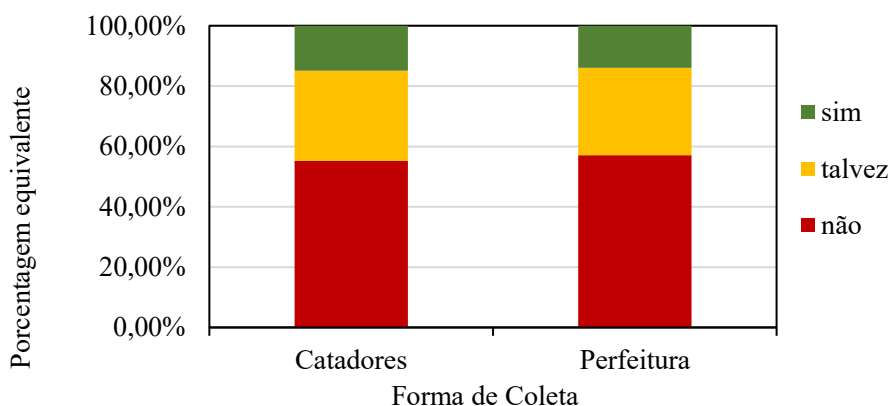
Figura 4 – Destinação dos resíduos recicláveis.



Como foi verificado, a segregação não está sendo correta, conseqüentemente, a destinação também, pois a maioria dos entrevistados afirmaram colocar apenas os resíduos recicláveis nos resíduos comuns para coleta da Prefeitura. Isso reflete a falta de consciência da população, não assumindo seu papel de cidadão em construir uma cidade sustentável e ajudar na preservação do meio ambiente. Com isso, percebe-se que as rotas tecnológicas dos resíduos recicláveis domésticos podem se tornar potenciais rotas de contágio do coronavírus, como também de outros patógenos.

Também foi perguntado se os entrevistados acham que esses resíduos recicláveis podem infectar as pessoas que coletam. Para os catadores, 14,87% disseram que sim, 29,91% acham que talvez e 55,21% disseram que não. Quanto a contaminar os servidores da coleta da Prefeitura, 13,93% disseram que sim, 28,97% acham que talvez e 57,09% disseram que não (Figura 5). Não foram identificadas correlações entre o perfil dos entrevistados e a percepção de risco de contágio dos resíduos recicláveis durante a coleta.

Figura 5 – Riscos de os resíduos recicláveis infectar outras pessoas durante a coleta



Conforme apurado, o descarte dos resíduos recicláveis de boa parte dos entrevistados está sendo feito de forma incorreta, esse descuido está relacionado a maioria das pessoas não

acreditarem que existe o risco de infectar os catadores, os trabalhadores da Prefeitura ou qualquer outra pessoa que possa entrar em contato com o resíduo durante a rota tecnológica desses materiais. Como resultado dessa descrença, as pessoas não tomam os cuidados necessários e descartam os resíduos recicláveis de forma incorreta, gerando um potencial rota de contágio de patógenos. Logo, tem-se um desafio para os próximos anos: a conscientização da população, a fim de elevar a segurança sanitária e ambiental da gestão de resíduos sólidos urbanos.

5. CONCLUSÕES

A prática do descarte dos resíduos recicláveis de forma separada observada no estudo foi alta e apresentou relação direta com a idade, a formação acadêmica e renda familiar. Contudo, boa parte das pessoas colocam os resíduos apenas no saco plástico e descartam, o que não é suficiente para evitar os riscos de contágio àqueles que irão manusear o resíduo, tendo em vista que o coronavírus, dependendo da superfície, pode persistir por dias. Assim, é imprescindível a adoção de medidas que eliminem ou minimizem a presença de patógenos nos resíduos recicláveis, tais como a lavagem, a exposição ao sol e a realização da quarentena de pelo menos 10 dias antes do descarte.

A destinação dos resíduos recicláveis de aproximadamente metade dos entrevistados é feita no lixo comum, o que reduz a possibilidade de ocorrer a reciclagem dos resíduos, pois a coleta realizada pela Prefeitura é destinada diretamente ao aterro. Não obstante, quase que a outra metade encaminhar corretamente os resíduos recicláveis para a coleta seletiva da Prefeitura, os PEV, os catadores de rua, as Associações de catadores e o reaproveitamento e/ou reuso. Logo, são necessárias ações que elevem o conhecimento da população a respeito da destinação correta dos resíduos recicláveis, contribuindo para efetivação e eficiência da gestão de resíduos sólidos urbanos e, por conseguinte, para redução de impactos ambientais.

Em relação a percepção dos entrevistados quanto à possibilidade de os resíduos sólidos infectarem as pessoas ao longo das rotas tecnológicas foi identificado que a maioria não acredita que existe o risco de contaminação por meio dos resíduos recicláveis. Como resultado dessa descrença, as pessoas não tomam os cuidados necessários e descartam os resíduos recicláveis de forma incorreta, gerando um potencial rota de contágio de patógenos. A partir disso, conclui-se que existe um desafio para os próximos anos: a conscientização da população, a fim de elevar a segurança sanitária e ambiental da gestão de resíduos sólidos urbanos.

REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020*. Abrelpe, São Paulo/SP. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 25 mar. 2021.

AGUIAR, A. C.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. Modelos de gerenciamento de resíduos sólidos: proposta para melhoria contínua. In: EL-DEIR, S. G.; NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 313-325.

ARAÚJO, M. J. C. S, de; LINS, E. A. M.; JUCÁ, J. F. T. Análise de um sistema de tratamento de lixiviado; estudo de caso em aterro encerrado. In: EL-DEIR, S. G.; NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 391-403.

ARBUÉS, F.; VILLANÚA, I. Determinants of behavior toward selective collection of batteries in Spain. A bivariate probit model. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 106, p. 1–8. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.11.004>.

BRASIL. Lei nº 12.305. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 ago. 2010.

CAETANO, M. O.; LEON, L. G de; PADILHA, D. W.; GOMES, L. P. Análises de risco na operação de usinas de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (REEE). **Gestão & Produção**, v. 26, n. 2, e3018. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0104-530x3018-19>.

CAVALCANTI, R. A. S.; SOUSA, C. R. C.; TIMÓTEO, J. F.; BARROS, A. D. M. Gestão dos resíduos plásticos pós-consumo; perspectivas para reciclagem no município de Pau dos Ferros–RN In: EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão pública e privada**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 155-164.

CEMBRANEL, A.; *BALBINOTTI, E. C.; BRAVO, C. E. C.; TONIAL, I. B.; PINTO, E. P.* Composição gravimétrica e as causas da geração de rejeitos na triagem dos resíduos recicláveis municipal. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.4, p. 36217-36239. 2021. DOI: [10.34117/bjdv7n4-200](https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-200)

CONTE, A. A. Ecoeficiência, logística reversa e a reciclagem de pilhas e baterias: revisão. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 39, p. 124–139. 2016. DOI: [10.5327/Z2176-947820167114](https://doi.org/10.5327/Z2176-947820167114).

CZAJKOWSKI, M.; KADZIELA, T.; HANKEY, N. We want to sort! Assessing households' preferences for sorting waste. **Resource and Energy Economics**, v. 36, n. 1, p. 290–306. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2013.05.006>.

FEITOSA, A. K.; BARDEN, J. E. Motivação populacional para participação em um programa de coleta seletiva. **Conexões Ciência e Tecnologia**, v.13, n. 5, p. 36-43. 2019. DOI: [10.21439/conexoes.v13i5.1773](https://doi.org/10.21439/conexoes.v13i5.1773).

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GOMES, S.; WEIRICH NETO, P. H.; SILVA, D. A.; ANTUNES, S. R. M.; ROCHA, C. H. Potencial energético de resíduos sólidos domiciliares do município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 1197-1202. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522017143432>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **POF: Pesquisa de orçamento familiar**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <<https://ibge.gov.br/>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

IBGE. **Projeção da população**: Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <<https://ibge.gov.br/>>. Acesso em: 25 de jul. 2020.

INSUA, M. G. Más allá del producto: un abordaje local sobre el Diseño de Producto-Sistema-Servicio para la sustentabilidad y Tecnologías de Inclusión Social. **Cuadernos Del Centro De Estudios De Diseño Y Comunicación**, n. 80, p. 91-109. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.18682/cdc.vi80.3697>.

KAMPF, G; TODT, D.; PFAENDER, S.; STEINMANN, E. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. **Journal of Hospital Infection**, v. 104, p. 246-251. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.01.022>.

LIMA, M. L. S. O.; ALMEIDA, R. K. S.; FONSECA, F. S. A.; GONÇALVES, C. C. S. A química dos saneantes em tempos de Covid-19: você sabe como isso funciona? **Química Nova**, v. 43, n. 5, p. 668-678. 2020. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170552>.

LIMA, N. L. P.; FELIPE, R. N. B.; FELIPE, R. C. T. S. Aplicações de resíduos plásticos em compósitos na construção civil: um review. In: EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 134-144.

LINS, R. B.; MEDEIROS, A. M. A.; COUTINHO, C. N. Logística de material reciclável no município de João Pessoa–PB. In: EL-DEIR, S. G.; NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 477-484.

NAZARI, M. T.; GONÇALVES, C. S.; SILVA, P. L. C.; PAZ, M. F.; SIQUEIRA, T. M.; CORRÊA, E. K.; CORRÊA, L. B. Incidência de resíduos de serviços de saúde em cooperativas de triagem de materiais recicláveis. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 2, p. 271-279. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522020185667>.

OECD – Organization for Economic Cooperation and Development. **Education at a glance 2019: OECD Indicators**. OECD Publishing, Paris, 520 p. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1787/f8d7880d-en>.

PEIXOTO, S. V.; NASCIMENTO-SOUZA, M. A; MAMBRINI, J. V. M.; ANDRADE, F. B.; MALTA, D. C.; LIMA-COSTA, M. F. Comportamentos em saúde e adoção de medidas de proteção individual durante a pandemia do novo coronavírus: iniciativa ELSI-COVID-19. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, supl.3. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311x00195420>.

PIMENTEL, C. H. L.; NOBREGA, C. C.; JUCÁ, J. F. T.; PIMENTEL, U. H. O; MARTINS, H. A. A gestão das rotas tecnológicas de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos no município de João Pessoa/PB. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 7063-7088. 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-126>.

POLI USP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. **O que é e o que não é reciclável** 2010. Poli USP, São Paulo/SP. 2010. Disponível em: <[https://www.poli.usp.br/polirecicla/gestao/868-o-que-e-e-o-que-nao-ereciclavel.html#:~:text=Recicl%C3%A1vel%3A%20Cacos%20devem%20ser%20acondicionados,N%C3%A3o%20Recicl%C3%A1vel%3A&text=L%C3%A2mpadas%20\(Fluorescentes%20e%20Mistas%20devem,no%20Coletor%20de%20Res%C3%ADduos%20Perigosos](https://www.poli.usp.br/polirecicla/gestao/868-o-que-e-e-o-que-nao-ereciclavel.html#:~:text=Recicl%C3%A1vel%3A%20Cacos%20devem%20ser%20acondicionados,N%C3%A3o%20Recicl%C3%A1vel%3A&text=L%C3%A2mpadas%20(Fluorescentes%20e%20Mistas%20devem,no%20Coletor%20de%20Res%C3%ADduos%20Perigosos)>. Acesso em: 18 abr. 2021.

RAVANELLO, B.; MAAS, G. Mudanças socioeconômicas e na gestão de resíduos após implementação de uma cooperativa de reciclagem. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 2, n. 1, p. 22-31. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v2i1.50488>.

RIBEIRO, A. R. B.; SANTOS, M. V. N.; LIMA, T. L. A.; OLIVEIRA, S. A. Análise dos benefícios de uma gestão sustentável gerados com a utilização da logística reversa. In: EL-DEIR, S. G.; NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 18-30.

RIOS, E. M. L. M.; SILVA, A. M. C. A inclusão dos catadores de materiais recicláveis na gestão integrada de resíduos sólidos em Jacobina-BA In: EL-DEIR, S. G.; NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 432-446.

ROMERO, D. E.; MUZY, J.; DAMACENA, G. N.; SOUZA, N. A. de; ALMEIDA, W. da S. de; SZWARCOWALD, C. L.; MALTA, D. C.; BARROS, M. B. de A.; SOUZA JÚNIOR, P. R. B. de; AZEVEDO, L. O.; GRACIE, R.; PINA, M. de F. de; LIMA, M. G.; MACHADO, Í. E.; GOMES, C. S.; WERNECK, A. O.; SILVA, D. R. P. da. Idosos no contexto da pandemia do Covid-19 no Brasil: efeitos nas condições de saúde, renda e trabalho. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, n. 3, e00216620. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311x00216620>.

SANTOS, J. P. O.; SILVA, E. V. L.; SOUZA, A. L.; EL-DEIR, S. G. Economia circular como via para minimizar o impacto ambiental gerado pelos resíduos sólidos. In: EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P. (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologias e boas práticas da economia circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 8-17.

SILVA, J. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. I.; SOUZA, N. A. Descarte de resíduos sólidos e a transmissão da Covid-19 nas proximidades da lagoa olho d'água, Jaboatão dos Guararapes – PE. In: EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: covid-19**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 189-201.

SILVA, P. L. C.; NAZARI, M. T.; HERNANDES, J. C.; CORRÊA, L. B.; CORRÊA, E. K. Dificuldades enfrentadas no cotidiano de trabalho em cooperativas de triagem de material reciclável. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 355-369. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e22018355-369>.

SILVA, R. B. da; ARAÚJO, M. P. M.; CORTE, V. B. A civilização “insustentável” em situação de pandemia de covid-19: perspectivas de educadores. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 80-94. 2020. DOI: <https://doi.org/10.34024/revbea.2020.v15.10685>

SILVA, R. C. P.; COSTA, A.R.S; EL-DEIR, S.G.; JUCA, J.F.T. Setorização de rotas de coleta de resíduos sólidos domiciliares por técnicas multivariadas: estudo de caso da cidade do Recife, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 6, p. 821-832. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522020200205>.

SOUZA, A. L.; COSTA, A. R. S; EL-DEIR, S. G. Indicadores de sustentabilidade como auxílio na gestão de resíduos sólidos urbanos; um estudo de caso da pegada ecológica. In: EL-DEIR, S. G.; BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J. (Orgs.). **Resíduos sólidos: diagnósticos e alternativas para a gestão integrada**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 7-14.

ZAND, A. D.; HEIR, A. V. Emerging challenges in urban waste management in Tehran, Iran during the COVID-19 pandemic. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 162, 105051, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105051>

3.7 AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE ESTUDOS DE CASOS EM ZONAS RURAIS DO ESTADO DE PERNAMBUCO

CHAGAS, Aline Maria Soares das
UFRPE
alinemschagas@gmail.com

PEREIRA, Laura Beatriz Couto
UFRPE
couto.laurab@gmail.com

NÓBREGA, Mirella Marques
Gampe/UFRPE
mirellamarquesn@gmail.com

RESUMO

Os resíduos sólidos gerados na zona rural são provenientes das atividades domésticas e agropecuária. Apenas 31,6% das residências rurais do Brasil possuem coleta de lixo. Em consequência disso, objetivou-se a avaliar a gestão de resíduos sólidos rurais a partir de pesquisa bibliográfica relacionada a destinação final do lixo da população rural, a metodologia utilizada considera dados obtidos dos estudos de caso no estado de Pernambuco. Devido à ausência do serviço de coleta é habitual a queima dos resíduos, apesar deste processo liberar gases tóxicos poluindo a atmosfera, como também abandonar o lixo em terrenos baldios. São práticas comuns pela população dentre os estudos avaliados, no município de Barreiros- PE, constatou que 81,8% dos entrevistados em Baeté queimam os seus resíduos orgânicos domésticos, e em Bom Jardim esse número é ainda maior com 90% dos moradores afirmando que queimam os seus resíduos orgânicos domésticos. Essas ações podem prejudicar não apenas a saúde pública, como também o solo, mananciais e recursos naturais que são utilizados na região para diferentes fins. Sendo assim, faz-se necessário estudos que avaliem e identifiquem medidas a serem tomadas para melhoria do conjunto de processos e eficiência principalmente da disposição final que envolve a coleta de resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Destinação final; queima; pequenos produtores.

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos são materiais, substâncias, objetos ou bens descartados provenientes das atividades humanas. A destinação desses resíduos é de extrema importância, pois podem trazer impactos ambientais e ameaçar a saúde pública. Ao longo dos anos, houve um aumento de 18,6% nas toneladas de lixo gerado pelos brasileiros, proveniente do crescimento populacional e consumo exagerado de produtos que ampliam os desafios para gerir os resíduos, de acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. (ABRELPE, 2010).

Visando mitigar estes impactos surge a Lei 12.305 (BRASIL, 2010), que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, objetivando-se a não-geração, redução, reutilização e tratamento de resíduos sólidos, com a destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos, preservação dos recursos naturais e economia na geração de novos produtos. Além disso, propor ações que visem a educação ambiental, aumentando a conscientização e a reciclagem no país, também promovendo a inclusão social, gerando empregos e renda para os catadores de materiais recicláveis. Contudo, fatores que contribuem tendo em vista as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública, o gerenciamento de resíduos sólidos, é de responsabilidade dos geradores e do poder público. Através de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

O ambiente rural é caracterizado principalmente pela atividade agropecuária, o que diferencia os resíduos gerados no meio urbano e rural. Além do resíduo gerado dentro das casas, a produção agrícola gera recicláveis, orgânicos e resíduos perigosos como as embalagens de agrotóxicos e fertilizantes, esterco de animais, insumos veterinários, entre outros, dependendo das atividades realizadas.

Pode-se observar que há uma deficiência na zona rural, uma vez que segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), apenas 31,6% dos domicílios possuíam coleta de lixo em áreas rurais no Brasil. A inadequada destinação final dos resíduos, leva 58,1% da população do campo a utilizar a queima para solucionar resíduos, mesmo sendo proibido por Lei (IBGE, 2010). Cerca de 60% dos resíduos da zona rural são formados por resíduos orgânicos que podem se transformar em excelentes fontes de nutrientes para as plantas (OLIVEIRA et al., 2005). Já o gerenciamento das embalagens de agrotóxico, que são resíduos perigosos, possui normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (Suasa), em que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes são responsáveis pelo retorno das embalagens.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar por meio de estudos de

caso em comunidades rurais, a situação do gerenciamento de resíduos sólidos na zona rural do Estado de Pernambuco, evidenciando como as comunidades rurais têm feito a disposição final de seus resíduos diante a escassez da coleta.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica descreve os principais aspectos do trabalho considerando os conceitos de meio ambiente, Leis e políticas que estão relacionadas desde geração até a destinação final adequada de resíduos sólidos na zona rural, a fim de conceituar a análise dos dados que serão tratados.

2.1 AGRICULTURA FAMILIAR NO BRASIL

Agricultura é uma das atividades mais essenciais à vida humana. Sua invenção ocorreu a cerca de 10 mil anos a.C, simultaneamente com o aparecimento da linguagem e a invenção da escrita (ASSIS; CAVALCANTI, EL-DEIR, 2021). De acordo com o Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA, 2019), agricultura familiar é um empreendimento rural constituído de pequenos produtores rurais, onde a gestão da propriedade é compartilhada pela família e a atividade produtiva agropecuária é a principal fonte geradora de renda, segundo dados do Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA, 2019).

De acordo com Bittencourt (2020), as pessoas que se dedicam a esse tipo de atividade dependem da ampla sanidade do ambiente onde trabalham, produzem para o próprio sustento, buscam conquistar o bem-estar de sua família e procuram, de diferentes formas, participar do mercado de oferta de alimentos. A agricultura familiar é um dos grandes setores da agricultura no Brasil, pois é a responsável pela grande variedade de alimentos que a população brasileira tem acesso. De acordo com, Heberlê et al. (2017), a importância da agricultura familiar se sustenta nos seguintes aspectos: (a) a produção está intrinsecamente vinculada à segurança alimentar e nutricional, de forma a preservar os alimentos tradicionais e contribuir para uma alimentação balanceada e diversificada, garantindo a agrobiodiversidade e o uso sustentável dos recursos naturais; (b) potencial para geração de postos de trabalho e renda; c) representa uma oportunidade para impulsionar as economias locais, especialmente quando combinada com políticas específicas destinadas a promover a autonomia do agricultor, reafirmando sua identidade. A agricultura familiar desempenha um importante papel na economia nacional, pois possui uma considerável representatividade no que se refere à produção agrícola (ASSIS; CAVALCANTI; EL-DEIR, 2021), os autores destacam que de acordo com o Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2019), o segmento corresponde a 77% do total de unidades agrícolas. Segundo Cavalli et al. (2020), essa porcentagem é equivalente ao valor absoluto de 3.897.480 unidades, sendo que a maioria dos trabalhadores agrícolas no Brasil são da agricultura familiar, gerando 10,1 milhões de empregos.

Helfand et al. (2014) e Alves et al. (2016) em seus estudos sobre a renda per capita de famílias que vivem da agricultura familiar, destacam que o valor bruto de produção

mensal por propriedade familiar é de 0,46 salário mínimo, situação agravada na região Nordeste, uma vez que 72% dos produtores não geram lucros suficientes no estabelecimento para elevar a mão de obra da linha de pobreza, causando um reflexo negativo na sustentabilidade nos estabelecimentos rurais familiares (HELDAND; MOREIRA; BRESNYAN JUNIOR, 2014; ALVES; SOUZA; SANTANA, 2016) Barbosa et al. (2020) afirmam que a baixa escolaridade, o tempo de existência da comunidade rural e a falta de orientação para um bom uso e manejo dos recursos naturais e dos resíduos gerados são os principais fatores que causam os impactos negativos ao ambiente e para que se promova uma agricultura familiar seja sustentável, é necessário oferecer ao agricultor formas de se conscientizar sobre a conservação do ambiente e promover meios e métodos de se alcançar o desenvolvimento sustentável.

2.2 RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL

No Brasil, a gestão de resíduos sólidos recebeu tratamento simplista até a promulgação, em 2010, da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010, regulamentada no mesmo ano, pelo Decreto nº 7.404/2010 (FRANCESCHI et al., 2017). A PNRS define os resíduos sólidos como

[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água [...] (BRASIL, 2010).

A NBR 10.004 (ABNT, 2004, p.1) define os resíduos como: “resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.”.

Entende-se que com a criação do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, há um amparo ambiental no que diz respeito à destinação final de todo o resíduo produzido por população e indústrias (CAVALCANTI et al., 2019). Entretanto, Cerqueira-Streit e Guarnieri (2020), em seu estudo que avalia a implementação da PNRS, verificou que tal política possui um baixo nível de implementação em decorrência de uma série de desafios enfrentados pelo Poder Público e sociedade civil. Dessa forma, há a impossibilidade de um eficiente desenvolvimento econômico, social e ambiental, no que diz respeito às questões dos resíduos sólidos, em diversas regiões do país (MENDONÇA et al., 2021). O cenário é agravado ainda mais quando observamos que há um aumento na produção de resíduos no país. Só em 2017, o Brasil gerou 78,4 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU); um índice 1% superior ao do ano anterior, maior até mesmo que a taxa de crescimento populacional (0,77%) no mesmo período (ABRELPE, 2017). A geração dos RSU continua a crescer com o passar dos anos, chegando a 79 milhões de toneladas em 2019 (ABRELPE, 2020).

Dessa forma, o aumento da produção de resíduos sólidos aliado com a ineficiência de implementação da PNRS, fere a Lei de Crimes Ambientais, Lei nº 9.605 (BRASIL, 1998). A produção de resíduos sólidos no meio rural tem se tornado tão preocupante

quanto no urbano, uma vez que a coleta de lixo rural no Brasil é realizada em apenas 31,6% dos domicílios (IBGE, 2010). O Ministério do Meio Ambiente (MMA) destaca que a ineficiência no trato com o resíduo sólido produzido na zona rural é refletida nas práticas de destinação dos resíduos, onde aproximadamente 70% dos domicílios rurais queimam, enterram ou lançam os resíduos em terrenos baldios, rios, lagos, igarapés e açudes (MMA, 2012).

2.3 RESÍDUOS SÓLIDOS NA ZONA RURAL

Nas áreas rurais, as principais fontes de resíduos são gerados a partir da produção de agropecuária (classificado como agrossilvopastoris) e dos resíduos domiciliares. Capanema (2014) destaca que a mudança do padrão de consumo das comunidades rurais, tem tornado os resíduos domiciliares rurais cada vez mais semelhante aos resíduos sólidos urbanos, ou seja, observa-se o aumento de resíduos inorgânicos como plásticos, latas metálicas, pilhas, pneus, lâmpadas, aparelhos e eletroeletrônicos na composição dos resíduos sólidos rurais. Os resíduos orgânicos domiciliares normalmente são reaproveitados em grande parte para a alimentação das criações animais (ex: porcos, galinhas, cabras, etc.), não se tornando um grande problema.

Entretanto, a problemática reside no volume de resíduos gerados devido às atividades agrícolas e de pecuária (resíduos agrossilvopastoris) que incluem embalagens vazias de agrotóxicos e fertilizantes, Equipamento de Proteção Individual (EPI) contaminados, insumos veterinários (agulhas, seringas, frascos, etc.), esterco de animais, resíduos da construção civil e sucatas metálicas, além dos resíduos inorgânicos domiciliares (BRASIL, 2020).

O uso indiscriminado de agrotóxico nas propriedades agrícolas do Brasil é realidade relacionada à falta de assistência técnica e de informação principalmente dos pequenos produtores, que por conseguinte não utilizam EPI nas aplicações e quantitativo adequado do produto (PAIVA FILHO; CARDOSO; REGO, 2020). Esses fatores acarretam riscos no uso de agrotóxico, não só a saúde pública como também ao meio ambiente, causando contaminação das águas superficiais e subterrâneas, além de ficarem dispersos na atmosfera (BUSAFATO et al., 2019). A Lei n. 7.802/1989 (BRASIL, 1989, Art. 2º) define agrotóxicos, como

os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos. (BRASIL, 1989, Art. 2º).

Apesar de ser o terceiro maior consumidor de agrotóxico do mundo, no Brasil, apenas 20% das embalagens são destinadas corretamente (SOARES; REVELLEAU, 2016; BUSOFATO et al., 2019). O descarte de agrotóxico é um dos processos de descarte de

resíduos perigosos e um dos mais antigos do Brasil (SILVA et al., 2018). Soares e Revelleau (2016) destacam que os impactos causados ao meio ambiente pelo resíduo sólido de agrotóxicos acontecem devido ao descarte inapropriado de suas embalagens, e os principais desafios partem da necessária convergência entre a proteção do meio ambiente e da saúde dos agricultores e seus familiares e o cumprimento das obrigações relativas à correta destinação das embalagens após o uso dos agrotóxicos.

A Lei nº 7802 (BRASIL, 1989) (com as alterações da Lei nº 9.974/2000) e seu Decreto regulamentar nº 4.074 (BRASIL, 2002) deram um importante passo ao dispor sobre a destinação e a reciclagem dos agrotóxicos. A norma impõe várias obrigações de forma a responsabilizar os fabricantes e comercializadores sobre os pós consumo do produto. Além disso, os usuários têm a obrigação de devolver as embalagens vazias, e respectivas tampas, aos estabelecimentos comerciais em que foram adquiridos, observadas as instruções constantes dos rótulos e das bulas.

A gestão dos resíduos sólidos de acordo com a Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010, Art 3º) está relacionada às etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento, destinação e disposição final ambientalmente adequadas. Esse processo envolve a classificação e a identificação para destinação adequada garantindo o reaproveitamento, redução, reutilização e reciclagem para minimizar impactos à natureza.

A composição dos resíduos depende da natureza dos materiais, na área rural se caracteriza resíduos gerados por diferentes culturas, atividades pastoris e agrotóxicos que prejudicam o meio ambiente e levam riscos à saúde humana. Segundo Deboni e Pinheiro (2010, p. 15),

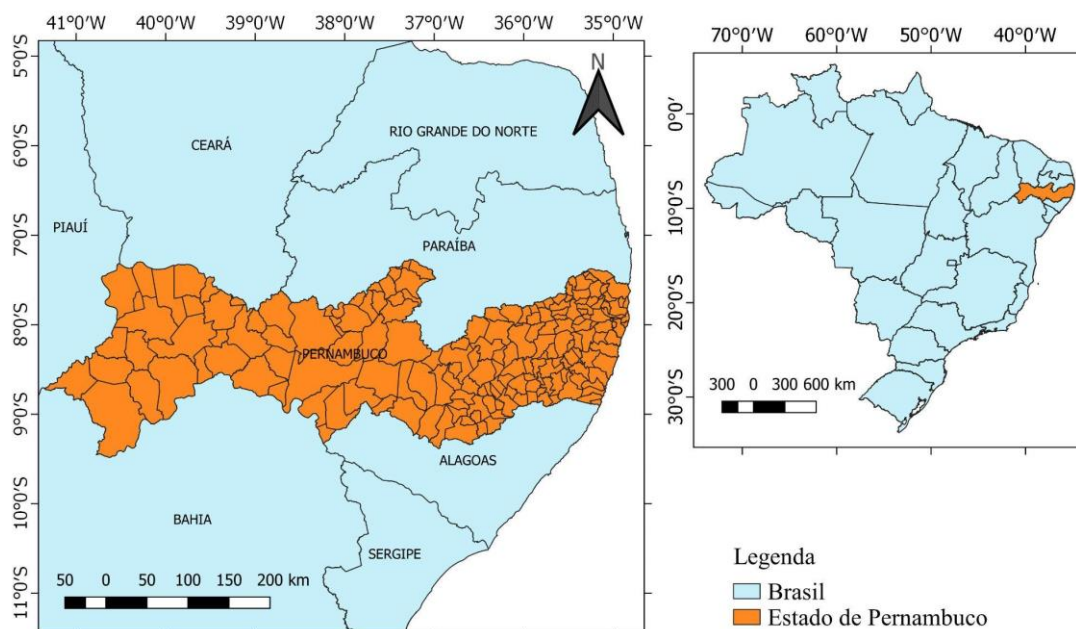
O lixo pode causar inúmeros malefícios ao meio ambiente, dentre eles a poluição do solo, podendo a partir daí causar poluição das águas. Pode também causar poluição do ar como resultado da queima não controlada do lixo e poluição visual quando não disposto adequadamente.

O gerenciamento com manuseio, tratamento e destino final eficiente é um sistema organizado que evita os riscos gerados nesse processo. As áreas rurais podem parecer isoladas das consequências do acondicionamento inadequado dos resíduos (TEIXEIRA; FERNANDES, 2018). De acordo com o IBGE (2010), houve um aumento da coleta nas zonas rurais (de 13,3% para 26% de domicílios atendidos em dez anos). Apesar do aumento, a dificuldade logística e o alto custo inviabilizam uma maior cobertura do serviço no campo (GOMES; SILVA; SILVA, 2021). Nestas comunidades, a destinação do lixo é realizada pelos próprios moradores, onde é usado de formas alternativas para se livrar do lixo como queimadas, frequentemente utilizado (MORI, 2020; SOUZA; OLIVEIRA; ARAGÃO, 2020) De acordo com o censo realizado pelo IBGE (2010), cerca de 48,2% da população rural realiza a queima do seu lixo, enquanto 9,1% jogam lixo em terreno baldio.

3. METODOLOGIA

O estado de Pernambuco (Figura 1) é um dos nove estados que formam a região Nordeste do Brasil. É banhado pelo Oceano Atlântico à sua direita e é limitado pelos estados da Paraíba, Bahia, Alagoas, Piauí, Sergipe e Ceará. Possui uma área de 98.149.119 km² e tem uma população de aproximadamente 9.616.621 habitantes e de acordo com o IBGE (2010), 18,64% dessa população vive na zona rural.

Figura 1. Localização do Estado de Pernambuco



Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum WGS 84

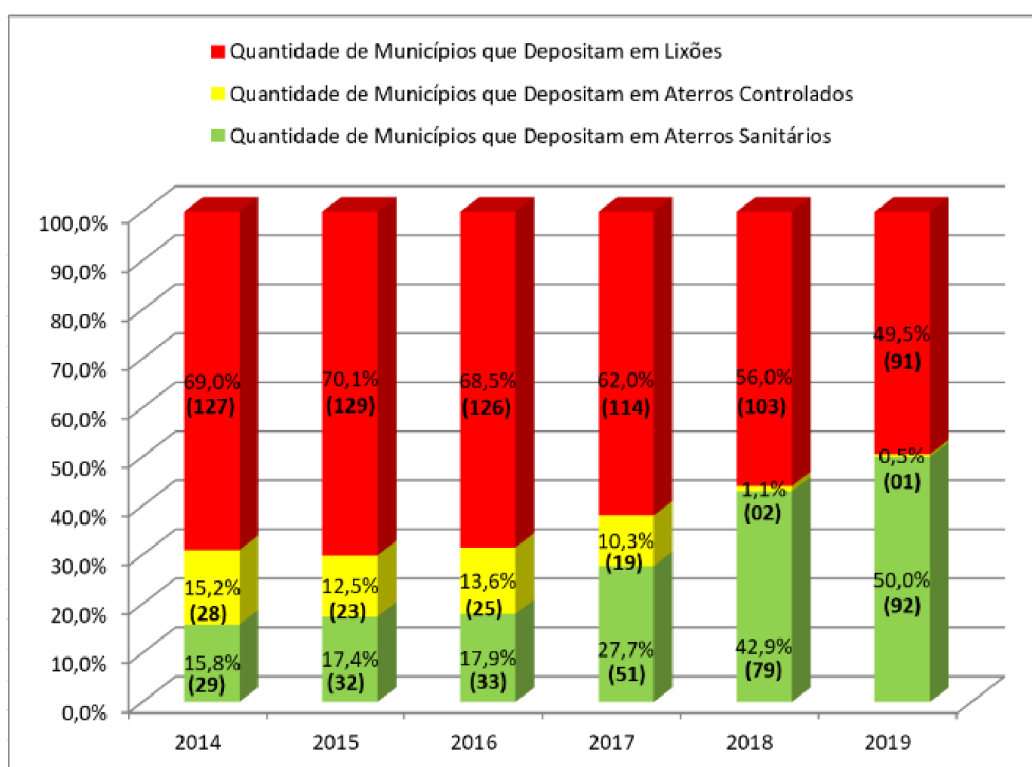
No estado de Pernambuco a agricultura familiar se faz presente em 275 mil estabelecimentos rurais em uma área de 2,5 milhões de hectares, contendo uma rica variedade de produção (BRASIL, 2016). Segundo o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA, 2019), a agricultura familiar constitui um importante segmento da economia de Pernambuco, são aproximadamente 1,1 milhão de agricultores familiares em todo o Estado. De acordo com o Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2019) Pernambuco apresenta uma elevada média de produtividade por hectare (R\$/ha) pela agricultura familiar, sendo maior que a porcentagem da Região Nordeste no valor de 906,69 R\$/ha (SAMPAIO; VITAL, 2020).

A análise de dados secundários foi feita a partir de pesquisa bibliográfica que foi trabalhada com base em instrumentos já executados, utilizando essencialmente contribuições de diversos autores (GIL, 2017), de forma a avaliar, através de estudos de caso, a situação da destinação de resíduos sólidos no meio rural do Estado de Pernambuco. A pesquisa bibliográfica permite aos pesquisadores um maior desenvolvimento científico e maior maturidade na área do conhecimento em estudo, além de identificar as tendências de pesquisa (YOO; JANG, 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Independentemente do local e do tipo de resíduo gerado, a problemática está relacionada à destinação final desses resíduos. Em levantamento realizado pelo Tribunal de Contas de Pernambuco (TCE), foi analisada a situação da disposição final dos resíduos sólidos no estado de Pernambuco no período de 2014 a 2019 (TCE, 2019). Observa-se um aumento de aproximadamente 34% no número de municípios que passaram a ter o aterro sanitário como sua principal destinação no período analisado (Figura 2). Embora o resultado seja bastante positivo, 50% dos municípios do Estado ainda fazem a disposição de forma inadequada em lixões e aterros controlados.

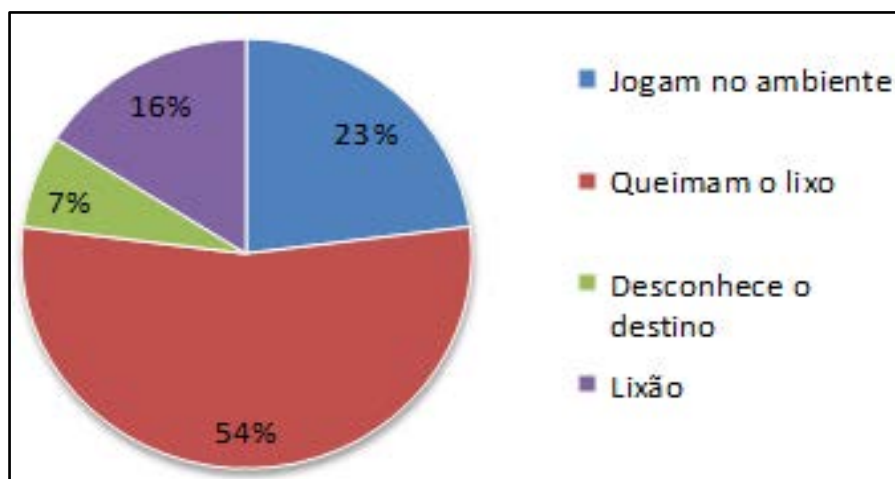
Figura 2. Disposição final dos resíduos sólidos em Pernambuco no ano de 2019



Fonte: Tribunal de Contas de Pernambuco, 2019

Embora haja avanço do Estado para destinação adequada do lixo, nas zonas rurais (principalmente as dispersas - que não se encontram agrupadas em arruados) observa-se uma grande ineficiência quanto a destinação dos resíduos produzidos. No estudo de Soares et al. (2015) sobre a disposição final do resíduo sólido zona rural dos municípios de Lajedo e Jupi no Estado de Pernambuco, observaram que 54% das famílias que fizeram parte do estudo utilizaram a queima como principal destinação do resíduo produzido (Figura 3), sendo essa a solução dada para a ausência do serviço de coleta na zona rural. No mesmo estudo foi identificado que 23% das famílias lançam seus resíduos no ambiente, esse resultado é preocupante pois cada vez mais é possível encontrar restos de materiais do tipo plásticos na natureza, causando poluição do ambiente.

Figura 3: Destinação do Lixo nas zonas rurais de Lajedo e Jupi, no Estado de Pernambuco



Fonte: Soares et al. (2015)

A queima do lixo por comunidades da zona rural é uma prática bastante utilizada como destinação final dos resíduos, principalmente o papel e o plástico. Falcon et al. (2020) encontraram resultados semelhantes ao de Soares et al. (2015) ao avaliar os desafios da destinação final dos rejeitos em propriedade rural no município de Serra Talhada-PE.

Resultados ainda mais agravantes foram encontrados por Neto et al. (2017), ao avaliarem a gestão dos resíduos sólidos provenientes da agricultura familiar os assentamentos de Baeté e Bom Jardim, no município de Barreiros- PE, constatou que 81,8% dos entrevistados em Baeté queimam o seus resíduos orgânicos domésticos, enquanto 4,5% descartam em céu aberto e 13,6 % em coleta convencional, já em Bom Jardim 90 % queimam os seus resíduos orgânicos domésticos e 10% descartam em céu aberto por ausência de coleta seletiva na região. Além disso, os mesmos autores destacam que a falta de regularidade da coleta e a prática de descarte a céu aberto pode favorecer o surgimento de possíveis vetores de doenças, além de contaminar o solo e os corpos hídricos.

Como demonstrado, a gestão de resíduos ainda é ineficiente nessas áreas rurais, onde a falta de investimento adequado em políticas públicas limita apoios financeiros em infraestrutura e logística (HAN et al., 2018), estes comprometem os solos, o ar, as águas superficiais e subterrâneas, além de gerarem problemas de ordem social e econômica (ABDEL-SHAFY; MANSOUR, 2018; CHARLES; OLIVEIRA; SPANGHERO, 2018). O acondicionamento inadequado da queima de resíduos sólidos é responsável por causar emissões de poluentes atmosféricos tóxicos, configurando-se como uma das principais causas de efeitos prejudiciais à saúde humana local, principalmente nos grupos de risco como crianças e idosos (OGUNTOKE; EMORUWA; TAIWO, 2019).

A situação é agravada devido a agricultura familiar, os produtores rurais usam insumos químicos sintéticos (defensivos agrícolas) que são aplicados no combate a pragas. Os trabalhadores da agricultura familiar são os mais vulneráveis a adquirir intoxicações devido à falta de treinamento e informação do manuseio e o descarte inapropriado de resíduos e embalagens (ARAÚJO; OLIVEIRA, 2017).

Mendes et al. (2021) ao acompanhar cinco comunidades de agricultura familiar no município de Amarji-PE, verificou que a maior parte de pessoas das comunidades não sabia como descartar as embalagens adequadamente e todos descartavam de maneira incorreta. Santos (2019) ao avaliar os impactos ambientais de uma propriedade na zona rural de Vitória de Santo Antão-PE, avaliou que o descarte inadequado de embalagens de produtos químicos (agrotóxicos) foi o principal fator de impacto ambiental, comprometendo a qualidade da água superficial, qualidade da água subterrâneas e contaminação de solos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, foi possível avaliar a destinação final dos resíduos da zona rural de alguns municípios no estado de Pernambuco levando em consideração a agricultura familiar. Apesar dos resíduos domiciliares coincidirem com os da zona urbana, diferem por apresentarem resíduos e rejeitos provenientes da produção vegetal e animal e resíduos perigosos da agropecuária, como as embalagens de agrotóxico. Existe legislação específica para destinação das embalagens vazias de agrotóxicos, pois são classificadas como resíduos perigosos que colocam em risco à saúde humana e ao meio ambiente.

A coleta dos resíduos nas áreas rurais apresenta defasagem no sistema, por isso poucas são as residências rurais que possuem seu lixo coletado adequadamente e dispostas de maneira correta em aterros sanitários. De modo que a maioria da população rural queima seus resíduos produzindo gases tóxicos que causam danos à saúde e contribuem para o efeito estufa e as mudanças climáticas, causando poluição atmosférica, apesar de ser considerado crime conforme a Lei de Crimes Ambientais.

Sendo assim, é necessário a aplicabilidade da Política Nacional de Resíduos Sólidos, que estabelece a destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos de responsabilidade dos órgãos competentes, dessa forma evitando a queima e abandono do lixo. Tal como, a conscientização com ações educativas para a população sobre o meio ambiente, a oferta de assistência técnica aos pequenos produtores, alternativas como a compostagem, reciclagem e reutilização dos resíduos sólidos produzidos no meio rural podem resultar numa melhoria significativa no aspecto como ambiental e na qualidade de vida da população.

REFERÊNCIAS

ABDEL-SHAFY, H.I.; MANSOUR, S.M. Solid waste issue: sources, composition, disposal, recycling, and valorization. **Egyptian Journal of Petroleum [online]** v. 27, p. 1275-1290, 2018.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. Abrelpe, São Paulo/SP. Disponível em:

<<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2017>>. Acesso em: 14 junho. 2021.

ALVES, E.; SOUZA, G. S.; SANTANA, C. A. M. Pobreza e sustentabilidade. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 4, p. 63-81, 2016.

MAPA - Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Agricultura Familiar**. 2019. MAPA, Brasília/DF. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/agricultura-familiar-1>>. Acesso em: 12 de jul. 2021.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. Abrelpe, São Paulo/SP. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 06 julho 2021.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010**. Abrelpe, São Paulo/SP. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/download-panorama-2010>>. Acesso em: 14 junho. 2021.

ARAÚJO, I. M. M.; OLIVEIRA, A. G. R. C. Agronegócio e agrotóxicos: impactos à saúde dos trabalhadores agrícolas no Nordeste brasileiro. **Trabalho, Educação e Saúde**, v. 15, n. 1, p. 117-129, 2016.

ASSIS, P. H. R.; CAVALCANTI, S. T. V. N.; EL-DEIR, S. G. Ajustes da organização e na comercialização na agricultura familiar visando a prevenção da COVID-19. In: EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: COVID-19**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021, p. 51-62.

BARBOSA, T. D. C. S.; FREITAS, W. N.; DIAS, I. M.; BRITO, J. A. L.; COSTA, N. M. G. B.; SOUZA, M. F.; ARRAIS, M. M. Perfil socioeconômico e ambiental de agricultores familiares em um assentamento rural no Estado do Piauí. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, 41856-41865, 2020.

BITTENCOURT, D. M. C. Agricultura familiar, desafios e oportunidades rumo à inovação. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2020.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Caderno didático técnico para curso de gestão de manejo de resíduos sólidos em áreas rurais do Brasil / **Fundação Nacional de Saúde**. – Brasília: Funasa, 2020. 49 p. ISBN 978-65-5603-005-0

BRASIL. Lei nº. 12.305. **Diário Oficial da União**, 02 ago. 2010.

BRASIL. Lei nº 9.974. **Diário Oficial da União**, 06 jun. 2000.

BRASIL. Lei nº 9.605. **Diário Oficial da União**, 12 fev. 1998.

BRASIL. Lei nº. 7.802. **Diário Oficial da União**, 11 jul. 1989.

BRASIL. Decreto nº 4.074. **Diário Oficial da União**, 04 jan. 2002.

BUSATO M. A.; AREZI, B. A.; SOUZA, M. A.; TEO, C. R. P. A.; LUTINSKI, J. A.; FERRAZ, L. Uso e manuseio de agrotóxicos na produção de alimentos da agricultura familiar e sua relação com a saúde e o meio ambiente. **HOLOS**, ano 35, v. 1, e5006, p. 1-9, 2019.

CAPANEMA, M. A. TSGA Módulo 3 Resíduos Sólidos. In: BELLI FILHO, P. (Org.).

- Saneamento Rural.** Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2014. p. 43.
- CAVALCANTI, M. L. C.; CRUZ, A. D.; MOURA, I. A. A.; CAVALCANTI, R. S. T. Avaliação do Cenário Jurídico e Políticas Públicas no Setor de Resíduos Sólidos. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Os desafios da gestão.** 1ª edição. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 21-30.
- CAVALLI, S. B.; SOARES, P.; MARTINELLI, S. S.; SCHNEIDER, S. Agricultura familiar em tempos de Covid-19. **Revista de Nutrição**, v. 33, p. e200180, 2020.
- CERQUEIRA-STREIT, J. A.; GUARNIERI, P. S. Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos; Considerações a partir de Estudos Aplicados. In: SILVA, T. S.; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Desmaterialização dos Resíduos: Estratégias para a Sustentabilidade.** 1ª edição. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 122-134.
- CHARLES, R.; OLIVEIRA, R. C; SPANGHERO, P. As principais consequências dos resíduos sólidos sobre o meio ambiente e a saúde da população no município de cabaret-haiti. **Revista Geográfica de América Central [online]** v. 3, p. 367-382, 2018.
- DEBONI, L.; PINHEIRO, D. K. Estudo sobre a destinação do lixo na zona rural de Cruz Alta/RS-Passo dos Alemães. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 1, n. 1, p. 13-21, 2010.
- FALCON, D. R.; SILVA, R. A. F.; SIEBER, S. S.; SILVA, K. B. B. Desafios da questão dos rejeitos em um assentamento rural no semiárido de Pernambuco. In: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade.** 2020. p. 18-30.
- FRANCESCHI, F. R. A.; SANTIAGO, C. D.; LIMA, T.; PUGLIESI, E. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: uma discussão sobre a evolução dos dados no período 2003-2014. **DAE, São Paulo**, p. 61-68, 2017.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- GOMES, M. S.; SILVA, G. C.; SILVA, C. O. Resíduos sólidos no espaço rural: uma análise do assentamento Pindoba I em União dos Palmares. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 1, p. 352-375, 2021.
- HAN, Z.; DUAN, Q.; FEI, Y.; ZENG, D.; SHI, G.; LI, H.; HU, M.; Factors that influence public awareness of domestic waste characteristics and management in rural areas. **Integrated Environmental Assessment and Management [online]** v. 14, p. 395-406, 2018.
- HERBERLÊ., A. L. O.; SICOLI, A. H.; SOUZA SILVA, J.; BORBA, M. F. S.; BALSADI, O. V., PEREIRA, V. F. Agricultura familiar e pesquisa agropecuária: contribuições para uma agenda de futuro100. **Agricultura familiar brasileira: desafios e perspectivas de futuro**, p. 133, 2017.
- HELFAND, S. M.; MOREIRA, A. R. B.; BRESNYAN JUNIOR, E. W. Agricultura familiar, produtividade e pobreza no Brasil: evidências do censo agropecuário 2006. **Aspectos multidimensionais da agricultura brasileira: diferentes visões do censo agropecuário**, p. 279-311, 2006.

- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017: Resultados Definitivos**. Rio de Janeiro 2019. p. 108.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília: MMA, 2012.
- MENDES, A. Q., ALMEIDA, M. W. F., SILVA, J. M., ALMEIDA, M. J. F., SILVA JÚNIOR, V. J., COSTA, J. C., ARAÚJO, P. G. P. Ações de orientação para uso correto de agrotóxicos e destinação das embalagens em comunidades rurais no município de Amaraji. **Revista Caravana**, v. 6, n. 1, 2021.
- MENDONÇA, E. A. S.; OLIVEIRA, F. C. S. F.; LIMA, I. L. P. Relação entre covid-19 e resíduos sólidos em localidades de menor IDH de Recife-PE. In: EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: COVID-19**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021, p. 51-62.
- MORI, G. F. D. **Percepção da população rural sobre os resíduos sólidos domésticos: estudo em distritos do município de Toledo – Pr.** 2020. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2020.
- NETO, M.; NOGUEIRA, H.; MELLO, M.; SENA, A. Avaliação da percepção da gestão dos resíduos sólidos provenientes da agricultura familiar nos assentamentos Baeté e Bom Jardim, Barreiros-PE. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.
- PAIVA FILHO, A. C. R.; CARDOSO, S. R. C.; REGO, J. V. Agricultura familiar e agrotóxico: dialogando com a realidade em comunidades camponesas de Miguel Alves (PI). **Cadernos Cajuína**, v. 5, n. 3, p. 145-161, 2020.
- PNRS – **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. 2011. Brasília/DF. Disponível em > https://sinir.gov.br/images/sinir/Arquivos_diversos_do_portal/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf > Acesso em: 09 jul. 2021.
- OGUNTOKE, O.; EMORUWA, F. O.; TAIWO, M. A. Assessment of air pollution and health hazard associated with sawmill and municipal waste burning in Abeokuta Metropolis, Nigeria. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 32, p. 32708-32722, 2019.
- OLIVEIRA, A. M. G.; DE AQUINO, A. M.; CASTRO NETO, M. T. Compostagem caseira de lixo orgânico doméstico. **Embrapa Agrobiologia-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2005.
- SAMPAIO, Y. S. B.; VITAL, T. W. Agricultura familiar em Pernambuco: O que diz o Censo Agropecuário 2017. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 51, p. 155-171, 2020.
- SANTOS, J. C. P. Avaliação dos impactos ambientais gerados embalagens vazias de agrotóxicos em uma propriedade familiar. **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7: Congestas 2019. ISSN 2318-7603.
- SILVA, A. M. B.; RIBEIRO, A. R. B.; SANTOS, M. V.; LIMA, T. L. A. Impactos ambientais, sociais e econômicos da logística reversa; uma revisão bibliográfica. In: MELLO, D. P. D.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P. D.; SANTOS, J. P. D. O. **Resíduos Sólidos: gestão pública e**

privada. 2018. p. 186-197.

SOARES, I. V.; REVELLEAU, A. C. Gerenciamento dos resíduos sólidos e a logística reversa para embalagens de agrotóxicos. **Revista Direito à Sustentabilidade**, v. 2, n. 4, 2016.

SOARES, L. B. F.; VILELA, S. N.; MELO JÚNIOR, J. L. A.; ALVES, T. M. Percepção da população de áreas rurais dos municípios de Lajedo-PE e Jupi-PE sobre os riscos trazidos pelo lixo. **Educação Ambiental em Ação**. v. 14, n. 51, 2016.

SOUZA, W. M.; OLIVEIRA, I. S.; ARAGÃO, J. S. Gestão dos resíduos sólidos em comunidades rurais: um estudo de caso do Sítio Estrela, Barbalha, Estado do Ceará, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e99997057-e99997057, 2020.

TCE - Tribunal de Contas de Pernambuco. **Destinação Final de Resíduos Sólidos em Pernambuco 2019**. TCE, Recife/PE. Disponível em: <<https://www.tce.pe.gov.br/especial50/residuos.html>>. Acesso em: 1 jul. 2021.

TEIXEIRA, N. S.; FERNANDES, A. C. Destinação de resíduos sólidos de uma comunidade na zona rural de Xapuri - AC. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias** (ISSN: 2525-4790), v. 3, n. 2, 2018.

YOO, B.; JANG, M. A bibliographic survey of business models, service relationships, and technology in electronic commerce. **Electronic Commerce Research and Applications**, v. 33, p. 100818, 2019.

3.8 UMA PERSPECTIVA SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO RAMO DA SAÚDE

SOUZA, Adielly Mayara de
UFRPE
maysouza12.94@gmail.com

LIMA, Andeson Ferreira e
UFRPE
andesonflima21@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Algumas ideias que consideramos claramente modernas e inspiradas pela preocupação com o ambiente têm uma história mais longa e um motivo diferente. A ideia de colocar três recipientes na rua para conter diferentes tipos de lixo foi apresentada em Paris, em 1767, e novamente em Nova York, em 1895. A ideia não foi adotada, mas comercialmente tinha sentido. Afinal, lixo é simplesmente material no lugar errado. Na Grã-Bretanha, os objetos da década de 50 foram desprezados como porcarias, mas passaram a ser colecionados pelos europeus na década de 80. (PETER BURKER, 2001)

Ao se tratar de resíduos sólidos, em primazia, deve-se trazer um conceito sobre tal assunto, portanto, a definição de resíduos sólidos segundo A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é “todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade”. Quando se fala do descarte desse resíduo, implica dizer que o mesmo não é mais necessário, mas ainda possui valor dependendo da forma como será utilizado decorrente do processo de reciclagem, por exemplo.

No tocante aos resíduos sólidos hospitalares, segue-se outra linha mais aprofundada de definição, resíduos hospitalares são aqueles produzidos por todos os tipos de estabelecimento prestadores de serviços de saúde, sendo, hospitais, laboratórios, consultórios médicos, farmácias, clínicas veterinárias, necrotério, postos de saúde, centro de pesquisa e qualquer outra instituição que produza resíduos contendo secreções ou perigo de contaminação para o ser humano, animais e/ou ambiente. Atualmente, o Brasil tem mais de 42 mil unidades básicas de saúde, produzindo cerca de 253 mil toneladas

desse tipo de resíduo, os quais não são descartados nem sempre de forma seletiva, então chega-se a um impasse, se nem todos o descarte e de forma correta, que solução haveria para tal problema? (BRASIL. Ministério da Saúde.)

Decorrente tal problemática, é pertinente se fazer um estudo aprofundado sobre o processamento desses resíduos sólidos e todo o gerenciamento aplicado a eles. Sabendo que os resíduos sólidos hospitalares, quando são gerenciados de forma inadequada em quaisquer de seus processos de manuseio, causam verdadeiros descompassos, tanto na poluição das áreas ambientais, alterando fatores químicos, físicos e microbiológicos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Resolução nº. 05/93 do CONAMA, traz em seu formato o conceito de resíduos sólidos definido pela NBR 10.004/87 da ABNT, como: "Resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição". Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades os tornem inadequados para o lançamento na rede pública de esgotos, corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível".

Além disso, a Resolução Conama nº. 385/05 estabelece no anexo I: GRUPO A - Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção. GRUPO B - Resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. GRUPO C - Quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista. GRUPO D - Resíduos que não apresentem risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares. GRUPO E - Materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como: lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, brocas, limas endodônticas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas; tubos capilares; micropipetas; lâminas e lamínulas; espátulas; e todos os utensílios de vidro quebrados no laboratório (pipetas, tubos de coleta sanguínea e placas de Petri) e outros similares.

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do artigo em questão, foi feito uso de pesquisas e análises de materiais que continham tal temática. Foi usado para corroborar as informações fornecidas as Normas de manuseio e tratamento de resíduos sólidos bem como as devidas Resoluções pertinentes ao assunto.

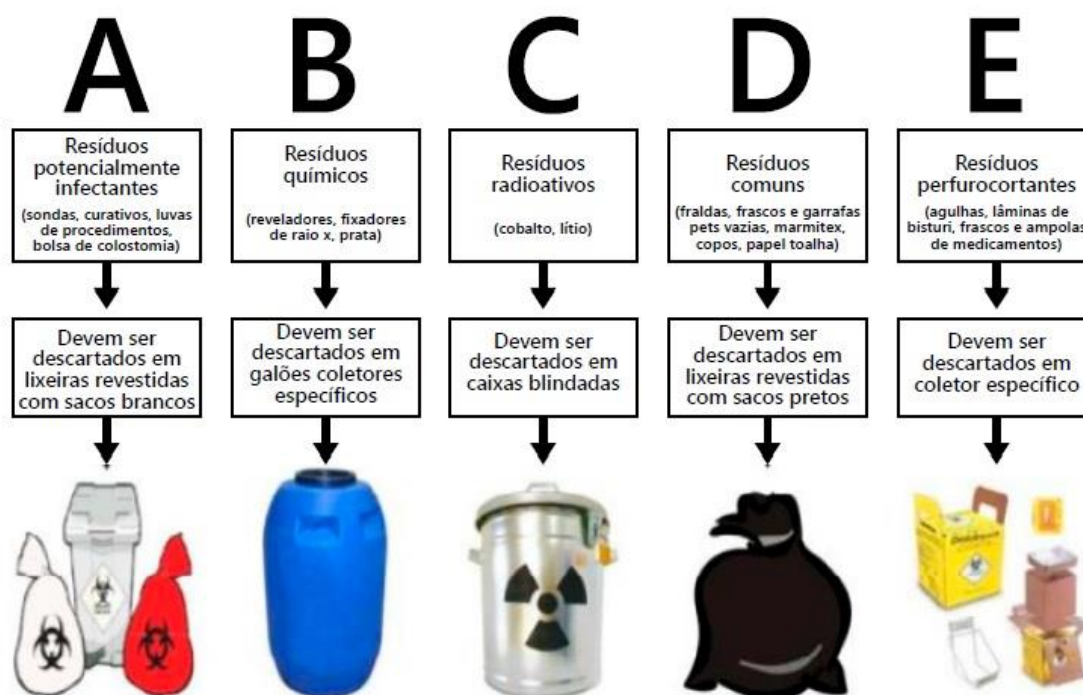
4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2004, 2005, 2006) o conjunto de procedimentos fundamentados em normas reguladoras, que possuem o objetivo a diminuição da produção de resíduos, voltados para a preservação da saúde pública, dos recursos naturais e do meio ambiente, está diretamente relacionado a gestão e gerenciamento dos Resíduos Sólidos de Saúde (RSS).

O tratamento de resíduos infectantes inicia-se no descarte do resíduo, onde deve ser diferenciado entre contaminado e não contaminado. A etapa de segregação é essencial no processo de descarte, uma vez que o resíduo não infectante passará por um tratamento diferente do resíduo infectante (Figura 1). Após segregação, o resíduo infectante é incinerado ou esterilizado, e posteriormente submetido a tratamento para redução de carga microbiana (CONAMA 358, 2005) e, ao final, encaminhado a um aterro sanitário ou local licenciado para descarte final dos RSS (Brasil, 2005), o que é conhecido como rota tecnológica (Figura 2). Segundo Ferreira e Jucá (2017) é possível estimar os caminhos de uma rota tecnológica estudando os aspectos legais e institucionais das normas existentes no tocante ao gerenciamento de resíduos e através da avaliação do sistema de manejo, tratamento e destinação final. Os autores também avaliaram que toda e qualquer rota tecnológica possui sempre um mecanismo de coleta e um aterro sanitário.

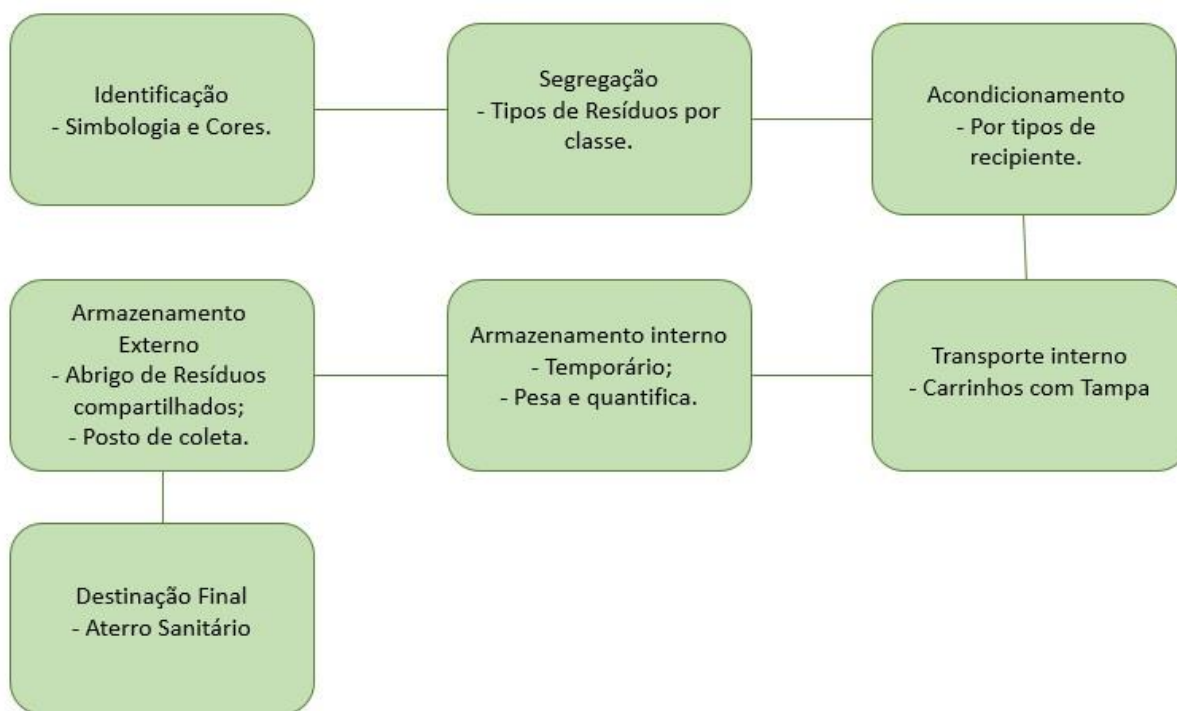
Figura 1. Classificação dos RSS

Segregação, Acondicionamento e Identificação



Fonte: Osório (2011).

Figura 2. Rota tecnológica dos RSS



CONCLUSÃO

Decorrente toda a pesquisa realizada e as informações anexas neste artigo, compreende-se que se deve haver um gerenciamento preciso e eficaz dos RSS, e para que isso seja possível é importante que haja uma integração entre políticas econômicas, sociais e ambientais. É necessário que se tenha uma preocupação por parte dos gestores de como esse resíduo se descartado de forma indevida irá afetar o meio ambiente e obviamente a saúde pública.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. R.; HANNA, M. D. Impacto da pandemia do coronavírus sobre a produção de lixo hospitalar: uma investigação / impact of the coronavirus pandemic on the production of hospital waste. **Brazilian Journal Of Health Review**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 7052-7057, 1 abr. 2021. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34119/bjhrv4n2-250>.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 306**, de 07 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde. Disponível em: http://elegis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?mode=PRINT_VERSION&id=13.

BRASIL AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 358** de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462>.

BRASIL; Ministério Da Saúde; Agência Nacional De Vigilância Sanitária. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**. Brasília : Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2006. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/manual_gerenciamento_residuos.pdf >.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 358**, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Brasília, 2005. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2005_358.pdf >.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Desempenho da Atenção Primária à Saúde no Brasil é alvo de pesquisa inédita**. 2020. Disponível em: <https://aps.saude.gov.br/noticia/10136>. Acesso em: 08 jul. 2021.

BURKE, Peter. **Uma história social do lixo**. 2001. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/mais/fs0912200109.htm>. Acesso em: 09 jul. 2021.

CAFURE, V. A.; GRACIOLLI, S. R. P. Os resíduos de serviço de saúde e seus impactos ambientais: uma revisão bibliográfica. **Interações (Campo Grande)**, Campo Grande, v. 16, n. 2, p. 301-314, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/151870122015206>.

FERREIRA, C. F. A.; JUCÁ, J. F. T. Metodologia para avaliação dos consórcios de resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 513-521, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017147551>.

OSÓRIO, S. D. RESÍDUOS DE SERVIÇOS DA SAÚDE. Disponível em <<http://pt.slideshare.net/santhdalcin/aula-residuos-de-servios-da-sade>> acesso em: 10 de Julho de 2021.

3.9 GESTÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS; OBSOLESCÊNCIA PROGRAMADA DE CELULARES COMO LIMITANTE DA SUSTENTABILIDADE

JESUS, Jully Emilly Galdino de
UFRPE
jullyemilly2@gmail.com

SILVA NETO, Moisés Alves da
UFRPE
moisesneto179@gmail.com

ALVES, Natanael Batista Pereira
Gampe/UFRPE
natanaelbpa@hotmail.com

RESUMO

A poluição tem sido tema de estudo em diversos congressos e reuniões ao longo de todo o planeta, isto ocorre porque há uma produção extremamente alta de equipamentos, o que não é diferente no ramo dos smartphones, produtos sempre mais novos, com mais atualizações se tornando cada vez mais obsoletos, gerando mais resíduos, que em grande parte do tempo não é aproveitado. O trabalho em questão visa expor os componentes desses aparelhos, os problemas causados pela destinação incorreta dos resíduos eletroeletrônicos e buscar soluções aplicáveis como a logística reversa e a mineração de terras raras, no intuito de diminuir os impactos da produção sobre os bens naturais do planeta e gerar uma fonte de renda.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão ambiental, REEE, obsolescência.

1. INTRODUÇÃO

Com a grande evolução tecnológica na sociedade, tornou-se necessário a produção acelerada de novos equipamentos, encurtando o ciclo de vida dos aparelhos de informática e consequentemente potencializando os impactos ambientais desta indústria. À medida que uma sociedade se desenvolve novas tecnologias surgem e maior a velocidade do seu descarte, gerando um ciclo sem fim de deuso, causando um aumento progressivo dos Resíduos Eletroeletrônicos (REEE) e gerando uma discussão de como melhor descartá-los (AQUINO et al., 2017; CABRAL et al., 2017). Essa evolução tecnológica foi ainda maior após o período da segunda guerra mundial, onde foram aperfeiçoados os produtos criados, com utilização de plásticos no lugar de metal, softwares e nanotecnologia no campo da eletroeletrônica, o que contribui para a evolução dos aparelhos eletroeletrônicos e a geração de REEE, valendo ressaltar que tudo isso ainda favorece um cenário de obsolescência de produtos, fazendo com que ocorra uma maior frequência no descarte (LEITE, 2017).

O desenvolvimento científico cresce de forma significativa com o passar dos anos, o que permitiu a chegada de produtos eletrônicos cada vez mais modernos. Isto incentivou a compra e venda no setor industrial, e provocou ainda mais a procura por eletroeletrônicos em todo mundo, a causa disto é comodidade que estas ferramentas e equipamentos trazem na vida profissional e pessoal (ROSSINI; NASPOLINI, 2017). Esse desenvolvimento trouxe diversos desafios a indústria, no sentido de se manter competitiva, lança cada vez mais produtos, e uma forma de se driblar a problemática surgiu com o conceito de economia circular, visando restaurar, manter e prolongar o máximo a vida útil dos materiais (CERQUEIRA-STREIT et al., 2021).

Atualmente há uma grande quantidade de aparelhos celulares circulantes no Brasil onde, segundo a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), em fevereiro de 2021, totalizava-se 238,5 milhões de celulares em circulação com densidade de 1,12 aparelhos por habitante (ANATEL, 2021). Mesmo que esta tecnologia possua tamanha importância para sociedade, o surgimento de celulares, considerados indispensáveis na atualidade tornou o descarte de REEE ainda maior. Isso porque este desenvolvimento foi acompanhado pelo aumento da obsolescência dos produtos, com as modificações e melhorias os celulares acabam sendo produtos cada vez mais consumidos e trocados. Essa demanda causa um grande desperdício de recursos naturais, gerando um volume significativo de lixo eletrônico que sem precaução e descartes ideais pode causar danos ao meio ambiente e trazer complicações severas à saúde (MORAIS et al., 2020).

Os resíduos eletrônicos de celulares além de serem nocivos à saúde caso descartados de forma incorreta como no caso das baterias, podem também causar danos ao meio ambiente, como contaminação dos lençóis freáticos. Além dos danos causados, existem metais considerados nobres na sua composição, que têm alto custo e podem ser reciclados (ABREU; SILVA; RIBEIRO, 2021). Nesse sentido, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de enfatizar a importância da conscientização da obsolescência programada de aparelhos celulares. Além de levantar pontos importantes

em relação às consequências do manejo inadequado desses resíduos, esta pesquisa também tem como propósito trazer soluções para o sucateamento antecipado desses REEE.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. OBSOLESCÊNCIA PROGRAMADA

O ciclo de vida de um determinado produto pode ser representado em forma de sino, onde suas curvas são subdivididas em quatro fases. A primeira destas é denominada Introdução e é onde o produto entra no mercado, com pouca venda e geralmente não havendo lucros, devido as despesas para a apresentação do produto. A segunda fase é denominada Fase de Crescimento e ocorre quando já não é necessária tanta apresentação do produto, pois o público alvo já conhece o produto e isso faz com que ocorra um aumento de vendas, nessa fase começa a surgir concorrência ao produto. A terceira fase é quando o produto está em Pico de Demanda, também chamada de Maturidade, que é quando o produto atinge os resultados esperados, isso faz com que o produtor busque um novo produto para ser elaborado. A quarta fase é denominada Declínio. Esta acontece quando os lucros começam a desaparecer, a partir disso, é necessário se planejar uma retirada do produto (PEREIRA et al., 2017).

Visando o aumento de lucro, atualmente as empresas de smartphone criam seus aparelhos já pensando nesse ciclo, para isto estas impõem limitações tecnológicas que fazem com que o aparelho fique ultrapassado antes do tempo de vida real do aparelho, isso ocorre devido a obsolescência programada. A obsolescência programada não ocorre somente nos smartphones, mas em eletroeletrônicos em geral, o que só aumenta ainda mais o volume de resíduos eletroeletrônicos produzidos (LORDELO; SANTOS, 2020).

A obsolescência pode ser dividida em 3 subgrupos, sendo denominada como Funcional, Perceptiva e Programada. A Obsolescência Funcional ocorre quando um novo produto com novas aplicações substitui o produto antigo. A Obsolescência Perceptiva ocorre quando um produto é deixado de lado pelo status de um novo produto, ou seja, pela moda. Já a Obsolescência Programada é observada quando há redução da vida útil de um produto, como nos celulares, onde a vida útil do aparelho é fisicamente maior que a real, pois as fabricantes só dispõem atualizações durante um curto período de tempo, criando um sucateamento antecipado, tornando necessária a compra de um novo aparelho (BASSI; LOPES, 2017).

2.2. CLASSIFICAÇÃO DOS COMPONENTES

Por mais que os celulares estejam presentes constantemente no nosso cotidiano, a maioria das pessoas não possuem conhecimento de quantos componentes nocivos formam estes aparelhos (Tabela 1). A maioria dos materiais que compõem um equipamento eletrônico podem contaminar o solo e a água (MANDARINO; SINAY, 2019).

Tabela 1 - Principais componentes de equipamentos eletroeletrônicos

Materiais presentes	Quantidade
Metais	60%
Fibras Plásticas	15%
Telas LCD e CRT	12%
Mistura de plástico e metais	5%
Poluentes	3%
Cabos	2%
Placas de circuito impresso	2%
Outros	1%

Fonte: Adaptado de Mandarino e Sinay (2019)

Muitos destes materiais causam danos nocivos à saúde humana, como o alumínio e o chumbo, que normalmente estão presentes nos equipamentos celulares. Estes componentes químicos têm a propriedade da bioacumulação ao longo da cadeia alimentar (SILVA; SILVA; SILVA, 2020).

2.3. MINERAÇÃO

Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos são como uma mina de ouro no sentido de reutilização, pois nele é possível obter vários materiais raros, sendo um segmento estratégico para os mais diversos setores. A partir das últimas décadas, os países desenvolvidos têm utilizado uma classificação para matérias primas críticas, como sendo os materiais indispensáveis para os setores econômicos. O grau de criticidade pode mudar com o passar do tempo devido a disponibilidade desses materiais no mercado. Alguns desses materiais como as terras raras são extremamente difíceis de serem obtidos, e apesar de sua mineração ser considerada difícil, é uma solução viável, pois esses elementos ocorrem em baixa concentração nos minérios (XAVIER; OTTONI, 2019).

As terras raras são 17 elementos químicos e são definidos como um grupo devido às propriedades magnéticas semelhantes, são de extrema importância para os produtos eletroeletrônicos. Sendo exportados da China, sua maior produtora, que em 2005 diminuiu o volume de exportação desses minerais, aumentou ainda mais a necessidade de reciclagem das terras raras, sendo assim uma possível fonte de renda e uma atitude capaz de diminuir o impacto ambiental (SILVA et al., 2017).

2.4. POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO

Quando se fala de potencial de contaminação o termo lixo eletrônico logo é empregado, pois este é descrito como todo material em desuso gerado a partir de aparelhos eletroeletrônicos, não desconsiderando os componentes acumuladores de energia, como pilhas, baterias e componentes magnetizados.

A preocupação ambiental com relação aos resíduos eletroeletrônicos só aumentam, à medida que o crescimento tecnológico e a produção de eletroeletrônicos vem crescendo e muito nos últimos anos, visto que em média aparelhos como computadores e smartphones se tornam obsoletos rapidamente, essa preocupação é decorrente do alto nível de toxicidade em alguns desses componentes, por possuir grandes quantidades de metais pesados (Quadro 1), que quando destinado de forma incorreta, podem causar danos a saúde da população, além de que, substâncias como mercúrio, cádmio, arsênio, cobre, chumbo e alumínio, quando descartados em lixo comum, penetram no solo e lençóis freáticos contaminando plantas e animais por meio da água, podendo provocar contaminação da população de forma indireta (BOSQUESI; FERREIRA, 2018).

Quadro 1 - Principais componentes dos REEE e seus riscos à saúde

Substância	Riscos
Arsênio	Irritação respiratória, náuseas, efeitos na pele aumento do risco de câncer de pulmão
Zinco	Quando exposto a altas doses, pode causar sintomas gastrointestinais como cólicas abdominais, vômitos e diarreia.
Manganês	É um nutriente essencial para os seres humanos e animais. A exposição em altas doses pode resultar em sintomas gastrointestinais como cólicas abdominais, vômitos e diarreia.
Alumínio	Alterações neurocomportamentais, problemas respiratórios e fibrose.
Chumbo	Danos na parte hematológica, gastrointestinal, cardiovascular, renal, neurológica, e reprodutiva .
Cádmio	Causa danos tubulares renais, diminuição da mineralização óssea, diminuição da função pulmonar e enfisema.
Mercúrio	Tosse, dor de garganta, dor no peito, náuseas, vômitos, diarreia, aumento da pressão sanguínea ou frequência cardíaca, gosto metálico na boca, irritação ocular, dor de cabeça e problemas na visão.
Níquel	Dermatite, Inflamação no pulmão e câncer
bifenilos policlorados	Afetam o sistema imunológico, hormonal, nervoso e enzimático do corpo, tendo impacto em quase todos os órgãos.
Bário	Hipocalemia, taquicardia, hipertensão e/ou hipotensão, fraqueza muscular e paralisia.
Crômio hexavalente	Fortes reações alérgicas, como bronquite e asma. Pode também causar danos ao DNA.
Berílio	Ataca principalmente o Sistema respiratório com sintomas de nasofaringite, falta de ar, respiração e dermatite.

Fonte: Adaptado de Mandarino e Sinay (2019)

A presença de metais tóxicos nesses equipamentos pode gerar o processo de bioacumulação que ocorre quando os seres vivos como animais e plantas conseguem concentrar compostos com elevados níveis de contaminação, isto pode atingir todos os níveis tróficos e se transferem ao longo da cadeia alimentar. Esse processo, quando envolve metais pesados, tem o potencial de causar efeitos altamente prejudiciais ao meio ambiente, visto que esses metais em níveis milhares de vezes maiores que o meio ambiente são acumulativos (AQUINO et al., 2017).

O problema poderia ser minimizado significativamente caso o descarte fosse feito de forma correta, no entanto, o número de postos e coletores de REEE é significativamente baixo, o que dificulta o processo, sendo a democratização desses pontos uma solução para minimizar o problema (BRAINER et al., 2017). Para que os impactos causados por estes materiais sejam revertidos é preciso impor métodos que incentivem a instrução da sociedade, por meio da educação ambiental, promovendo um maior conhecimento sobre a legislação, para não colocar em risco a saúde da população e do meio ambiente (REIS NETO et al., 2021).

2.5. LEGISLAÇÃO PERTINENTE

No Brasil, a legislação evoluiu ao longo dos anos, tendo o primeiro contato com a área de resíduos sólidos com a Lei nº 6.938 (BRASIL, 1981), que fundamentou o Plano Nacional do Meio Ambiente (PNMA). A Lei que está em vigência e que determina o direcionamento de lixo eletrônico é o Decreto nº 10240 (BRASIL, 2020), que regulamenta o inciso VI do Art. 33 que diz:

Dar destinação final ambientalmente adequada, preferencialmente para reciclagem, a cem por cento dos produtos eletroeletrônicos que forem recebidos pelo sistema; para a realização do cálculo do balanço de massa de produtos eletroeletrônicos, observados os parâmetros estabelecidos no art. 48 (BRASIL, 2020).

A Lei Federal 12.305 (BRASIL, 2010) institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e é considerada um marco brasileiro para abordar questões dos resíduos sólidos no Brasil (BENTO, 2018). Segundo a PNRS os consumidores finais devem disponibilizar adequadamente seus resíduos para a coleta seletiva, entretanto para determinados produtos deverá ser aplicado a logística reversa, a qual precisa ser implementada sob responsabilidade conjunta dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes. O Art. 56 desta Lei complementa o decreto nº 9.177 (BRASIL, 2017), quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico.

A logística reversa citada na Lei nº 10240 (BRASIL, 2020) determina como obrigação dos fabricantes prover a destinação ambientalmente adequada para os resíduos, com prioridade para reciclagem dos produtos recebidos, participando da execução dos planos de comunicação, para informar os consumidores sobre o sistema e de disponibilizar relatórios aos órgãos competentes. Já os distribuidores têm como obrigação a

disponibilização dos pontos de recolhimento, armazenar os resíduos entregues por comerciantes e disponibilizar informações aos órgãos competentes quando solicitados, por fim e não menos importante, os comerciantes têm como obrigação disponibilizar pontos de recolhimento para os consumidores, para o repasse, armazenando-os e disponibilizando os dados para os órgãos competentes se necessário.

Com objetivo de penalizar atividades nocivas ao meio ambiente, foi criada a Lei nº 9.605 (BRASIL, 1998) e seus artigos cobrem inúmeras ações, no entanto, o Art. 56 que é voltado para poluição e outros crimes ambientais tem como pena a reclusão de um a quatro anos, e multa.

Produzir, processar, embalar, importar, exportar, comercializar, fornecer, transportar, armazenar, guardar, ter em depósito ou usar produto ou substância tóxica, perigosa ou nociva à saúde humana ou ao meio ambiente, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou nos seus regulamentos (BRASIL, 1998).

A pena de reclusão de um a quatro anos e multa também é aplicada em casos de destinação incorreta quando há o abandono de produtos ou substâncias referidas na Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), utilizando estes produtos em dissensão com as normas ambientais ou de segurança, ou quando há manipulação, acondicionamento, transporte, ou dá destinação final a resíduos perigosos de forma contrária ao estabelecido.

Vale ressaltar que há resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que englobam os resíduos eletroeletrônicos além da Lei nº 9.795 (BRASIL, 1999) que institui a Política Nacional de Educação Ambiental.

2.5. CLASSIFICAÇÃO DOS REEE

A necessidade de avaliar a classificação dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos se dá por dois fatores: a presença de substâncias tóxicas no material descartado podendo gerar impactos ambientais se disposto inapropriadamente e a presença de metais de valor econômico considerável nos seus componentes como a prata, o ouro e a platina (DE SOUZA, 2021).

Em apoio a isto a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com a NBR 10004/2004 (ABNT, 2004), onde os eletroeletrônicos são classificados como Classe I devido a falta de classificação específica. A categorização dos resíduos contorna a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e dos seus componentes, assim como suas características, reconhecendo as substâncias que podem causar impacto à saúde e ao meio ambiente (SILVA; LINS, 2020).

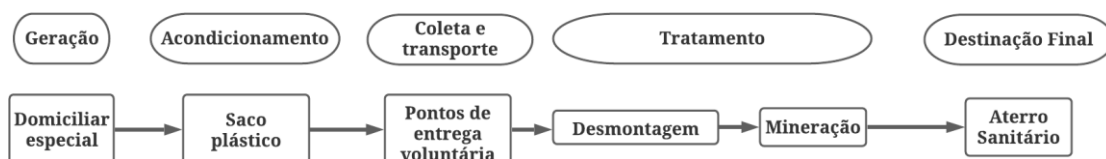
Após identificados os componentes dos REEE é possível traçar uma rota desde a sua origem até a sua ordenação final (MARQUES; SILVA; SOBRAL, 2021). No contexto da gestão, uma rota tecnológica pode ser compreendida como um conjunto de processos,

tecnologias e fluxos dos resíduos que ocorrem desde a sua geração até a sua disposição final (PIMENTEL, 2020).

3. METODOLOGIA

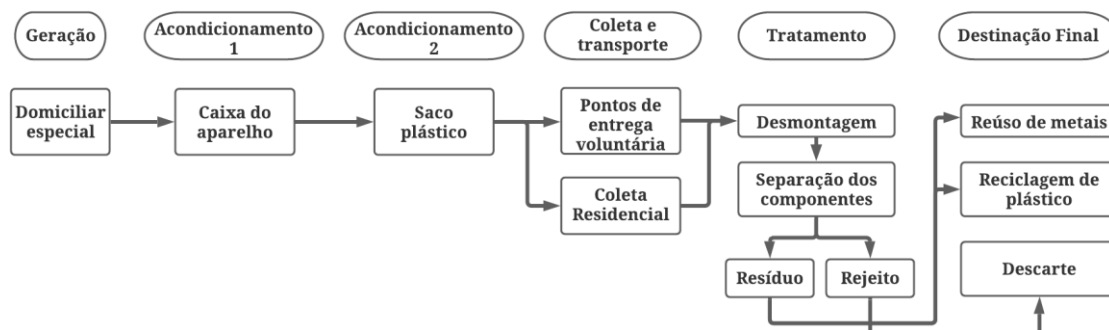
Seguindo uma metodologia convencional, a rota tecnológica de um smartphone parte da geração dos resíduos em residências ou comércios, que se acomodam para uma coleta indiferenciada (convencional), seguindo para uma ou mais formas de tecnologias de tratamento, porém o resultado desta etapa não garante a separação de rejeito e resíduo, trazendo uma disposição final incorreta para os REEE (Figura 1).

Figura 1. Rota tecnológica Convencional do smartphone em REEE



Em contraste a rota tecnológica convencional, a montagem de uma rota para os smartphones leva em consideração a conexão entre as tecnologias, evidenciando o aproveitamento das empresas em relação à possibilidade de reciclagem e aproveitamento energético dos REEE (Figura 2).

Figura 2. Proposta de Rota tecnológica para smartphone em REEE



O processo desta rota consiste em confrontar as tecnologias identificadas com os mercados acerca dos produtos que elas fornecem aos consumidores. Isto evidencia a redução da geração de resíduos, a reutilização, reciclagem e principalmente o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final adequada para os rejeitos, consolidando a logística reversa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. PRÁTICAS DE LOGÍSTICA REVERSA PARA SMARTPHONE EM REEE

Levando em consideração a minimização do impacto nos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, o presente trabalho visa trazer algumas práticas utilizadas por empresas e associações que mapeiam a logística reversa.

ABINEE

É uma associação que interliga todos os setores eletroeletrônicos no Brasil além de algumas empresas estrangeiras. A ABINEE assegura a competição do setor elétrico e eletrônicos o que contribui para o avanço tecnológico do país, dentre seus projetos podemos destacar para os equipamentos eletroeletrônicos:

PROJETO GREEN ELETRON

Este projeto é responsável por recolher os descartes de todos os produtos de pequeno e médio porte realizados pelos consumidores após o uso. A Green Eletron permite que ocorra a logística reversa e proporciona a economia circular, reduzindo os custos.

Com a iniciativa da ABINEE em criar esta entidade, muitas empresas do setor eletroeletrônico aumentaram o interesse na logística reversa, aumentando os postos de recolhimento e coleta, coleta e tratamento dos seus resíduos. As empresas associadas à Green Eletron são: Apple, Asus, Motorola, Lenovo e Microsoft.

ECOMOTO

Este projeto foi criado pela Motorola em 2007 com o objetivo de coletar baterias e equipamentos eletroeletrônicos e dar o devido descarte desses resíduos.

Quando o consumidor deseja descartar um produto da Motorola deve procurar uma das diversas assistências técnicas espalhadas em todo território brasileiro. Os produtos descartados são destinados ao estado de São Paulo e depois de acumulados aos resíduos eletroeletrônicos serão levados para serem reciclados na Europa. Este mecanismo da ECOMOTO já evitou que mais de 400 toneladas fossem dispensadas incorretamente no meio ambiente (LIMA; MACIEL FILHO, 2019).

4.2. ANÁLISE DAS PRÁTICAS DE LOGÍSTICA REVERSA

Como já mencionado, uma das principais causas do aumento desenfreado na geração de REEE é a curta vida útil e a rápida substituição por novos produtos. Quanto mais avançada a tecnologia, maior a diversidade de produtos e funcionalidades, o que gera mais resíduos.

É necessário que ocorra um aumento significativo na quantidade de empresas do setor eletroeletrônicos que se preocupam com a destinação correta de seus resíduos. Projetos como o da Motorola deveria ser mais bem visto pelas empresas, para que os riscos causados por esses resíduos sejam minimizados ou até mesmo evitados.

5. CONCLUSÕES

Ainda há muita discussão sobre a destinação final dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Em muitos casos os equipamentos mais velhos são repassados para outros consumidores, entretanto pouco se sabe sobre o que acontece quando um aparelho realmente não tem mais utilidade.

O CONAMA estabelece limites apenas para o uso de substâncias tóxicas em pilhas e baterias, atribuindo aos fabricantes o dever e a responsabilidade para ter sistemas para coleta destes materiais, encaminhando-os para reciclagem.

Os REEE estão entre a categoria de resíduos que mais cresce no mundo e por isso devemos nos preocupar com estes detritos. Como exposto neste trabalho, a logística reversa tende a ser uma solução para este problema, pois visa a preservação ambiental e o desenvolvimento sustentável, garantindo um planejamento eficiente das empresas e da sociedade.

Diante disto, conclui-se que as empresas preocupadas com os cuidados ambientais deveriam aumentar o controle do ciclo de vida de seus produtos. Dispondo de uma maior gestão empresarial para que os processos finais do ciclo de vida dos produtos sejam realizados com mais eficiência através da mobilização de conhecimento técnico e gerencial. Logo, visamos que os maiores obstáculos a serem encontrados implicam na estrutura das estratégias empresariais, onde estas possam incorporar de forma consistente a análise da sua cadeia produtiva e de seus fluxos reversos.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004

ABREU, D. C.; SILVA, A. M. B.; RIBEIRO, A. R. B. Hábitos relacionados ao descarte de celulares e sua aplicabilidade à Política Nacional de Resíduos Sólidos: um estudo em uma Unidade Acadêmica de Pernambuco. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 6, n. 2, p. 139-161, 2021.

ANATEL – Agência nacional de telecomunicações. **Infográfico Setorial de Telecomunicações, referente a fevereiro de 2021**. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/dados/acompanhamento/relatorios-de-acompanhamento/2021#R2021_5>. Acesso em: 09 jun. 2021.

AQUINO, J. G.; MOURA, G J. B.; EL-DEIR, S. G.; MELLO, D. P. Perigos relativos ao descarte inadequado de resíduos eletroeletrônicos domésticos. In: BEZERRA, R.P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. 2ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 174-187.

BASSI, M. C. P. C.; LOPES, C. C. A sociedade do consumo e suas consequências socioambientais. **Caderno PAIC**, v. 18, n. 1, p. 100-125, 2017.

BENTO, P. A. **A logística reversa como ferramenta de gestão ambiental: o caso do lixo eletroeletrônico na cidade e em instituições de ensino públicas do municípios de Ceres-GO.** 2018.

BRAINER, S. A. B.; DUQUE, A E. S.; SOUZA, G. L. A.; LIMA, J. E. S. Implantação do projeto papa pilhas: Recolhimento de pilhas e baterias esgotadas no município de Caruaru/PE In: BEZERRA, R.P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias.** 2ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 140-149.

BRASIL, D.M. Comércio eletrônico: a popularização do setor bancário. Monografia (Bacharelado em Administração) - Universidade de Brasília. Brasília, 2011.

BRASIL. Lei nº. 12.240. **Diário Oficial da União**, 12 fev. 2020.

BRASIL. Lei nº. 9.177. **Diário Oficial da União**, 23 out. 2017.

BRASIL. Lei nº 9.605. **Diário Oficial da União**, 12 fev. 1998.

BRASIL. Lei nº 9.765. **Diário Oficial da União**, 27 abr. 1999.

BOSQUESI, R. M.; FERREIRA, R. L. Lixo eletrônico e seus impactos aos recursos hídricos. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 13, n. 7, 2018.

CABRAL, R. F. D.; MEDEIROS, L M. S.; PAZ, D. H. F.; FREIRE, J. M. L. Implementação de um ponto de coleta de recebimento de resíduos de equipamentos eletrônicos no município do Cabo de santo agostinho/PE In: BEZERRA, R.P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias.** 2ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 127-139.

CERQUEIRA-STREIT, J. A.; SANTOS, M. P.; GUARNIERI, P.; LAFAYETTE, K. P. V. Gestão de resíduos sólidos industriais como contributo à economia circular e indústria 4.0; uma revisão de literatura. In: ALMEIDA, I. M. S; GUEDES, F. L; EL-DEIR, S. G; MENEZES, N. S. (Org.). **Resíduos Sólidos: gestão e tecnologias.** Recife: EDUFRPE, 2021. p. 203-218.

DE SOUZA, R. S.; GUARNIERI, P.; VIEIRA, B; CERQUEIRAS-STREIT. J. A. Diagnóstico de Práticas e Inovações na Logística reversa de Resíduos Eletroeletrônicos em Organizações Brasileiras. In: ALMEIDA, I. M. S; GUEDES, F. L; EL-DEIR, S. G; MENEZES, N. S. (Org.). **Resíduos Sólidos: gestão e tecnologias.** Recife: EDUFRPE, 2021. p. 592-605.

LEITE, P. R. **Logística reversa; Sustentabilidade e competitividade.** São Paulo. Editora Saraiva, 3 ed., 2017.

LIMA, José; MACIEL FILHO, José. Logística reversa e sustentabilidade: um estudo do setor de eletroeletrônicos. **Revista Razão Contábil & Finanças**, v. 9, n. 1, 2019.

LORDELO, C. L.; SANTOS, I. T. Q. P.; GUARNIERI, P.; LAFAYETTE, K. P. V. Gestão de resíduos sólidos industriais como contributo à economia circular e indústria 4.0; uma revisão de literatura. In: SILVA, T. S; MARQUES, M. M. N; EL-DEIR, S. G; (Org.). **Desmaterialização dos Resíduos Sólidos: gestão e tecnologias.** Recife: EDUFRPE, 2020. p. 364-376.

MANDARINO, M. L. F.; SINAY, M. C. F. O Resíduo de Equipamento Elétrico e Eletrônico: Suas principais características e nocividades. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, Blumenau, v.13, n.2, p. 30-57 TRI II 2019. ISSN 1980-7031.

MARQUES, E. A. T.; SILVA, A. C.; SOBRAL, M. C. M. Logística Reversa de equipamentos eletroeletrônicos e mineração urbana. In: ALMEIDA, I. M. S. de, GUEDES, F. L., EL-DEIR, S. G., MENEZES, N. S. de. **Resíduos sólidos: Gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, p. 606-621, 2021.

MORAIS, B.; BARBOSA, Y. M.; RORIZ, M. M. C. M.; OLIVEIRA M. P. M. C. **Obsolescência programada: o impacto no comportamento do consumidor de smartphones**. 2020.

ROSSINI, V; NASPOLINI, S. H. D. F. Obsolescência programada e meio ambiente: a geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. **Revista de Direito e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 51-71, 2017.

PORTO, W. S.; BRASNIESKI, A. C. F.; SOUZA, J. A.; FREITAS, M. A. L. Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: um diagnóstico da destinação na percepção do consumidor final de vilhena/RO. **AOS-Amazonia, Organizações e Sustentabilidade**, v. 8, n. 2, p. 7-27, 2019.

ProteGEEr – Cooperação para a proteção do clima na gestão de resíduos sólidos urbanos. **Etapas do Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos 2018**. Disponível em: <<http://protegeer.gov.br/rsu/etapas-do-gerenciamento>>. Acesso em: 28 jun. 2021.

PEREIRA, A. M.; NAKANOME, E. T. R.; LIMA, F. B.; NAKANOME, A. F. M. Obsolescência Programada e Avanço Tecnológico no Mercado de Celulares. **Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Enegep**, 2017.

PIMENTEL, C. H. L.; NÓBREGA, C. C.; JUCÁ, J. F. T.; PIMENTEL, U. H. O.; MARTINS, W. A. A gestão das rotas tecnológicas de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos no município de João Pessoa/PB/. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 7063-7088, 2020.

REIS NETO, A. F; PEREIRA, B. C; MORGADO, D; SILVA, R. N. Resíduos Sólidos de Saúde no IFPI/Campus Corrente; Perspectivas para Integração da A3P com a “Indústria 4.0. In: ALMEIDA, I. M. S; GUEDES, F. L; EL-DEIR, S. G; MENEZES, N. S. (Org.). **Resíduos Sólidos: gestão e tecnologias**. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 592-605.

SILVA, A. M. G. da C.; SILVA, T. V. B. da.; SILVA, T. S. da. Logística Reversa no gerenciamento de pilhas e baterias: estudo de caso Baterias Moura e Rayovac. In: SILVA, T. S. da, MARQUES, M. M. N. EL-DEIR, S. G. **Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, p. 50-63, 2020.

SILVA, J. T.; BARRETO, J. C. G.; OLIVEIRA, C. R. M.; SILVA, J. R. A. A Importância No Brasil Da Mineração Urbana De Terras Raras Nos Resíduos Eletroeletrônicos: Cenário Atual, Políticas, Extração E Perspectivas. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão (ISSN: 2525-4782)**, v. 2, n. 2, 2017.

SILVA, M. da C.; LINS, E. A. M. Gestão dos Resíduos Urbanos e Eletroeletrônicos numa empresa de telecomunicação; um estudo de caso. In: SILVA, T. S. da, MARQUES, M. M. N. EL-DEIR, S. G. **Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, p. 377-390, 2020.

XAVIER, L. H. S. M.; OTTONI, M. S. O. **Economia Circular e Mineração Urbana. Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM, 2019.

3.10 ANÁLISE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS; PROJETO ECORECIFE

BAHIA, Lídia de Oliveira
UFRPE
li.bahia96@gmail.com

MARINHO, Gabriel Thales Barboza
UFRPE
GThales73@gmail.com

OLIVEIRA, Suellen Araújo de
Gampe/UFRPE
su.araujoliveira@gmail.com

RESUMO

O constante crescimento e consumo desenfreado resultam em um acelerado processo de geração de resíduos sólidos urbanos (RSU). Diante disso, o presente estudo objetivou analisar o projeto EcoRecife no que tange ao impacto de suas ações para a gestão de RSU da cidade do Recife através de um estudo exploratório e descritivo, fazendo uso de dados secundários. O estudo concluiu que uma grande quantidade de resíduos gerados na RMR é coletado a partir das EcoEstações, porém, foi identificada a falta de atualização dos dados relativos ao volume, destinação e composição destes RSU's do município, o que impossibilita uma adequada realização de análise dos impactos do projeto EcoRecife.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos; Política Públicas Ambientais; Meio Ambiente.

1. INTRODUÇÃO

O constante crescimento e urbanização da malha social, juntamente ao consumo e produção de maneira desenfreada acabam resultando em um acelerado processo de geração de resíduos sólidos urbanos (RSU). Todas as atividades humanas, em maior ou menor escala, geram resíduo, cujo descarte indevido acarreta em diversos problemas para a sociedade como a proliferação de vetores, poluição ambiental e visual, além de afetarem a economia e saúde pública (EVANGELISTA, 2014; GUTBERLET, 2021).

Os resíduos sólidos urbanos precisam ser descartados de forma adequada, para que posteriormente se possa aproveitar a energia ali contida para transformação deste material, reciclando-o e não apenas o desperdiçando e prejudicando a qualidade ambiental, pois segundo Costa (2011), estes fatores se refletem no esgotamento das reservas naturais, com a extração da matéria prima, até o incorreto descarte final dos resíduos sólidos, prerrogativas que contribuem para a degradação do meio ambiente e influenciam na qualidade de vida da população.

De acordo com o Banco Mundial, estima-se uma geração mundial de RSU aproximada de 3,40 bilhões de toneladas em 2050, sendo a produção de 2 bilhões de toneladas, das quais os países em desenvolvimento responsabilizam-se por 32% do total, com potencial de se tornarem os maiores geradores no futuro (KAZA et al., 2018). Diante disso, é importante que seja inserido na sociedade a convicção de que deve existir uma preocupação quanto a quantidade de resíduos gerada, procurando a diminuição desse quantitativo, dando novas aplicações aos objetos, reutilizando-os e evitando o seu descarte e, caso seja inevitável, realizar esse descarte de forma adequada, deixando a possibilidade do reaproveitamento deste objeto.

Para isso, a prefeitura do Recife criou o projeto EcoRecife, que é composto por todas as políticas públicas e também pelas ferramentas de limpeza urbana atuantes na cidade, englobando também atividades de educação ambiental desenvolvidas pela Prefeitura. Esse projeto introduziu a ferramenta dos Ecopontos, que consiste em dois tipos de recipientes para coleta de lixo, um de lixo comum, distribuído em paradas de ônibus, cruzamentos, sinais e logradouros públicos, com o objetivo de receber pequenos resíduos descartados pela população e outro tipo de recipiente para recebimento voluntário de lixo reciclável, distribuídos em todas as Regiões Político-Administrativas. Este projeto é importante pois toda cidade, ainda mais de grandes dimensões, como Recife, precisa de um modelo de tratamento dos resíduos gerados pela sociedade, segundo (PEDROSA et al., 2019), a inexistência de um modelo de tratamento em uma instituição de resíduos possui como consequência a maximização dos impactos ambientais, além de não utilizar a oportunidade de gerar renda através da venda dos resíduos sólidos gerados pela instituição.

A Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos se tornou um desafio para os municípios, pois estes possuem a responsabilidade pela logística dos mesmos, sejam eles residenciais ou originados por outra atividade que possam ser caracterizados como domiciliares, como

os oriundos da limpeza pública urbana. A falta de parâmetros para acompanhar a gestão dos RSU, como por exemplo a qualidade dos métodos, contratação e intuito dos serviços realizados, estratégias e disposição final está relacionado à falta de informações oficiais vindas dos gestores e órgãos públicos, dificultando o acompanhamento do aproveitamento dessa gestão de RSU, em especial o projeto dos Ecopontos e de seus impactos ambientais, podendo o valor desse impacto ser positivo e negativo, onde todo projeto deve apresentar os impactos dos dois tipos. O impacto se diz positivo quando ele produz um resultado benéfico para um fator ambiental e o impacto negativo quando produz um malefício ao meio ambiente (TAVARES et al., 2018).

O presente trabalho visa analisar a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos através do projeto de redução, reutilização e reciclagem da prefeitura do Recife, o EcoRecife, visando identificar se as ações municipais impactam no volume destinado aos aterros, verificando se há manejo adequado para cada tipo de resíduo, cumprimento dos princípios preconizados pela PNRS tomando por base o engajamento do município, a sustentabilidade financeira do projeto, recuperação de materiais recicláveis e destinação destes resíduos, bem como os benefícios ao meio ambiente que o projeto proporciona. O trabalho deverá ser formatado para A4 (210 X 297 mm), seguindo a orientação de retrato (a orientação de paisagem não é permitida), limitado por margens superior de 2 cm, inferior de 2 cm, esquerda e direita de 3 cm. O cabeçalho presente neste modelo deve constar no artigo. O texto é justificado, espaçamento simples e entre parágrafos deixar 1 linha em branco, fonte Times New Roman, tamanho 12.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A geração e o descarte correto dos resíduos sólidos é uma grande problemática ambiental, do espectro regional a mundial. Isto pode ser explicado pela escassez dos recursos naturais, que estão sendo afetados pela disposição inadequada e pela ausência de espaços para acondicionar grandes volumes de resíduos, fruto do crescimento urbano acelerado. (MOREIRA; ALMEIDA; PEREIRA, 2018). Por isso, se faz necessário o conhecimento acerca do tema para um manejo adequado e gestão eficiente, tendo como resultados esperados destes a minimização do impacto ambiental provocado pela geração dos resíduos sólidos.

2.1. RESÍDUOS SÓLIDOS

A PNRS (BRASIL, 2010) define resíduos sólidos como

“material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”.

Já a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da Norma Brasileira (NBR) 10.004 (ABNT, 2004), define resíduos sólidos como

“resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”.

No contexto nacional, se busca um desenvolvimento constante dos processos produtivos aliados ao consumo desenfreado e sem conscientização, isso se dá devido a crença de que os recursos naturais são inesgotáveis, tendo como resultado o avanço da economia, mas em contrapartida repercute no aumento da geração de resíduos sólidos urbanos (CORNÉLIO et al., 2018). Na PNRS, os Resíduos Sólidos Urbanos englobam os resíduos domiciliares, isto é, aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas, juntamente com os resíduos de limpeza urbana, que podem ser os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, bem como de outros serviços de limpeza urbana (BRASIL, 2010). Bringhenti (2004) também define os resíduos sólidos urbanos, chamados de lixo urbano, como os resíduos coletados pelo serviço de coleta regular da municipalidade, incluindo-se o resíduo domiciliar, de varrição e comercial, os quais podem ser encaminhados para disposição final em aterro sanitário.

2.2. GESTÃO DE RESÍDUOS

Para nortear qualquer projeto que vise o manejo adequado de resíduos sólidos, é necessário que eles sigam a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, sendo a gestão integrada de resíduos sólidos (BRASIL, 2010, Art. 7º, inciso VII) um de seus objetivos. Essa gestão, segundo a PNRS, é o “conjunto de ações voltadas para solucionar o problema dos resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2010). Marchese (2011 apud SILVA et al., 2018) afirma que essa política pode ser considerada como marco regulatório de resíduos sólidos, dando bases para o desenvolvimento social, ambiental e econômico, uma vez que propõe que o lixo deixe de ser problema para ser gerador de novas riquezas e negócios.

Segundo Silva et al. (2018), o conhecimento das características dos resíduos sólidos serve de alicerce para estabelecimento de estratégias, gestão e gerenciamento adequados destes, podendo assim ser estruturada uma política eficaz de coleta, reciclagem, destinação e tratamento. É importante ressaltar a existência de uma hierarquia nos quesitos de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, priorizando redução de desperdícios e

aproveitamento viável de materiais, como a reciclagem, sendo apenas os rejeitos destinados aos aterros sanitários (MARCUCCI, BORGES, 2021).

Monteiro, Silva e El-Deir (2020 apud ARAÚJO et al., 2021), afirmam que a ausência de uma gestão adequada dos resíduos sólidos em países emergentes provoca impactos negativos à saúde e ao meio ambiente, agravando ainda mais as desigualdades socioeconômicas e geração de gases do efeito estufa. Por isto a gestão dos resíduos apresenta caráter multidimensional, considerada temática complexa e ampla, que envolve problemáticas de saúde pública, possuindo também valor social, econômico e ambiental (OLIVEIRA et al., 2021).

A PNRS estabeleceu a condição da criação dos Planos de Resíduos Sólidos (PRS) em diversos níveis de poder para possibilitar o recebimento dos recursos financeiros da União para ações voltadas à gestão dos resíduos sólidos. Assim, o governo do estado de pernambuco confeccionou o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), no qual estabeleceu metas para suas chamadas Regiões de Desenvolvimento (RDs), e, em efeito cascata, a região de maior expressividade na geração de RSU, a RD Metropolitana (RDM), criou o seu PRS, com suas próprias metas visando a adequação às metas estaduais e nacionais (PERNAMBUCO, 2012; 2018).

2.3. COLETA SELETIVA

O gerenciamento adequado da cadeia produtiva pode influir positivamente na redução da geração de resíduos e deve incluir também a reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos, por fim deverá ser feita a disposição final ambientalmente adequada, apenas dos materiais considerados como rejeitos (OLIVEIRA et al., 2021).

A coleta seletiva é um dos instrumentos da PNRS, e pela lei nº 12.305/2010 é definida como “coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição”. Em âmbito estadual, a coleta seletiva é o recolhimento diferenciado de resíduos sólidos, previamente selecionados nas fontes geradoras, com o intuito de encaminhá-los para reciclagem, compostagem, reuso, tratamento ou outras destinações alternativas (PERNAMBUCO, 2010, Art. 2º, inciso III). Em relação ao termo, Bringhamti (2004) fala que esta é a etapa da coleta de materiais recicláveis encontrados em resíduos sólidos urbanos posterior a separação na fonte geradora, seguindo para o acondicionamento e apresentação para coleta em dias e horários pré-determinados, ou mediante entrega em Postos de Entrega Voluntária, em Postos de Troca, a catadores, a sucateiros ou a entidades beneficentes.

É importante citar que, principalmente nos dias de hoje, é necessária uma parceria entre a gestão pública e os catadores, uma vez que esses indivíduos contribuem diminuindo a quantidade de resíduos descartados no aterro sanitário e mitigando o impacto ambiental causado pelo descarte inadequado desses. Além da melhoria da qualidade de vida dos catadores, os quais passarão a trabalhar em condições mínimas de saúde e segurança (ARAÚJO et al., 2018).

A coleta seletiva se configura em um processo de educação ambiental, no qual não só o meio ambiente é beneficiado como também a sociedade, tendo em vista que, é uma forma de potencializar a coleta de resíduos já realizada para a preservação da qualidade sanitária, observando esta atividade em seu viés econômico/social. (CORNÉLIO et al., 2018). Esse processo, juntamente ao transporte e disposição final dos resíduos são elementos que fazem parte do cotidiano das cidades, sendo sua execução indispensável, pois a não regularidade da coleta ocasiona diversos impactos ambientais (PEREIRA; COSTA, 2017).

2.4. PROJETO ECORECIFE

O projeto EcoRecife foi lançado com objetivo de melhorar a coleta de resíduos na cidade do Recife e, como consequência, sua destinação adequada. O projeto abrange grande parte da estrutura de política e física relacionada à limpeza urbana da cidade e, também, atua na área da educação ambiental para aperfeiçoar e incentivar o manejo dos resíduos por parte dos cidadãos (RECIFE, 2021).

Para atingir seus objetivos, o EcoRecife criou equipamentos para promover o adequado descarte de resíduos, são eles: Ecopontos, Ecobikes, Ecomotos, Ecofrota e Ecoestação. Os Ecopontos possuem duas modalidades, os Ecopontos de Lixo Comum, que são recipientes de porte menor distribuídos estrategicamente pelas ruas para captação de pequenos resíduos, e os Ecopontos de Lixo Reciclável, recipientes que possuem um porte maior e que recebem diversos resíduos recicláveis.

As Ecobikes, por sua vez, são bicicletas itinerantes, operadas por garis, que possuem uma cesta traseira com capacidade para carregar até um metro cúbico de resíduos. A atuação das Ecobikes é periódica, ocorrendo a sua circulação nas ciclofaixas aos domingos, coletando o conteúdo dos Ecopontos de Lixo Comum. As Ecomotos são, na verdade, triciclos que também possuem cestas traseiras, porém, com capacidade superior a da Ecobike e com função diária de recolher resíduos domiciliares em localidades cujo acesso dos tradicionais caminhões de coleta não é viável.

Os tradicionais caminhões de coleta de resíduos compõem a Ecofrota, os veículos da Coleta Domiciliar possuem o compactador de lixo, diferentemente dos de Coleta Seletiva, que possuem apenas o baú. Ambos os veículos circulam pelas vias da cidade em dias e horários programados pela empresa responsável, limitando-se ao volume de cem litros por dia por residência. A Coleta Seletiva acontece uma vez a cada sete dias e possui o objetivo de direcionar o material reciclável coletado nas residências para as cooperativas de catadores da cidade.

Em 2013, o município de Recife regulamentou para uso próprio unidades de recebimento de resíduos sólidos oriundos de pequenos geradores, sob responsabilidade operacional da Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (Emlurb), as chamadas Ecoestações. Posicionadas em localidades estratégicas, os pontos de entrega voluntária (PEVs) podem

receber resíduos volumosos, da construção civil, domiciliares e recicláveis, sendo todas as quantidades especificadas no decreto nº 27399/13 (RECIFE, 2013).

As ações educativas do projeto, que objetivam conscientizar a população, são executadas pela Emlurb juntamente com uma Assessoria Socioambiental (ASA), cujas atividades são: esquetes teatrais, debates e palestras, oficinas de reaproveitamento e implantação de coletas seletivas em mercados públicos. Ainda, ambas promovem a ação “Meu Bairro eu Também Limpo”, que reúne moradores e lideranças de bairros detentores de pontos identificados como críticos de descarte irregular de lixo, renovando o espaço visando ressignificá-lo para a comunidade local.

3. METODOLOGIA

O presente artigo possui caráter exploratório e descritivo. Exploratório por visar explicitar o problema proporcionando maior familiaridade com o assunto em questão (GIL, 2017) e descritivo, por expor características do fenômeno estudado, podendo estabelecer correlações entre as variáveis sem o compromisso de explicar os fenômenos descritos, mas servir de base para tal (VERGARA, 2004). Para a construção do trabalho, foram utilizados dados secundários.

Na fase exploratória, para a coleta de dados, fez-se uso do levantamento bibliográfico e documental, através de meios como relatórios públicos oficiais, consultas em sites online e visitas a bases de dados públicas acerca de assuntos relacionados à temática de resíduos sólidos urbanos. Dentre as fontes utilizadas, citam-se as de maior relevância para a pesquisa, a base disponibilizada pela prefeitura da cidade em questão, o Portal de Dados Abertos do Recife (RECIFE, 2021), o site online do Projeto EcoRecife, relevância justificada pelas características dos dados.

Na fase descritiva, optou-se por explicar os dados coletados na fase anterior e relacioná-los com informações presentes na literatura científica para identificar os impactos das ações do projeto na gestão de RSU do município.

3.1. ÁREA DE ESTUDO

O município de Recife é a capital do estado de Pernambuco e está localizada na Região Nordeste do Brasil. Detentora de uma população estimada de aproximadamente 1.653.461 pessoas (IBGE, 2020) distribuídas em 94 bairros (RECIFE, 1997), com densidade demográfica de cerca de 7.039,64 hab/km² (IBGE, 2010), a cidade possui um Produto Interno Bruto (PIB) de 31.994,38 reais (IBGE 2018) e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,77 (IBGE, 2010).

Segundo os dados apresentados pelo Plano de Resíduos Sólidos da Região de Desenvolvimento Metropolitana de Pernambuco – PRS RDM/PE (2018), a geração de resíduos sólidos urbanos em Recife, tomando como referência o ano de 2014, foi de

836.840 toneladas. Levando em consideração a população urbana do ano referido – 1.586.245 habitantes -, a média per capita de geração de RSU é de 1,45 kg/dia x hab.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi analisado o diagnóstico integrado do Plano Municipal de Saneamento Básico de Recife de 2018, documento esse que contém os dados mais atualizados sobre a situação das EcoEstações, com dados de 2015 a 2018. As 8 EcoEstações existentes na RMR foram analisadas, elas estão localizadas nos seguintes bairros: Campo Grande, Imbiribeira, Ibura, COHAB, Totó, Torre, Torrões e Arruda.

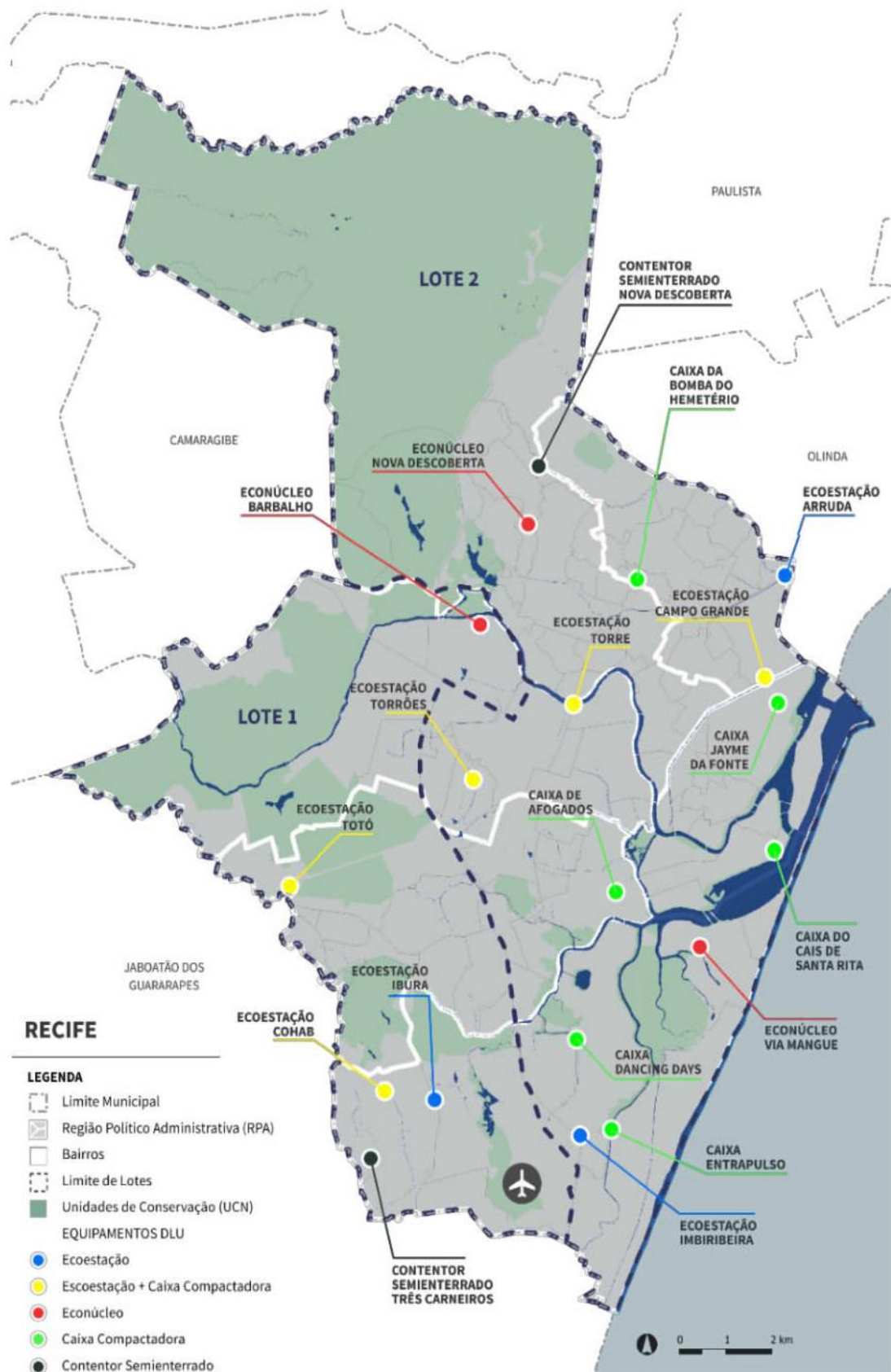
Infelizmente, percebeu-se falta de transparência e de atualização dos dados relativos às estações, dificultando a construção de uma base de dados forte para fins de quantificação e comparação. Segundo Barbosa et al. (2020), dentre as 80 pessoas do sexo masculino e feminino, na faixa etária de 18 até 40 anos, residentes em Recife entrevistadas apenas 27,5% conhecem o projeto, mas 72,5% ainda não têm conhecimento, enquanto no total de 52 pessoas entrevistadas do sexo masculino e feminino, na faixa etária de 18 até 40 anos, não residentes em Recife apenas 23,08% tem conhecimento do projeto.

Tabela 1. Toneladas de Resíduos Sólidos Coletadas por EcoEstação.

EcoEstação	Quantidade em t			
	2015	2016	2017	2018
Campo Grande	1932,78	1688,4	2891,96	986,25
Imbiribeira	2568,8	1719,92	3000,9	626,15
Ibura	1500,9	1409,5	1695,3	750,3
COHAB	615	836,75	781,8	210,6
Totó	489,3	667,99	673,5	242,7
Torre	1685,19	1625,8	2287,3	418,4
Torrões	1386,42	2515,6	1883,4	630,1
Arruda	283,9	2057,03	1543,5	868,25
TOTAL	10462,29	12520,99	14757,66	4732,75

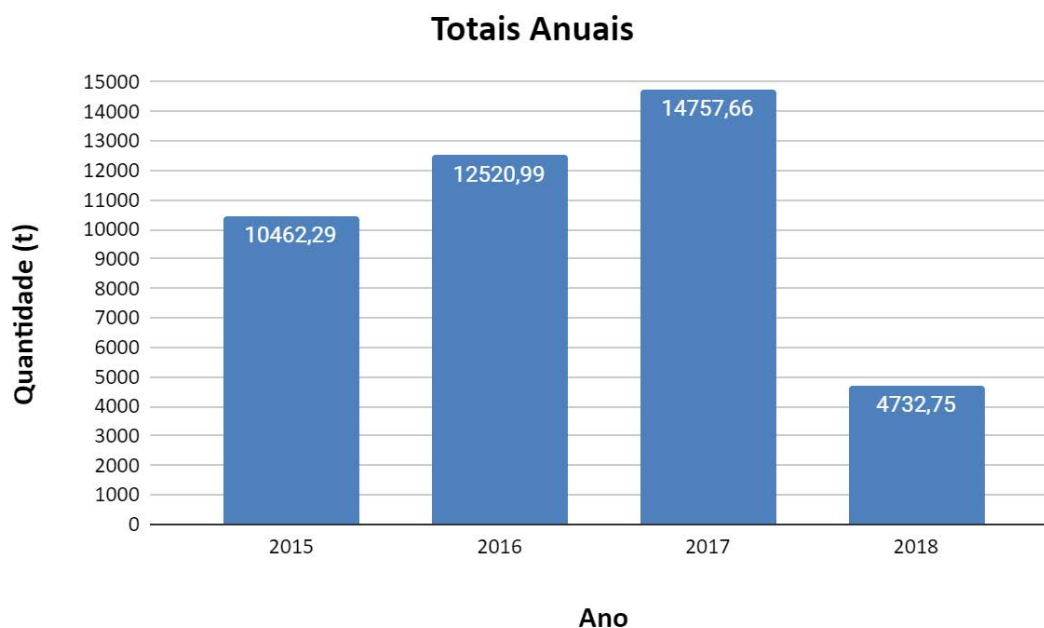
Os dados mostram que uma enorme quantidade de resíduos sólidos vem sendo coletada intermediada pelas EcoEstações, sendo de extrema importância saber como está se dando o transporte e destino final dessa matéria.

Figura 1. Mapa da Localização das EcoEstações, Econúcleos, Caixas Compactadoras e Contentores na cidade do Recife



Fonte: ENGENCOSULT (2018)

Figura 2. Quantidade total anual de resíduos recebidos pelas EcoEstações



5. CONCLUSÕES

O estudo identificou o esforço por parte da Prefeitura do Recife para se adequar às diretrizes das políticas relacionadas aos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), uma vez o projeto EcoRecife atende a redução da geração dos resíduos sólidos e o aumento da reutilização e reciclagem do que foi gerado, presente na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) como no Plano de Resíduos Sólidos da Região de Desenvolvimento Metropolitana do Recife (RDM-PE).

A estrutura de coleta de RSU pelo projeto EcoRecife demonstrou-se aceitável, pois há pontos de recebimento de resíduos estrategicamente distribuídos por todas as regiões da cidade, o que favorece o adequado manejo, uma vez que os resíduos podem ser ou coletados pelos veículos da prefeitura ou entregues pelos próprios cidadãos diretamente nos pontos específicos para cada tipo de resíduo. Quanto ao volume de RSU da cidade recebidos pelas EcoEstações, ele vinha crescendo de forma gradual, tendo o valor mais alto em 2017, porém houve uma queda abrupta no ano de 2018.

O estudo também identificou a falta de atualização dos dados relativos ao volume, destinação e composição dos RSU do município, visto que os dados mais recentes são do ano de 2018, o que impossibilita uma adequada realização de análise dos impactos do projeto EcoRecife, assim como da atual situação dos RSU da cidade como um todo. A falta de conhecimento da maioria da população recifense acerca do projeto se mostra preocupante, pois essa desinformação contribui ainda mais para a destinação incorreta dos RSU.

Por isso, se faz necessário uma fiscalização mais rígida quanto ao recebimento desses resíduos sólidos urbanos nos EcoPontos e sua destinação, bem como a divulgação desses números no site de dados abertos da prefeitura do Recife para mensuração do impacto do projeto no manejo de resíduos sólidos urbanos na cidade. A divulgação em massa sobre

o projeto EcoRecife é de suma importância, pois tornando os cidadãos mais conscientes sobre o tema, o manejo de RSU será mais eficiente, proporcionando assim uma cidade mais limpa.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma Brasileira 10.004 de 31 de maio de 2004. **Resíduos sólidos – classificação**. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ, 2004. Disponível em: <<https://analiticaqmcredutos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>>. Acesso em 30 de junho de 2021;

ARAÚJO, J. A. R.; GUEDES, F. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. I.; SANTOS, M. F. **Análise da Utilização de Sistemas Automatizados de Separação de Resíduos Sólidos Urbanos em Pernambuco**. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. **Resíduos sólidos: Gestão e tecnologia**. 1ª Ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 387-400;

ARAÚJO, K. K. S.; BASTOS, A. L.; SILVA, A. P. L.; PIMENTEL, A. K. S. **Política Nacional dos Resíduos Sólidos; Oportunidades e Desafios para o Município de Marechal Deodoro - AL**. In: MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O. **Resíduos sólidos: Gestão Pública e Privada**. 1ª Ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 79-91);

BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**, Brasília, DF, 2010;

BRINGHENTI, J.. **Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos: Aspectos Operacionais e da Participação da População**. São Paulo, USP – 2004. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-07122009-091508/publico/JacquelineBringheti.pdf>>. Acesso em: 05 de julho de 2021;

CORNÉLIO, M. N.; FREITAS, S. S.; SILVA, V. N.; ALMEIDA, W. K. P. **Análise da Gestão de Resíduos Sólidos na Associação de Catadores de Recicláveis de João Pessoa - PB**. In: MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O. **Resíduos sólidos: Gestão pública e privada**. 1ª Ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 292-304.;

COSTA, S. L.. **Aspectos jurídicos e ambientais da gestão de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Aracaju**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Sergipe, Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente. São Cristóvão, SE, 2011;

CUNHA, M. C.; BARBOSA, L. F.; LINS, R. R.; CEOLIN, A. C.; LIMA, Izabelli. **ANÁLISE DO IMPACTO SOCIOAMBIENTAL DO PROJETO ECORECIFE (REDUZIR, REUTILIZAR E RECICLAR)**. Congresso Internacional de Administração, Ponta Grossa, 2020;

ENGECOSULT. **Atualização do Plano Municipal de Saneamento Básico do Recife - Diagnóstico Integrado**. Disponível em: <http://transparencia.recife.pe.gov.br/uploads/pdf/Produto%20I%20-%20Diagnostico%20Integrado_5e3e6fa57cef72d480da542e7787ec4d.pdf>. Acesso em: 13 de julho de 2021.

EVANGELISTA, P. P. A.; SOUZA, H. H. S. ; TORRES, E. A. ; GONCALVES, J. P. . **Métodos de avaliação de impacto ambiental do ciclo de vida na construção civil**: Estudo de caso em edificação residencial. In: IV Congresso Brasileiro sobre Gestão pelo Ciclo de Vida (CBGCV), 2014, São Bernardo do Campo. Anais do IV Congresso Brasileiro sobre Gestão pelo Ciclo de Vida (CBGCV), 2014;

GIL, A. C.. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017;

GUTBERLET, J.. Grassroots waste picker organizations addressing the UN sustainable development goals. **World Development**, v. 138, p. 105195, 2021;

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/recife/panorama>. Acesso em 25 de maio de 2021;

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. 2010. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2010/inicial>>. Acesso em 25 de maio de 2021;

KAZA, Silpa; YAO, Lisa C.; BHADA-TATA, Perinaz; VAN WOERDEN, Frank. **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**. Urban Development;. Washington, DC: World Bank. © World Bank. 2018. Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>>. Acesso em 26 de junho de 2020;

MARCUCCI, J. C., BORGES, A. C. G. **Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos**: Viabilizador das Tecnologias da Indústria 4.0. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. **Resíduos sólidos: Gestão e tecnologia**. 1ª Ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 68-83;

MOREIRA, Y. W. N; ALMEIDA, A. B. B.; PEREIRA, C. M. C.; LOPES, I. K. C. **Panorama do Gerenciamento dos Resíduos Sólidos na Região Sudeste do Brasil**; Levantamento de Dados sobre Coleta e Disposição Final. In: MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O. **Resíduos sólidos: Gestão pública e privada**. 1ª Ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 346-359);

OLIVEIRA, M. F. G.; PRAGANA, R. B.; SILVA, K. C.; MONTEIRO, J. M. **Gestão dos Resíduos do Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco – CEASA/PE**. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. **Resíduos sólidos: Gestão e tecnologia**. 1ª Ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 277-290;

PERNAMBUCO, Secretaria das Cidades. **Plano de resíduos sólidos**: Região de Desenvolvimento Metropolitana de Pernambuco - RDM/PE. Secretaria das cidades, 2ed, Recife. Caruso Consultoria Jr., 2018. 108 p. Disponível em: <http://www.seduh.pe.gov.br/c/document_library/get_file?p_l_id=12899&folderId=134505&name=DLFE-340201.pdf>. Acesso em: 01 de junho de 2021;

PERNAMBUCO. Lei nº 14.236, de 13 de dezembro de 2010. **Política Estadual de Resíduos Sólidos**, Recife, PE, 2010. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/Lei%2014236;141010;20101229.pdf>. Acesso em: 14/07/2021;

PEDROSA, T. D.; DUARTE, A. D.; SILVA, J. A.; SILVA, G. L.; **Caracterização e Produção de Resíduos Sólidos Numa Escola do Agreste Pernambucano**. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. **Resíduos sólidos: Os Desafios da Gestão**. 1ª Ed. Recife: EDUFRPE, 2019 p. 155-163);

PEREIRA, U. A.; COSTA, R. C. **Resíduos sólidos urbanos na cidade de Manaus – AM**. In: EL-DEIR, S. G.; BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J. (Orgs.). **Resíduos sólidos: diagnósticos e alternativas para a gestão integrada**. 2ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 44-53;

RECIFE, Prefeitura do. **Ecorecife: vamos juntos reduzir, reutilizar e reciclar**. Recife, PE, 2021. Disponível em: <<http://ecorecife.recife.pe.gov.br/lixearas>>. Acesso em: 12 de julho de 2021;

RECIFE. Lei nº 16.293 de 3 de fevereiro de 1997. **Regiões Político-Administrativas do Município do Recife e dá outras providências**. Recife, PE, 1997;

RECIFE. Decreto nº 27.399 de 27 de setembro de 2013. **Regulamenta as unidades de recebimento de Resíduos Sólidos oriundos de pequenos geradores, no âmbito do Município do Recife**, Recife, PE, 2013;

SILVA, G. R.; CAVALCANTE, M. B.; ALVES, C. A. B.; OLIVEIRA, F. M. **Panorama dos Resíduos Sólidos Domiciliares Urbanos na Cidade de Riachão – PB**. In: MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O. **Resíduos sólidos: Gestão pública e privada**. 1ª Ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 373-382);

TAVARES, N. S. G.; OLIVEIRA, M. V. G.; CORDEIRO, R. B.; CARDOSO, M. F. M. **Avaliação dos Impactos Ambientais de uma Indústria de Plástico no Município de Gravatá-PE**. In: MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O. **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1ª Ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 34-52);

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

CAPÍTULO 4: DESTINAÇÃO FINAL

4.1 ESTADO DA ARTE DA DISPOSIÇÃO FINAL DE EMBALAGENS DE AGROTÓXICOS: UMA REFLEXÃO

SOUZA, Israel Vieira de
UNEB/IFBA
israel_cnbp@hotmail.com

MENEZES, Rosilda Alves Magalhães
UNEB/UNIVASF
rmenezes@uneb.br

SILVA, Tâmara de Almeida e
UNEB/UFPE
tasilva@uneb.br

RESUMO

Os resíduos sólidos são geradores de impactos à saúde planetária. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar o estado da arte da disposição final dos resíduos sólidos oriundos dos agrotóxicos utilizados no setor agrícola. Para a elaboração do estado da arte foram realizadas pesquisas em artigos com maior relevância acadêmica sobre resíduos sólidos de agrotóxicos publicados em *Web of Science* no período compreendido entre 2008-2020 cujos dados se referem a tratamento/reuso de embalagens de agrotóxicos, procedimentos, intervenções ou diretrizes no tratamento de embalagens de agrotóxicos. Os resultados mostraram, que o procedimento de tripla lavagem, apesar de consolidado como método eficiente, ainda necessita de melhoria. As falhas identificadas durante o processo de reciclagem podem ser corrigidas através de gestão compartilhada entre atores envolvidos no processo e os investimentos em treinamento e conscientização de agricultores se mostram necessário para garantir que o ciclo de reciclagem das embalagens de agrotóxicos mais eficiente e seguro. Conclusivamente, as pesquisas têm um papel de intervenção com vistas aos resultados e recomendações para a gestão dos resíduos sólidos, mas também de identificação dos protocolos aplicados.

PALAVRAS-CHAVE: Logística reversa, Resíduos sólidos, Pesticidas.

1. INTRODUÇÃO

O uso de agrotóxicos envolve riscos para saúde humana e meio ambiente com implicação para as populações de trabalhadores rurais devido ao contato direto e tempo de exposição desses trabalhadores em empresas do agronegócio, na agricultura familiar e camponesa, inclusive com potencial contaminante de alcance no entorno dos empreendimentos agrícolas ou industriais, onde comumente vivem familiares de trabalhadores. Segundo Oliveira & Camargo (2014), no âmbito da agricultura em larga escala (marcada pelo uso intensivo de tecnologias e agrotóxicos), se por um lado existe a possibilidade do atendimento da demanda por alimentos pela população mundial; por outro lado gera impactos negativos, a exemplo da geração de embalagens de agrotóxicos.

Os riscos de contaminação ocorrem em diferentes elos da cadeia produtiva da agricultura, tendo o seu início durante a compra do produto, sua armazenagem, seguidos do uso e descarte das embalagens vazias. Em relação ao descarte das embalagens vazias de agrotóxicos, vários estudos apontam o mesmo como um fator importante a ser estudado e levado em consideração, pois vários agricultores realizam o descarte das embalagens vazias de agrotóxicos de forma inadequada, queimando-as e descartando-as em rios, em lavouras e reutilizando para outros fins domésticos (BERNARDI, HERMES & BOFF, 2018; TAGHDISI et al., 2019), gerando risco de contaminação para os seres humanos, animais e meio ambiente. Nesse contexto, em 1990, através do Decreto nº 98.186, o Brasil estabeleceu parâmetros para destinação correta de embalagens de agrotóxicos (BRASIL, 1990). Em 2002 o Decreto 98.186 foi revogado pelo Decreto 4.074, onde em seu Capítulo IV, Seção II são definidas regras quanto a destinação final das sobras e embalagens dos agrotóxicos. Nessa Seção, a mudança significativa é a autorização para as empresas produtoras de agrotóxicos efetuarem a reutilização de embalagens, mediante aprovação dos órgãos federais (BRASIL, 2002). A logística reversa consiste em ações e procedimentos destinados a possibilitar a coleta e restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento ou destinação adequada (BERNARDI, HERMES & BOFF, 2018), realizada, principalmente, por centrais e/ou postos de coleta de embalagens vazias ligados ao Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inpEV).

No arcabouço jurídico, a aplicação da legislação ambiental, amparada na Política Nacional de Resíduos Sólidos-PNRS, Lei nº 12.305/2010, implica no descarte adequado das embalagens de agrotóxicos. Entretanto, a ausência da aplicabilidade e o cumprimento da lei nos processos de descarte dos resíduos geram impactos ao meio ambiente e aos envolvidos. Sendo assim, O objetivo deste estudo foi analisar o estado da arte da disposição final dos resíduos sólidos oriundos dos agrotóxicos utilizados na agricultura, e, assim, visibilizar, reflexivamente, o panorama dos riscos inerentes aos processos correlacionados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Desde 1970 os Estados Unidos da América (USA) utiliza o plástico como matéria-prima na construção das embalagens para agrotóxicos (MARNASIDIS et al., 2018). Os plásticos substituíram os materiais mais duradouros anteriormente utilizados (PICUNO

et al., 2019) e que não possuíam potencial de serem reciclados. Segundo Picuno et al. (2020) “as embalagens de agroquímicos são geralmente declarados como resíduos perigosos devido à presença de resíduos químicos após a aplicação”. Já em meados dos anos 90, Kells & Solomon (1995) afirmavam que as embalagens plásticas para armazenamento de agrotóxicos eram bem avaliadas, em relação a outros tipos, pois traziam alguns benefícios, tais como: menor risco de exposição, peso leve e durabilidade, mas não eram reutilizadas por causa dos riscos de contaminação.

Estudos anteriores realizados nos USA (Ohio, Nebraska e Missouri) indicam que mais de 40% dos agricultores queimavam as embalagens vazias de agrotóxicos (REED, et al., 2000), prática ainda realizada em muitos países, tanto desenvolvidos quanto em desenvolvimento.

Embora a aplicação de agrotóxicos aumente a produtividade agrícola, o seu uso intensivo frequentemente gera um conjunto de externalidades negativas, bastante documentadas na literatura especializada (IPEA, 2017). A geração de resíduos sólidos é causadora de múltiplos impactos, histórico e mundialmente, tendo:

O ser humano como responsável pela produção desde quando começou a viver em comunidades, que vem aumentando em escala acelerada e continua exigindo uma busca por ações que busquem sanar os problemas ambientais, especialmente os relativos aos resíduos sólidos para induzir uma melhoria na qualidade ambiental e de vida da população (BASTOS et al., 2020, p.13).

Em nível de Brasil, o marco legal ambiental tem como premissa a organização e a aplicabilidade da lei. Ambientalmente, as políticas públicas de gerenciamento dos resíduos sólidos cuja lei 12.305/2010 propõe a logística reversa, que é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. A questão dos resíduos sólidos no Brasil tem sido amplamente discutida na sociedade, a partir de vários levantamentos da atual situação brasileira e das perspectivas para o setor (LINS et al., 2017).

Nesse contexto, a agricultura intensiva dependente do controle de pragas, muitas vezes baseadas no uso de agrotóxicos de alta toxicidade, que promovem a acumulação de resíduos perigosos em muitas fases do manuseio dos agrotóxicos (DAMALAS, TELIDIS & THANOS, 2008). Dentre os resíduos considerados perigosos destacam-se as embalagens plásticas, que nem sempre possuem destinação adequada.

A gestão dos resíduos oriundos da logística reversa é de responsabilidade social, além de uma própria análise do gerenciamento (NUNES et al., 2019) busca por soluções na área de resíduos e reflete a demanda da sociedade que pressiona por mudanças motivadas pelos elevados custos socioeconômicos e ambientais.

Mesmo diante dos processos evolutivos, os resíduos de agrotóxicos são queimados a céu aberto, abandonadas nas lavouras e reutilizadas para fins domésticos (BERNARDI, HERMES & BOFF, 2018) contaminando o meio ambiente e colocando em risco a saúde do homem. Todavia, nos dias atuais, já é possível a reutilização de embalagens de agrotóxicos para produção de produtos para o campo, desde que passem por um protocolo de lavagem, para posterior destinação as empresas de reciclagem e seu retorno ao campo como um novo produto. Analiticamente, a logística reversa é reconhecida como parte da gestão de resíduos sólidos. Assim:

A logística reversa é um instrumento que pode funcionar como um dos meios indutores para o gerenciamento de resíduos e rejeitos de forma sustentável do ponto de vista ambiental, econômico e social; pois, possibilita a destinação e disposição adequada, a revalorização do que é passível de novo aproveitamento, além da participação de toda a sociedade na sua execução (RODRIGUES, LOPES & SILVA, 2018, p.3).

De acordo com Silva et al. (2018), a logística reversa é um mecanismo de peso que pode influenciar significativamente o setor produtivo, que vive em um contexto onde a soberania total e plena sobre o modo de produzir não é mais tão real, pois existem diversas pressões que as dirigem indiretamente. Esse mecanismo é visto sob uma perspectiva das abordagens práticas em educação ambiental, e, nesse sentido, a sua implementação é parte da Política Nacional de Resíduos Sólidos que depende do desenvolvimento de ações de educação ambiental para tornar a sociedade mais consciente e atuante em relação ao meio ambiente. Ambiente, que habilite os atores sociais à tomada de decisão para o desenvolvimento e sustentabilidade (AGUIAR, EL-DEIR & BEZERRA; CRUZ et al.; OLIVEIRA & SANTOS, 2017; ARAGÃO JÚNIOR, SANTANA & EL-DEIR, 2020). Sob a análise dos benefícios de uma gestão gerados com a utilização da logística reversa:

As preocupações com o meio ambiente e com a qualidade de vida das futuras gerações levaram as pessoas a procurarem alternativas para minimizar o desgaste ambiental causado pela vida moderna, dentro e fora das organizações. Nesse sentido, a logística reversa passou a despertar maior interesse dentro das empresas, como uma forma de auxiliar nessa minimização. Contudo, é importante ressaltar que a mesma é um desdobramento da Logística (RIBEIRO et al., 2018 p. 22).

3. METODOLOGIA

Durante o mês de março de 2021 foi elaborado o estado da arte acerca de resíduos sólidos oriundos de agrotóxicos publicados em e-books dispostos em bases de dados de plataformas digitais, além de publicações no banco de dados da Web of Science com maior relevância acadêmica no período compreendido entre 2008-2020, cujos dados se referem a tratamento/reuso de embalagens de agrotóxicos, procedimentos, intervenções ou diretrizes no tratamento de embalagens de agrotóxicos. As estratégias para seleção dos artigos, eixo norteador da pesquisa e os critérios de inclusão do estado da arte foram, previamente, estabelecidos para manter a coerência na busca dos artigos e evitar possíveis mudanças do viés. Para as análises e seleção dos estudos considerou-se os critérios de

inclusão (seleção da amostra, definição das informações dos artigos, análise dos resultados; discussão e apresentação dos resultados). Para organização dessas publicações utilizou-se dois quadros sinópticos (Quadro 1 e Quadro 2), com aspectos inerentes a intervenção do estudo, resultados, recomendações/conclusões. E, em seguida, os aspectos relacionados ao protocolo, recomendação e conclusão. Assim, a metodologia descritiva teve caráter facilitador para a aplicabilidade do leitor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Identificou-se que majoritariamente, os artigos buscaram identificar estruturas com finalidade de reduzir os efeitos dos resíduos oriundos da agricultura para o meio ambiente e saúde dos trabalhadores. No que tange aos processos de tripla lavagem, considera-se o mais utilizado e disseminado nos diversos trabalhos, inclusive apontado como eficiente (ERAS et al., 2017; PICUNO et al., 2019). Entretanto, a eficiência desse processo é questionada, seja devido à insuficiência de uma política de gestão adequada, conforme estudo por Marnasidis et al. (2018), seja pela falta de engajamento dos agricultores (DAMALAS, TELIDIS & THANOS, 2008; PICUNO et al, 2019) ou pela falta de treinamento para realizar a tripla lavagem (PICUNO et al.,2019).

O produtor rural torna-se ator de destaque nesse processo, visto que a reciclagem das embalagens se inicia com o produtor durante a tripla lavagem, cujas irregularidade durante os procedimentos interferem na cadeia de reciclagem, com possibilidade de contaminação nos demais elos. Picuno et al. (2020) ressaltam que, a tripla lavagem não elimina completamente a presença de agrotóxicos nas embalagens, sendo que essas concentrações, apesar de estarem abaixo dos limites de tolerância estabelecidos pela União Europeia, podem gerar efeitos negativos significativos para a saúde dos trabalhadores durante o processo de reciclagem mecânica, sugerindo uma nova lavagem antes desse processo. Além disso, atenção especial deve ser dispensada a água residual das lavagens, pois a mesma tem potencial de intoxicação humana e contaminação ambiental. Estudo realizado por Langley et al. (2017) descrevem programas ambientais na Carolina do Norte, Estados Unidos, com financiamento e treinamento para o processo de reciclagem de embalagens de agrotóxicos. Tais programas com potencialidade para eliminar e/ou reduzir a baixa aderência dos agricultores ao processo de reciclagem, são favoráveis à melhoria de resultados e redução dos riscos de contaminação.

No Iran, Bondori et al. (2019), a partir da experiência dos agricultores com o envolvimento nos processos de descarte adequado das embalagens de agrotóxicos, verificou que quanto maior o grau de instrução dos agricultores, maior o envolvimento e descarte adequado das embalagens. Em contrapartida, os agricultores com baixo nível de escolaridade apresentaram comportamentos inseguros com relação a eliminação dos recipientes. Esse comportamento, em muitos casos, está relacionado ao desconhecimento relativo aos efeitos negativos do descarte inadequado das embalagens (MARNASIDIS et al., 2018). Neste sentido é apresentado no Quadro 1, a sinopse com as intervenções, resultado e recomendações ou ainda as conclusões das distintas literaturas pesquisadas.

Quadro 1. Sinopse das pesquisas com resíduos sólidos de agrotóxicos.

INTERVENÇÃO DO ESTUDO	RESULTADO	RECOMENDAÇÃO/ CONCLUSÃO	REFERÊNCIA
Avaliar as práticas mais comuns em relação ao descarte de resíduos de agrotóxicos após o uso entre agricultores da área rural do Norte da Grécia.	Os agricultores geralmente mostram comportamento arriscado ao descartar resíduos de agrotóxicos após o uso, gerando um alto risco de contaminação ambiental.	Pulverização repetida da área tratada com a solução restante de pesticida; descarte das soluções remanescentes em áreas não cultivadas; Despejo de recipientes vazios pelo campo ou jogá-los perto ou dentro de canais e riachos de irrigação	Damalas, Telidis & Thanos (2008).
Descrever os vários programas de prevenção de lesões e doenças que abordam cada esfera de influência (política, universidades e associações, comunidade, fazendeiros, trabalhadores rurais e familiares).	Identificação de programas relativos à reciclagem de agrotóxicos envolvendo financiamento e treinamento; programa de coleta de agrotóxicos proibidos, desatualizados ou indesejados.	Não aplicável	Langley, Hirsch, Cullen, Allran, Woody & Bell (2017).
Desenvolver um procedimento para avaliar os resíduos de pesticidas numa variedade de matrizes poliméricas utilizadas para recipientes de pesticidas.	Baixa quantidade de agrotóxico recuperada e longe do limite máximo legal estabelecido pela União Europeia EU- para uma substância ser considerada altamente perigosa (0,1 g de pesticida/100 g de recipiente); existe uma variabilidade em relação a concentração do produto químico, pois alguns produtos reagem com o polímero das embalagens.	Considerando os atuais limites legais estabelecidos pela UE para os agrotóxicos, a reciclagem das embalagens poliméricas que continham pesticidas é viável após a tripla lavagem.	Eras, Costa, Vilarò, Pelacho, Canela-Garayoa & Martin-Closas (2017).
Estimar os índices de geração de recipientes vazios de agrotóxicos para formação de política de gestão desses resíduos.	A gestão recente de recipientes vazios de agrotóxicos é ineficaz.	Os programas-piloto de recolhimento devem começar a partir do cultivo de algumas culturas, e., g., legumes produzidos em estufa e árvores de fruto, que geram grandes quantidades de resíduos.	Marnasidis, Stamatelatou, Verikouki, & Kazantzis (2018).
Descrever o procedimento de descontaminação realizado à escala piloto na Itália, avaliando a sua eficácia do ponto de vista jurídico e da reciclabilidade do material.	A técnica de tripla lavagem dos recipientes garante a sua descontaminação; para algumas combinações pesticida/polímero, a quantidade significativa de pesticida que persiste dentro do polímero poderia ser libertada mais tarde durante a	Todos os recipientes lavados na estação piloto AgroChePack sob supervisão foram descontaminados de acordo com os limites de resíduos não perigosos estabelecidos pela legislação, enquanto que os triplos lavados por agricultores sob sua	Picuno, Godosi, Kuchta & Picuno (2019).

	reciclagem ou reutilização;	própria responsabilidade (ou seja, fora da estação piloto) foram apenas parcialmente descontaminados.	
Investigar como os agricultores eliminam os resíduos de agrotóxicos na área de Moghan, no Iran, e os fatores que influenciam o seu comportamento.	O envio de recipientes para reciclagem ou para centros de abastecimento de agrotóxicos teve a frequência mais baixa; quanto mais experiente o agricultor, maior a consciência ambiental.	Os agricultores inquiridos revelaram um comportamento inseguro em relação à eliminação de recipientes vazios de agrotóxicos e baixos níveis de consciência dos riscos dos agrotóxicos.	Bondori, Bagheri, Allahyari & Damalas. (2019).
Aprofundar a investigação de práticas de reciclagem de plástico envelhecidos no setor agrícola.	O procedimento de lavagem tripla foi eficaz na descontaminação, exceto em recipientes envelhecidos foi possível identificar concentrações de alguns tipos de agrotóxicos capazes gerar consequências significativas na fase de reciclagem mecânica para saúde dos trabalhadores, cujo material poderia ser reciclado em novos produtos para a agricultura.	O procedimento de tripla lavagem pode descontaminar os recipientes químicos; a lavagem realizada durante a reciclagem mecânica, provou-se viável como um procedimento adicional de descontaminação.	Picuno, Alassali, Sundermann, Godosi, Picuno & Kuchta (2020).

Apesar da tripla lavagem ser apontada como um processo eficiente para o procedimento de reciclagem de embalagens de agrotóxicos, verificou-se que há um maior risco, que está relacionado à aplicação dos agrotóxicos nas lavouras. As práticas aplicadas pelo agricultor devem ser revistas como uma solução da problemática de forma integrada. Na perspectiva da Política Nacional de Resíduos Sólidos, esse processo deve tomar como ponto de partida o princípio da responsabilidade compartilhada, incluindo “fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos na Logística Reversa dos resíduos e embalagens” (BRASIL, 2010, Art. 30).

Na percepção de Bastos et al. (2020), a busca por ações que objetivem sanar os problemas ambientais, especialmente os relativos aos resíduos sólidos, procuram induzir uma melhoria na qualidade ambiental e de vida da população por meio de ações a serem empreendidas para a não geração de resíduos, a minimização da geração, a reutilização, a reciclagem, o tratamento e a disposição final adequada. Nesta perspectiva, investimentos em treinamentos podem ser o caminho para resolver estes problemas, inclusive com investimentos a longo prazo, na educação de base. As usinas de reciclagem devem desenvolver ações com vistas à segurança e proteção do trabalhador, bem como evitar a poluição do ambiente onde está instalado. As cooperativas de agricultores podem desenvolver também planos de ações sustentáveis por meio de processos de coleta das embalagens. No entanto, a falta de fortalecimento aparente (políticas governamentais e interesse da sociedade) às entidades coletivas através de formação (continuada) e apoio financeiro são apontados como obstáculos pelas próprias organizações de agricultores

para o desenvolvimento do processo de reciclagem das embalagens, segundo Marnasidis et al. (2018). Para tanto, os protocolos de segurança do descarte de resíduos agrotóxicos foram descritos em diferentes estudos, que indicam os risco e limitação da tripla lavagem. (Quadro 2).

Quadro 2. Sinopse dos protocolos descritos em estudos resíduos sólidos de agrotóxicos.

PROTOCOLO	RISCO/ LIMITAÇÃO	REFERÊNCIA
Não definido	Poluição do meio ambiente.	Damalas et al. (2008).
Tripla lavagem/ enxague	Não identificado	Langley et al. (2017).
Tripla lavagem/ enxague	Para algumas combinações pesticida/polímero, a quantidade significativa de pesticida que persiste dentro do polímero pode ser libertada mais tarde durante a reciclagem ou reutilização.	Eras et al. (2017).
Tripla lavagem/ enxague	Falta de adesão dos agricultores.	Marnasidis et al. (2018).
Tripla lavagem/ enxague	Embora os ingredientes ativos investigados não tenham riscos documentados para a saúde, podem esperar-se consequências significativas. Pode esperar que os possíveis contaminantes subsequentes sejam transferidos para a água de processamento e, potencialmente, para a reciclada.	Picuno et al. (2019).
Tripla lavagem/ enxague	Comportamento do agricultor	Bondori et al. (2019).
Tripla lavagem/ enxague	Não é eficiente para todos tipos de agrotóxicos.	Picuno et al. (2020).

Dados da pesquisa (2021).

As iniciativas da sociedade voltadas à destinação final de resíduos de agrotóxicos adequada são colaborativas para as ações ambientais sustentáveis. Em 2001, com atuação em março de 2002, foi criado o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inpEV) com intuito de tornar viável o processo de logística reversa, além de atuar juntamente com órgãos públicos na conscientização de agricultores sobre o processo. A gestão integrada de resíduos sólidos se dá por meio de ações conjuntas da sociedade, e neste processo de logística reversa de resíduos de agrotóxicos, o gerenciamento dos resíduos de seus derivados é a medida mais eficiente de controle de contaminação por agrotóxicos como descrito por Damalas, Telidis & Thanos (2008).

Em uma perspectiva do aumento de produção residual, para a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais-ABRELPE (2020, p. 40), “é possível projetar uma geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) crescente no país para as próximas décadas, que resulta em uma curva ascendente ao longo de 30 anos. Até 2050, o Brasil observará um aumento de quase 50% no montante de RSU, em comparação ao ano base de 2019.

Em linhas gerais, a logística reversa faz parte das Operações Verdes, no que se refere aos aspectos de coleta, localização e distribuição, conforme citado por Barbieri et al. (2014, p.17). Para a PNRS, a área infectada é o local onde há contaminação causada pela disposição, regular ou irregular, de quaisquer substâncias ou resíduos, e apesar dos estudos apontarem para uma certa segurança relativa ao processo de tripla lavagem, ainda

persistem riscos, visto que o processo depende da manipulação dos agricultores que em geral e de forma desassistida de conhecimento técnico, fazendo com que os resíduos de agrotóxicos permaneçam nas embalagens, mesmo após a tripla lavagem, além dos resíduos provenientes das atividades agrícolas.

Desse modo, as reflexões de responsabilidade e prática sustentáveis acobertadas, legalmente, são partes dos processos produtivos, capazes de reduzir as contaminações causadas por resíduos de agrotóxicos em seres humanos e natureza com consequentes perdas de qualidade ambiental, planetariamente. Rodrigues, Lopes & Silva (2018, p. 18), entendem que “as tendências das pesquisas sobre logística reversa convergem para a necessidade de atenção ao manuseio das embalagens de agrotóxicos, uma vez que os efeitos das substâncias contidas nos recipientes podem se espalhar na natureza, transcendendo as fronteiras da área demarcada para sua aplicação e causando danos à saúde das pessoas e ao meio ambiente”. Corroborando, o estado da arte, aqui apresentado, com o conhecimento dos distintos estudos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O procedimento de tripla lavagem, apesar de consolidado como método eficiente no processo de remoção de parte dos agrotóxicos, ainda carece de melhoria. As falhas identificadas durante o processo de reciclagem podem ser corrigidas, desde que haja um sistema de gestão de resíduos eficiente e envolvimento dos atores (agricultores, fabricantes, governo e lojas de agrotóxicos).

O investimento em treinamento e conscientização de agricultores se mostram necessários para garantir que o ciclo de reciclagem das embalagens de agrotóxicos se torne mais eficiente e seguro. As pesquisas têm um papel de intervenção com vistas aos resultados e recomendações para a gestão dos resíduos sólidos, mas também de identificação dos protocolos aplicados frente aos riscos e/ou limitação da logística reversa de resíduos agrotóxicos das atividades econômicas do setor agrícola e precisam ser contínuos e ampliados para uma melhor compreensão, considerando os seus riscos à produção de alimentos, à saúde dos agricultores, meio ambiente e, conseqüentemente, ao planeta.

6. REFERÊNCIAS

AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. & BEZERRA, R. P. L. (Orgs.). **Resíduos sólidos: abordagens práticas em educação ambiental**. 2ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p.208.

ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; SANTANA, R. F. & EL-DEIR, S. G. (Org.) **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade** (Org.) El-Deir. – 1ª ed. Recife: EDUFRPE: Gampe, 2020. p. 460-468.

ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; SANTANA, R. F. & EL-DEIR, S. G. (Org.) **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade** (Org.) El-Deir. – 1ª ed. Recife: EDUFRPE: Gampe, 2020. p. 479.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS-ABRELPE.2020. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. Disponível em <:https://abrelpe.org.br/panorama-2020/> Acesso em: 11 de abril de 2021.

BARBIERI, J. C.; SOUSA FILHO, J. M. de; BRANDÃO, C. N.; DI SERIO, L. C. & REYES JUNIOR, E. Gestão verde da cadeia de suprimentos: análise da produção acadêmica brasileira, **Revista Produção Online**, 2014, Florianópolis, SC, v.14, n. 3, p. 1104-1128. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v14i3.1674>

BASTOS, A. L.; GAMA, J. A. da S.; SILVA, D. L. N. & SILVA, T. R. Impactos antrópicos e avaliação físico-química de trecho do Rio Estiva, Marechal Deodoro –AL. In ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; SANTANA, R. F.; EL-DEIR, S. G. (Org.) Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade (Org.) El-Deir. – 1ª ed. Recife: EDUFRPE: Gampe, 2020. p. 460-468.

BERNARDI, A. C. A.; HERMES, R. & BOFF, V.A. Manejo e Destino das Embalagens de Agrotóxicos. **Perspectiva**, Erechim, v. 42, n. 159, p.15-28, 01 set. 2018. Trimestral. Disponível em: http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/159_719.pdf> Acesso em: 05 de jan. 2020.

BONDORI, A.; BAGHERI, A.; ALLAHYARI, M. S. & DAMALAS, C. A. Pesticide waste disposal among farmers of Moghan region of Iran: current trends and determinants of behavior. **Environ Monit Assess** 191, 30 (2019). <https://doi-org.ez357.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10661-018-7150-0>

BRASIL. **Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002**. Disponível em : http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4074.htm#art98. Acessado em 7 de jan de 2020.

BRASIL. **Decreto nº 98.816, de 11 de janeiro de 1990**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D98816.htm. Acessado em 7 de jan de 2020.

BRASIL. **Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 02 ago. 2010.

CRUZ, O. B.; GURGEL, V. P.; MOURA, N. M. C. & MAIA, C.V. A. Percepção ambiental dos discentes do instituto federal de educação, ciência e tecnologia do Ceará, Campus Limoeiro do Norte. In: AGUIAR, W. J.; EL-DEIR S.; G., R.P. L. B. (Orgs.). **Resíduos sólidos: abordagens práticas em educação ambiental**. 2ª Ed. Recife: EDUFRPE, 2017.208 p.26-33.

DALBÓ, J.; FILGUEIRAS, L. A. & MENDES, A. N. Effects of pesticides on rural workers: hematological parameters and symptomological reports. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s.l.], v. 24, n. 7, p.2569-2582, jul. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232018247.19282017>

DAMALAS, C. A.; TELIDIS, G. K. & THANOS, S. D. Assessing farmers' practices on disposal of pesticide waste after use. **Science of the total environment**, v. 390, n. 2-3, p. 341 345, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.10.028>

ERAS, J.; COSTA, J.; VILARÒ, F.; PELACHO, A. M.; CANELA-GARAYOA, R. & MARTIN-CLOSAS, L. Prevalence of pesticides in postconsumer agrochemical polymeric

packaging. Science of the total environment, 580, 1530-1538, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.139>

GERASSI, P. V. M. Manual de destinação final de embalagens vazias de produtos fitossanitários. 2010. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/residuos/Manual%20de%20Destinacao%20de%20Residuos%20Fitosanitarios.pdf>. Acesso em 13 de abr. 2021.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada IPEA. **Agrotóxicos no Brasil:** Padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória. Brasília. Rio de Janeiro: Ipea, 1990 ISSN 1415-4765. 2019. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9371/1/td_2506.pdf> Acesso em: 11 de abril de 2021.

Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias-INPEV. 2001. Disponível em:<<http://inpevcampolimpo.org.br/sobre-o-inpev/>>. Acesso em: 11 de abril de 2021.

KELLS, A. M. & SOLOMON, K. R. Dislodgeability of pesticides from products made with recycled pesticide container plastics. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 28, n. 1, p. 134-138, 1995. <https://doi.org/10.1007/BF00213978>

LANGLEY, R.; HIRSCH, A.; CULLEN, R.; ALLRAN, J.; WOODY, R. & BELL, D. North Carolina state agencies working to prevent agricultural injuries and illnesses. *Journal of agromedicine*, v. 22, n. 4, p. 358-363, 2017. <<https://doi-org.ez357.periodicos.capes.gov.br/10.1080/1059924X.2017.1353468>> Acesso em 23 de março de 2021.

LINS, E. A. M.; MARTINS, A. G. R.; SILVA, B. R. & SILVA, C. F. B. D. S. **Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados na rua do lazer:** estudo de caso na universidade católica de Pernambuco. In: AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G.; BEZERRA R. P. L. (Orgs.). **Resíduos sólidos:** abordagens práticas em educação ambiental. 2.^aed. Recife: EDUFRPE, 2017. 208 p.5-14.

MARNASIDIS, S.; STAMATELATOU, K.; VERIKOUKI, E. & KAZANTZIS, K. Assessment of the generation of empty pesticide containers in agricultural areas. **Journal of environmental management**, v. 224, p. 37-48, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.07.012>

NUNES, N.; SILVA, I. L.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. & SILVA, I. L. (Orgs.) **Resíduos sólidos: os desafios da gestão.** 1.^a. ed. - Recife: EDUFRPE, 2019. 320 p.

OLIVEIRA, A. L. & CAMARGO, S. G.C. Logística reversa de embalagens de Agroquímicos: identificação dos determinantes de sucesso. **Interciencia**, vol. 39, n. 11, pp. 780-787. 2014. ISSN: 0378-1844.

OLIVEIRA, J. S. & SANTOS, J. M. W. M. S. **Educação ambiental:** uma ferramenta de transformação e conscientização na Escola Rosa Maria Paulina da Fonseca, Marechal Deodoro – AL. In: AGUIAR, W. J.; EL-DEIR S.; G., R.P. L. B. (Orgs.). **Resíduos sólidos:** abordagens práticas em educação ambiental. 2.^a Ed. Recife: EDUFRPE, 2017.208 p.83-91.

PICUNO, C.; ALASSALI, A.; SUNDERMANN, M.; GODOSI, Z.; PICUNO, P. & KUCHTA, K. Decontamination and recycling of agrochemical plastic packaging waste. **Journal of hazardous materials**, v. 381, p. 120965, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.120965>

PICUNO, C.; GODOSI, Z.; KUCHTA, K. & PICUNO, P. Agrochemical plastic packaging waste decontamination for recycling: Pilot tests in Italy. **Journal of agricultural engineering**, v. 50, n. 2, p. 99-104, 2019. <https://doi.org/10.4081/jae.2019.958>

REED, S. D.; GRISSO, R. D.; WOLDT, W. E. & NIEMEYER, S. M. Waste assessment of agricultural chemicals, petroleum products and maintenance residuals on farmsteads. **Applied Engineering in Agriculture**, v.16, n.2, 175.2000. doi: 10.13031/2013.5070

RIBEIRO, A. R. B.; SANTOS, M. V. do N.; LIMA, T. L. A. & OLIVEIRA, S. A. Análise dos benefícios de uma gestão sustentável gerados com a utilização da logística reversa. In: SILVA, R. C. P., SANTOS, J. P. O., MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular.** / – 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. 536 p.18-30.

RODRIGUES, M. A.; LOPES, J. B. & SILVA, E. A. Logística reversa de embalagens de agrotóxicos. **Campo-território: Revista de geografia agrária**, v. 13, n. 31, p. 280-302.2018. Doi: 10.14393/rct133112

SILVA, A. I. F. & SOUZA, D. B. Percepção de consumidores de São Luís – MA quanto à Logística reversa. In: **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade.** Organizadores. - 1. ed. – Recife: EDUFRPE: Gampe, 2020. 479 p.

SILVA, A. M. B.; RIBEIRO, A. R. B.; SANTOS, M. V. N. & LIMA, T. L.A. **Impactos ambientais, sociais e econômicos da logística reversa;** uma revisão bibliográfica. In: SANTOS, João Paulo de O.; SILVA, R. C.P.; MELLO, D.P.; EL-DEIR, Soraya Giovanetti. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais.** 1ª ed. - Recife: EDUFRPE, 2018. 579 p186 -197.

TAGHDISI, M. H., BESHELI, B. A., DEHDARI, T. & KHALILI, F. Knowledge and practices of safe use of pesticides among a group of farmers in northern Iran. **The international journal of occupational and environmental medicine**, v. 10, n. 2, p. 66, 2019. doi: 10.15171/ijoem.2019.1479

4.2 COMPOSTAGEM APLICADA AO TRATAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS EM UMA EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE BELÉM/PA

ARAÚJO, Silvio Levy Franco
EMBRAPA
silvio.araujo@embrapa.br

CORDEIRO, Débora Reis
UEPA
deborareis1805@hmail.com

CALDAS, Ágata Maise de Jesus
UEPA
agatamaise2@gmail.com

LIMA, Fernanda Costa de
UFRA
limaufra@gmail.com

RESUMO

A compostagem é muito utilizada para tratamento de Resíduos Sólidos Orgânicos (RSO). Diante disto, o objetivo deste trabalho foi utilizar a compostagem como forma de tratamento de RSO gerados por um restaurante de uma empresa de pesquisa agropecuária de Belém, PA. Este estudo foi realizado no núcleo de responsabilidade socioambiental da empresa, no período de 2016 a 2020. A metodologia consistiu na construção da composteira, coleta de Resíduos Sólidos Orgânicos Úmidos (RSU) e Secos (ROS) e montagem das leiras de compostagem. Os RSU foram coletados e pesados durante os anos de 2017 a 2019. A média de resíduos orgânicos gerados por mês nos anos de 2017 a 2019 foram respectivamente: 198,59 kg/mês (agosto a setembro); 135,21 kg/mês (abril a dezembro) e 116,44 kg/mês (janeiro a novembro com exceção de setembro). Não houve geração de odor e efluente líquido até a saturação do composto, a qual ocorreu ao fim de 9 meses, além disso, o processo dispensou reviramento. O tratamento aplicado nos RSO do restaurante foi eficaz e evitou seu despejo no para o aterro sanitário de Marituba, além de servir como adubo orgânico para o cultivo de culturas junto ao núcleo de responsabilidade socioambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos, aterro controlado, composto orgânico.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil como um país agrícola tem um consumo exacerbado de produtos alimentícios por conta disto há uma grande geração de Resíduos Sólidos Orgânicos (RSO), que são em sua maioria direcionados para lixões e aterros sanitários controlados. O modelo econômico vigente é caracterizado pelo consumismo, o que intensifica os problemas que estão relacionados com a problemática da destinação de RSO (SILVA; ALMEIDA, EL-DEIR, 2019).

Relatório da associação brasileira de empresa de limpeza pública e resíduos especiais de 2016 destaca que a população brasileira apresentou crescimento de 0,8% entre os anos de 2015 e 2016, no entanto a geração per capita de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) registrou queda aproximadamente 3% no mesmo período com geração total de chegando a 214.405 t/dia.

A lei federal nº 12.305 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual determina as responsabilidades dos geradores, do poder público e os instrumentos econômicos aplicáveis sobre a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos. Conforme o projeto de lei 2289 de 2015, todos os lixões deveriam ser desativados até julho de 2018, para capitais e regiões metropolitanas se adequarem, porém, o prazo foi estendido até 2019, no entanto esta ainda não é uma realidade.

A norma brasileira regulamentadora 15.849 de 2010 da associação brasileira de normas técnicas define aterro sanitário de pequeno porte como: “aterro sanitário para disposição no solo de RSU, até 20 t/dia ou menos, quando definido por legislação local, em que, considerados os condicionantes físicos locais, a concepção do sistema possa ser simplificada, adequando os sistemas de proteção ambiental sem prejuízo da minimização dos impactos ao meio ambiente e à saúde pública.

No Pará, para atender à PNRS as divisões administrativas dos municípios entraram em comum acordo, determinando que o aterro controlado seria localizado no município de Marituba, localizado no Km 18,63 da BR 316 de coordenadas geográficas 1°23'49.01"S 48°20'14.27", o qual recebe diariamente quase 2 mil toneladas de resíduos domésticos gerados na região metropolitana de Belém (VASCONCELOS JUNIOR; CORREA, 2017).

Segundo Castelo *et al.* (2017), apesar do passo importante dado pela capital do Pará, direcionando seus RSU para o aterro sanitário de Marituba, o centro de triagem que realiza a separação do material reciclado e o orgânico não foi concluído, desta forma, todos os resíduos são despejados no aterro, o que impacta diretamente no envio excessivo de material ao único aterro sanitário da região.

Diante das exigências da lei, a empresa de pesquisa agropecuária lançou em 2009 sua política ambiental com a criação de um núcleo de responsabilidade socioambiental, dando início à implantação do plano de gerenciamento de resíduos sólidos, fundamentado na

política dos 3Rs: Reduzir, Reutilizar e Reciclar (MENDES, 2019). Uma das tecnologias trabalhadas no local é a compostagem em pequena escala, denominada compostagem doméstica e em grande escala, denominada compostagem comercial, que consistem no tratamento e transformação de resíduos orgânicos gerados por domicílios ou empresas em composto orgânico, dando uma destinação adequada para esses resíduos, que podem ser comercializados ou utilizados para o cultivo de diversas culturas.

A produção de composto orgânico a partir do resíduo doméstico e rural consiste nas fases de tratamento físico e posteriormente tratamento biológico, sendo a primeira etapa onde ocorre a separação dos resíduos, distinguindo os materiais recicláveis ou rejeitos, seguindo apenas aos materiais orgânicos para a próxima etapa, tratando-se da técnica de compostagem (SENA *et al.*, 2019). Ainda segundo os autores a etapa biológica é caracterizada pela decomposição aeróbica do material, o que exige cuidados no processo de degradação.

A compostagem é um método muito utilizado para o tratamento de RSO de origens vegetal e animal, processo que ocorre por ação de microrganismos decompositores que libera calor, água e gases, tendo como resultado um composto que é semelhante ao solo (denominado adubo orgânico) e um efluente líquido (denominado chorume) (VELHO *et al.*, 2021)

Após o tratamento do chorume, este pode gerar impactos positivos no solo ao ser utilizado para agricultura, uma vez que não contém produtos químicos, agrega matéria orgânica, aumenta a oferta de nutrientes, promover a fertilização dos solos e ciclagem de nutrientes, melhora a capacidade de troca de cátions e a quantidade de microrganismo (micro e meso fauna) (CASTRO; OLIVEIRA, 2017).

O processo de compostagem requer componentes indispensáveis como a resíduos úmidos, que são fonte de nitrogênio para o processo, e os resíduos secos, que funcionam como fonte de carbono. Segundo Oliveira (2008), a dimensão das partículas dos materiais é uma característica fundamental, pois a decomposição inicia-se junto à superfície das partículas, onde exista oxigênio difundido na película de água que as cobre, e onde o substrato seja acessível aos microrganismos e às suas enzimas extracelulares.

Segundo Kiehl (2002), o acompanhamento da relação Carbono (C):Nitrogênio (N) durante a compostagem permite conhecer o andamento do processo, pois quando o composto atinge a semicura, ou bioestabilização, a relação C:N se situa em torno de 18/1, e quando atinge a maturidade, ou seja, transformou-se em produto acabado ou humificado, a relação C/N se situa em torno de 10/1. Quanto a aeração, segundo Oliveira (2008), o processo de oxigenação é necessário e fundamental, pois, a oxidação biológica do carbono dos resíduos orgânicos é de vital importância para a produção de energia necessária aos microrganismos que realizam a decomposição, dentre eles, os principais são actinomicetos, bactérias e fungos.

Segundo Kiehl (2002), deve se manter o composto sempre úmido o suficiente para garantir a proliferação dos microrganismos decompositores, com o cuidado para não elevar demais os níveis de umidade, pois pode ocasionar processos de decomposição anaeróbicos. O comportamento da temperatura altera-se à medida que ocorre a compostagem, e a temperatura deve se manter dentro da faixa ótima do processo. A atividade microbiológica atinge alta intensidade, provocando a elevação da temperatura no interior das leiras, chegando a valores de até 65°C-75°C. Sendo assim, a pilha deve ser revirada aos 15 e 30 dias, ou todas as vezes que a temperatura no interior da pilha for superior a 60 °C (D'ALMEIDA; VILHENA, 2000).

Objetivo deste trabalho foi utilizar a compostagem como forma de tratamento de RSO gerados pelo restaurante de uma empresa de pesquisa agropecuária localizada em Belém, PA.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

Esta pesquisa foi realizada no período de 2016 a 2020 no núcleo de responsabilidade socioambiental da empresa de pesquisa agropecuária, localizada no município de Belém, PA, de coordenadas geográficas 1°4'36.06''S e 48°4'49.42''W, conforme mostra o mapa da Figura 1. O núcleo de responsabilidade socioambiental funciona como um espaço de mobilização e integração das comunidades interna e externa a partir do uso de tecnologias sociais geradas pela empresa de pesquisa e parceiros, viabilizando a capacitação de agentes multiplicadores, promovendo ações que propõem geração de trabalho, renda e qualidade de vida nas comunidades em seu entorno (ANDARDE, 2013).

Figura 1. Mapa de localização do núcleo de responsabilidade socioambiental dentro da empresa de pesquisa agropecuária.



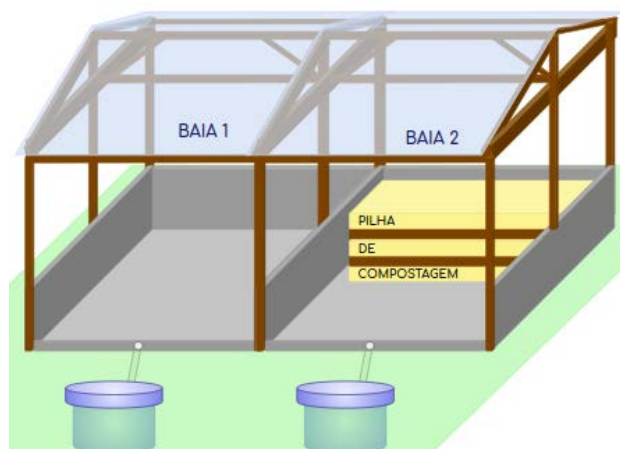
Esta pesquisa possui caráter bibliográfico e exploratório de campo, pois foi realizada pesquisa sobre as técnicas de compostagem a fim de utilizá-las no processo de tratamento

dos resíduos do restaurante da EMPRAPA. O tipo de compostagem abordada neste estudo foi a compostagem em larga escala (ou comercial), para isto, foi construída uma estrutura onde foram aplicadas as técnicas de compostagem, utilizando-se, de forma geral, os resíduos gerados pelo restaurante da empresa de pesquisa, além de resíduos de poda doadas pela concessionária de energia local.

2.2. Construção da estrutura (composteira)

A construção do pátio de compostagem, ocorreu no início de 2016, onde foi realizado o aproveitamento de uma estrutura de madeira coberta com lona plástica e chão de terra batida. A escolha do local e da estrutura se deu pela proximidade do restaurante estando localizada dentro da área do núcleo de responsabilidade socioambiental, o restaurante tinha uma distância de 30 metros da sede do núcleo de responsabilidade socioambiental. A estrutura (Figura 2), possui dimensões de 8x8 metros, totalizando 64m², em duas divisórias de 4 x 8m, denominadas “bairas”, além de muretas laterais de 1 metro de altura, estrutura de madeira e cobertura de lona plástica transparente, de estufa, de 150 micra. O piso foi concretado, planado e impermeabilizado, possuindo declividade, entre o início e fim da baia de 2cm para facilitar o recolhimento de possível efluente gerado, o qual seria recolhido por uma caixa d’água de 150 litros.

Figura 2. Representação do pátio de compostagem e bairas.



A finalidade da construção da estrutura levou em conta o aproveitamento total dos resíduos trabalhados e a adequação de condições edafoclimáticas para a melhor desenvolvimento dos agentes biológicos e conseqüentemente do processo de decomposição dos resíduos. Nessa estrutura foi providenciada uma cobertura, para proteção contra chuvas e a incidência direta de sol, evitando o retardamento do processo; Sistema de aeração com respiradouros, muretas que facilitam a acomodação dos resíduos; Sistema hidráulico acoplada a uma caixa d’água, que recebe o possível efluente líquido (denominado Chorume) do processo. Foi adicionada uma bombona para recepcionar e fermentar esse efluente após ser coletado da caixa d’água.

2.3. Componentes para compostagem

Os Resíduos Orgânicos Úmidos (ROU), foram obtidos a partir da separação, coleta e pesagem dos RSO produzidos pelo restaurante da empresa de pesquisa agropecuária, que ocorreram no período de 2017 a 2019, apenas nos dias em que havia geração de resíduos no restaurante. Os resíduos foram coletados, acondicionados em um recipiente com tampa e pesado por um funcionário do núcleo de responsabilidade socioambiental, e pesador utilizando-se uma balança digital de mão da marca TOMATE® modelo STC-01 para aferir os valores.

Os Resíduos Orgânicos Secos (ROS) foram obtidos a partir de uma parceria com a concessionária de energia do Pará, a qual passou a entregar semanalmente resíduos de podas triturados, retirados das galhadas de árvores que crescem sobre a fiação elétrica da cidade de Belém. Estes resíduos foram depositados nas proximidades do núcleo de responsabilidade socioambiental e possuía textura porosa, o que permite a absorção de líquidos e aeração da pilha de compostagem, melhorando o processo.

A formação das pilhas foi iniciada no ano de 2017, montando-as no interior da estrutura montada (composteira). Foi disposta inicialmente uma camada de ROS, seguido de uma camada de ROU (após coleta e pesagem deste) incorporando-se acima desta pequena quantidade de um inóculo, ou seja, uma fonte de microrganismo, responsável pela aceleração do processo de decomposição da matéria orgânica, composta de esterco de ruminante. Por fim, acrescentou-se uma camada de material seco de cobertura para proteger a pilha.

Neste estudo, em relação a pilha de C:N da compostagem, iniciou-se as ações com a relação de 18:1 e finalizou-se com a relação 5:1 para avaliar o tempo de saturação da composteira e acelerar o processo de compostagem, devido a grande quantidade de material úmido. As proporções de C:N e formas de oxigenação foram modificadas para a realização de testes no qual buscou-se a melhor forma de realizar a compostagem nos resíduos do restaurante, ou seja, inicialmente, um processo lento, que não necessitasse de reviramento constante, não gerasse mau odor e nem efluente e posteriormente um processo mais rápido com geração de efluente.

Nos anos de 2017 e 2018, respectivamente, primeira e segunda experiência da composteira, foi utilizada a proporção C:N de 18:1, inicialmente com tubulação de oxigenação inseridas antes da disposição dos resíduos para compostagem. Posteriormente a pilha ficou em repouso, sem reviramento deste, sendo sua superfície coberta com material triturado seco doado pela concessionária de energia, para que ocorresse o processo de pré-decomposição dos resíduos, devido a criação de condições (microclima) para proliferação de microrganismos. Esse fato se deu inicialmente para aumentar a vida útil da composteira, uma vez que o objetivo desta era tratar os RSO gerados pela EMPRAPA, não destinando assim para o aterro controlado, para isso era necessário avaliar em quanto tempo ocorreria a saturação da composteira, em uma relação C:N alta.

Nos anos de 2017 e 2018 foi definido o tempo para que o processo chegasse à saturação. Após essa avaliação, que definiu 9 meses para saturação, fez-se o reviramento do composto, sendo aguardado mais 60 dias para sua utilização. No terceiro ano de compostagem, iniciada em 2019 ocorreu a redução da relação C:N para 5:1, com processo de reviramento mensal para a oxigenação da pilha, reduzindo o tempo final de fermentação do composto para 60 dias.

2.4. Umidade e temperatura

O controle da umidade foi feito a partir de pequenos orifícios na pilha de compostagem e pelas tubulações, nos dois primeiros anos. Nos casos em que foi constatada a falta de umidade no interior da leira de compostagem, ela foi levemente regada.

A temperatura na pilha de compostagem, deste estudo, foi aferida mensalmente, com o termômetro digital da marca Incoterm modelo 7424.02.0.00. Como esse fator não se mostrou limitante para o processo de compostagem, nenhuma medida foi tomada para seu controle e/ou manutenção. Destaca-se que o não aquecimento do composto pode indicar umidade em excesso, e em casos raros, falta d'água, o que pode interromper o processo de decomposição, dando a falsa impressão de que o composto está pronto.

Para averiguar se o composto estava pronto utilizou-se as características definidas por Albuquerque (2010), nas quais um composto orgânico, quando pronto, deve possuir as seguintes características: Cheiro agradável; Degradação física dos componentes macros, os tornando micros; Permite que seja moldado com as mãos; Coloração escura preta; Concentração de microrganismos, ativando a vida no solo, beneficiando a comunidade agrícola; e não deve apresentar calor, pois altos valores de temperatura, indicam que o processo de compostagem não está terminado.

Os valores da pesagem foram dispostos em tabela no software Excel para obter a quantidade média mensal de resíduo gerado pelo restaurante e encaminhado para a composteira, fazendo-se o uso de estatística descritiva. Os dias e meses em que não apresentam dados da pesagem, formam os dias em que não houve atividade no restaurante. É válido ressaltar que no ano de 2020 com o agravante do cenário pandêmico mundial causado pelo coronavírus, foi realizada somente revisão bibliográfica em busca de estudos para comparação de dados.

Os materiais utilizados desde a separação dos resíduos do restaurante até a chegada no pátio de compostagem encontram-se no Quadro 1. Vale ressaltar a importância do uso de equipamentos de proteção individual para trabalhos que envolvam resíduos orgânicos, de forma a garantir a saúde e bem-estar dos integrantes envolvidos no estudo.

Quadro 1. Materiais utilizados

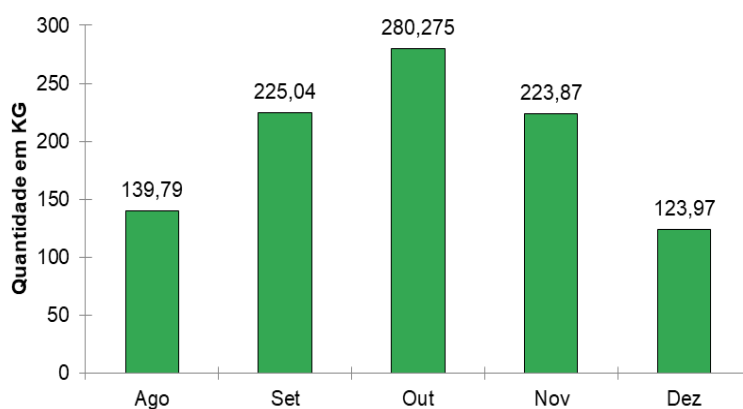
Área	Eixo
------	------

Balança de mão digital	Pesagem do material coletado
Carrinho de mão	Transporte dos resíduos até o pátio
Enxada	Realizar reviramento e abertura de buracos no composto
Garfo de cabo grande	Reviramento do composto
Lona plástica	Cobertura de leira de compostagem
Mangueira de jardim	Irrigação da pilha da compostagem
Pá	Colocar material seco na pilha
Sacos de lixo	Auxílio no transporte dos resíduos
Galochas	Proteção no manejo do material
Luvas	Proteção no manejo do material

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

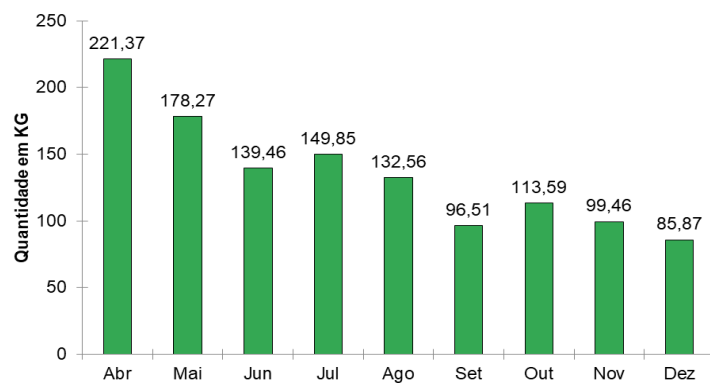
Em relação às pesagens do resíduo orgânico úmido, no ano de 2017, conforme o gráfico da Figura 2, no período de agosto a dezembro (cinco meses) foram direcionados para pátio de compostagem cerca de 993 kg de resíduos de alimentos, com uma média de média 198,59 kg/mês, observando-se maior produção de resíduos no mês de outubro e menor no mês de dezembro.

Figura 3. Média de resíduos coletados no período de agosto a dezembro em kg/mês.



Em 2018, durante o período de abril a dezembro (9 meses), conforme o gráfico da Figura 3, foram direcionados para o pátio de compostagem cerca de 1200 kg/mês de resíduos gerados pelo restaurante, com uma média de 135,21 kg/mês, com maior produção de resíduos no mês de abril e menor no mês de dezembro.

Figura 4. Quantitativo de Kg por mês em 2018 de resíduo do restaurante.



No ano de 2019, durante o período de janeiro a novembro, com exceção de setembro (10 meses), conforme o gráfico da Figura 4, foram direcionados para o pátio de compostagem cerca de 1165 kg/mês de resíduos gerados pelo restaurante, com uma média de 116,44 kg/mês, e maior geração de resíduos no mês de julho, e menor no mês de novembro.

Figura 5. Quantitativo de Kg por mês em 2019 de resíduo do restaurante.



Nos anos de 2017 e 2018, os resultados mostraram a geração de um composto que não exala odor e dispensa a necessidade de reviramento, onde, a relação C:N utilizada foi de 18:1, promovendo a saturação da composteira e início de liberação de efluente líquido, após 9 meses, apresentando valores mínimo de 42,9°C e máximo de 56°C.

Estudo de Rocha et al. (2020), que teve como objetivo a avaliar o potencial de compostagem dos resíduos sólidos por leiras aeradas de restaurante, assim como no presente estudo, indicou que este sistema é adequado para implantação de uma central de compostagem, a partir da fração orgânica dos resíduos sólidos do restaurante e utilizando-se a varrição do entorno da área do estudo dos autores.

Pesquisas de Stamm *et al.* (2019), Vieira *et al.* (2019), apontaram que o reaproveitamento dos resíduos orgânicos em composteiras, uma vez que existem diversas possibilidades e benefícios de seu uso associados com as questões de saúde pública e sustentabilidade.

Dois meses, após a saturação, o composto apresentou-se em conformidade com as características definidas por Albuquerque (2010), não apresentando valores de temperatura que alterassem a qualidade do composto.

Após a coleta e fermentação dos resíduos, a degradação da matéria orgânica transformada em composto se estabiliza e está pronta para ser usada como adubo orgânico em canteiros, plantações e/ou jardins. O material foi peneirado para separar os resíduos de maior e menor granulometria. Após o peneiramento, o produto, de menor granulometria, foi utilizado como substrato para produção de mudas, cobertura de solo e/ou misturados em pequenos canteiros e vasos. Já os resíduos de maior granulometria retornaram para a composteira.

5. CONCLUSÕES

A técnica de compostagem trabalhada, junto ao núcleo de responsabilidade socioambiental, mostrou-se eficaz na utilização da proporção de C:N de 18:1, não necessitando de reviramento, não gerando mau odor e efluente em seu processo, além de aumentar a vida útil de utilização da composteira, permitindo o seu uso, no recebimento de resíduos por 9 meses, até saturação da pilha, dispensando mão de obra para constante manutenção, necessitando, contudo, mais 60 dias para se concluir o processo de compostagem, por meio de revolvimento final da pilha.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais**. Panorama nos resíduos sólidos no Brasil - 2016. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br>>. Acesso em: 1 nov. 2017.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15849**: Resíduos sólidos urbanos – Aterro Sanitário de Pequeno Porte. Rio de Janeiro, 2010.

ALBUQUERQUE, T. C. S.; ARAUJO, S. L. F.; CRUZ, L. S. **Produção de Composto Orgânico para Uso em Hortas Periurbanas de Boa Vista, Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2011. 6 p.

ANDRADE, A. C. S. Núcleo de responsabilidade socioambiental da Embrapa Amazônia Oriental (NURES). **Inc. Soc.**, v. 6, jan. 2013.

BRASIL. **Lei nº. 12.305**. Diário Oficial da União, 02 ago. 2010.

CASTRO, A. H. M.; OLIVEIRA, E. M. Lixo orgânico: O reaproveitamento de resíduos alimentícios e os benefícios da compostagem para o meio ambiente. **NAWA**. v. 2, 2017.

CASTELO, R. S.; GÓES, S. S. O.; ANDRADE, V. M. S.; CORDEIRO, B. C. Resíduos destinados ao aterro sanitário de Marituba, região metropolitana de Belém-PA. **Anais**. VI Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia. Belém, 2017.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**, 2 ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba, 2002. 171 p.

MENDES, J. G. A.; **Avaliação da coleta seletiva realizada na EMBRAPA Amazônia Oriental**. 2019. 54 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019.

OLIVEIRA, E. C. A., SARTORI, R. H., GARCEZ, T. B. **Compostagem**. Piracicaba, São Paulo. 2008.

ROCHA, E. A.; LINS, E. A. M.; MELO, D. C. P.; SILVA, R. F.; FAUSTINO, A. M. C. Compostagem dos resíduos sólidos orgânicos de restaurante por leiras estáticas aeradas. **Sustentare**, v. 4, 2020.

SENA, L. M.; ARRUDA, J. F.; COSTA, F. R. S.; ALMEIDA, F. B. B.; BRITO, P. O. B.; GODIM, F. A. Compostagem e vermicompostagem como alternativa para tratamento e de destinação de resíduos orgânicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 14, 2019.

SILVA, K. A.; ALMEIDA, I. M. S.; EL-DEIR, S. G. Gerenciamento dos resíduos sólidos nos planos de manejo do arquipélago de Fernando de Noronha-PE. **Anais**. VI Encontro Brasileiro de Resíduos Sólidos.

STAMM, K.; NASZENIAK, T.; MOURA, J. F.; BATTISTI, S.; GARLET, T. B.; GRAICHEN, D. A. S.; TREMEA, E. SILVA, M. N. Diagnóstico, proposta e ações para implementação de composteira no restaurante universitário da universidade federal de Santa Maria, campus palmeira das missões. **Anais**. III Simpósio em saúde e alimentação da UFFS. Chapecó, 2019.

VASCONCELOS JUNIOR, M. R.; CORRÊA, R. S. Impactos socioambientais causados pelo aterro sanitário no município de Marituba-PA. **Anais**. II Seminário Nacional de Serviço Social, Trabalho e Políticas Sociais. Florianópolis, 2017.

VELHO, V. F.; STALOGH, E. S. K.; CAMPOS, A. A.; GODOI, J. R.; FLOHR, L.; PUERARI, R. C. Compostagem da fração orgânica de resíduos alimentares através de dois métodos de aeração naturais para a produção de um composto orgânico. **Brazilian Journal Of Development**. v.7. 2021.

VIEIRA, L. A. N.; RESPLANDES, H. M. S.; CAMPOS, A. C.; ANDRADE, L. M.; MALHEIROS, R. Estudo do aproveitamento de resíduos orgânicos provenientes de restaurante por meio da compostagem. **Anais**. X Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Fortaleza, 2019.

4.3 A IMPORTÂNCIA DA UMIDADE CONTROLADA NO USO DA VERMICOMPOSTAGEM PARA TRATAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

LINS, Eduardo Antonio Maia
IFPE / UNICAP
eduardomaialins@gmail.com

SILVA, Walter Santiago da
IFPE
waltersantiago777@gmail.com

NASCIMENTO, Diogo Silva do
IFPE
diogosilvanascimento20@gmail.com

SILVA, Camila Borges Lopes da
IFPE
borgescamilla@outlook.com

RESUMO

O termo compostagem refere-se à degradação da matéria orgânica e está associada com as estratégias que o homem criou para acelerar a decomposição, e produzir compostos orgânicos que sejam usados para atender suas necessidades. A adoção destes tipos de tratamento resulta na produção de fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo, evitando a erosão no solo e prolongando os efeitos da adubação. Implantou-se, no Instituto Federal de Pernambuco, um sistema de compostagem de pequeno porte utilizando baldes plásticos de 15L, contendo furos no entorno. Cada uma das 3 composteiras foi preenchida com resíduos orgânicos coletados e 37,5% de poda e outros 37,5% de serragem. A composteira a ser analisada neste estudo foi de vermicompostagem que estava exposta às condições climáticas. O monitoramento da composteira consistiu no estudo do pH, temperatura, umidade e nutrientes durante 120 dias. Os resultados, apontam que o pH médio foi de 8,0, temperatura média de 26C, umidade na faixa de 5 a 7%. Com este trabalho foi possível observar o comprometimento da eficiência do sistema de vermicompostagem no tratamento de resíduos orgânicos em função da falta de controle da umidade interna da leira.

PALAVRAS-CHAVE: Compostagem, Variáveis, Subproduto.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da consciência ecológica em diferentes camadas e setores da sociedade mundial acaba por envolver também o setor da educação, a exemplo das Instituições de Ensino. Ela exige, no âmbito institucional, a formulação de estratégias baseadas na educação ambiental que sejam eficientes e abrangentes, de modo a garantir um programa de gestão institucional voltado para uma óptica de proteção ao meio ambiente e desenvolvimento da percepção ambiental da própria instituição (TAUCHEN & BRANDLI, 2006).

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), de acordo com o que preconiza a instrução normativa nº 10, de 12 de novembro de 2012, estabelece as regras para elaboração dos planos de gestão de logística sustentável, de que trata o art. 16 do Decreto nº 7.746, de 05 de junho de 2012 e em consonância com a missão do IFPE. A partir da elaboração deste documento, todos os *campi* devem elaborar um plano de ação em prol da gestão mais sustentável no âmbito institucional. Atualmente, a instituição está desenvolvendo sua Política Ambiental, de modo a cumprir o que determina a legislação ambiental, estabelecendo instrumentos voltados para a minimização da geração de resíduos, eficiência energética, uso racional da água, compras sustentáveis e redução dos gastos públicos.

A compostagem é uma das técnicas mais vantajosas para países com grandes áreas agricultáveis, uma vez que o subproduto da compostagem, o composto orgânico, é um excelente condicionador de solos e fonte de nutrientes para as plantas.

Existe uma gama de literaturas que tratam do processo físico-químico-biológico da compostagem. Uma obra clássica tem como autor Kiehl (1985) que em fertilizantes orgânicos, traz, dentre outros assuntos, sobre a compostagem e os processos especiais de compostagem antes mesmo de pensar em surgir uma legislação específica. Artigos internacionais também trazem o tema compostagem em discussão. Vicentine et al., (2009) fazem uma revisão sobre a utilização de microrganismos benéficos no preparo da compostagem e que podem gerar uma maior concentração de nutrientes e fazer com que o processo seja mais rápido e eficaz, explicando também os conceitos básicos do processo de compostagem e como as características destes microrganismos podem influenciar o seu desempenho.

O presente artigo tem por objetivo geral avaliar a aplicabilidade da transformação dos resíduos sólidos orgânicos gerados na instituição a partir da vermicompostagem, avaliando seu desempenho em termos de pH, temperatura e umidade.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Conceito

De acordo com De Bertoldi, Vallini e Pera (1983), compostagem é um processo de decomposição biológica da matéria orgânica sob condições controladas de oxigênio, temperatura e umidade, onde vem a gerar um produto estável denominado composto ou adubo orgânico. Em relação aos dias atuais, trata-se de um conceito superado considerando que o pH e nutrientes também devem ser observados (LINS et al. 2018). Conforme a Norma Brasileira - NBR 13.591 (ABNT, 1996), a compostagem corresponde ao processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por microrganismos em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros desenvolvidos em duas etapas distintas: uma de degradação e outra de maturação. Em função da origem, os resíduos sólidos urbanos (RSU) são compostos de: resíduos domiciliares, resíduos comerciais e de serviços (grandes geradores) e resíduos de poda e varrição provenientes de limpeza pública (BRASIL, 2010a). Ressalta-se que o resíduo orgânico biodegradável é todo aquele que seja passível de uma fácil biodegradação.

2.2. Política

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei 12.305/2010) (BRASIL, 2010b) visa estimular mudanças no gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil, estipulando, por exemplo, o envio obrigatório de resíduos para reciclagem e compostagem. Como forma de disposição final, os aterros sanitários passaram a constituir a forma legalmente adequada.

A PNRS (BRASIL, 2010), apontou em sua versão preliminar como meta favorável para a região Sudeste redução até 2015 de 25% da parcela orgânica disposta em aterros sanitários, porém, tal meta ainda não foi cumprida atualmente. Este Plano menciona a implantação de unidades de compostagem e o aproveitamento da capacidade já instalada de usinas de compostagem. Segundo dados dos Diagnósticos do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos de 2015, as taxas de desvio dos resíduos orgânicos presentes nos resíduos domésticos e públicos para as unidades ou usinas de compostagem foram de 0,3% (BRASIL, 2015). A Comissão Europeia apresentou propostas para aumentar a reciclagem/reutilização de resíduos urbanos para 70% até 2030; eliminar progressivamente a disposição dos materiais recicláveis em aterros, incluindo os resíduos orgânicos; e reduzir a geração de resíduos de alimentos em 30% até 2025, além de introduzir a obrigatoriedade da coleta seletiva até 2020 (COMISSÃO EUROPEIA, 2015)

A PNRS (BRASIL, 2010) também cita estratégias descentralizadas e locais, como incentivo ao tratamento por compostagem domiciliar e suas modalidades e incentivo aos grandes geradores para que destinem áreas específicas em seus estabelecimentos para a prática da compostagem; sugere também a implantação de hortas escolares e utilização do composto na agricultura urbana.

2.3 Tipos de Compostagem

De acordo com Siqueira e Assad (2015), existem diferentes métodos para o tratamento dos resíduos orgânicos, alguns envolvendo aparatos tecnológicos, outros mais artesanais,

alguns direcionados para a reciclagem de grandes quantidades, outros mais vantajosos para o tratamento de pequenas quantidades. São elas:

2.3.1 Compostagem Centralizada

2.3.1.1 Usinas de Triagem e Compostagem (UTC)

São empreendimentos privados ou públicos, dotados de um pátio de recepção de resíduos; uma central de triagem que pode possuir, além da esteira de triagem, diferentes equipamentos para separação de rejeitos; pátio de compostagem; aterros para rejeitos; e de um sistema de tratamento de chorume (BARREIRA et al, 2005).

De acordo com Siqueira e Assad (2015), trata-se de uma modalidade cuja simplificação da forma de coleta aumenta a complexidade do tratamento eximindo a população da responsabilidade de mudar hábitos, concentrando a valorização dos resíduos em uma única central.

2.3.1.2. Usina de Adubo Orgânico (UAO)

Empreendimento que foca a fabricação de composto orgânico, recebendo apenas resíduos orgânicos limpos, visando a obtenção, no menor tempo e espaço possíveis, de produtos que atendam aos requisitos legais e que supram necessidades do solo e/ ou plantas.

2.3.2 Compostagem Descentralizada

Modelos descentralizados trazem a si o princípio da responsabilidade compartilhada, já que abrange empresas e pessoas físicas que têm responsabilidade jurídica desde a fabricação até o consumo de um produto (MACHADO, 2017).

2.3.2.1 Compostagem Institucional (ComI)

De acordo com Solino (2018), a compostagem, quando tratada a nível institucional, pode ser desenvolvida em instituição, pública ou privada, que tratam os resíduos orgânicos gerados internamente. E podem ser subgrupadas em experiências que ocorrem em órgãos públicos, empresas privadas e instituições de ensino e educação.

2.3.2.2 Compostagem Domiciliar (ComD)

De acordo com Siqueira e Assad (2015), corresponde àquela modalidade desenvolvida dentro de residências utilizando os resíduos gerados pelos próprios moradores. O composto produzido geralmente é utilizado localmente, em hortas e jardins residenciais. Conforme mencionado na metodologia, foram consideradas ComD apenas aquelas que constituíam programas de capacitação de moradores ou projetos de implantação de composteiras domésticas em uma determinada comunidade, abrangendo vários domicílios ao mesmo tempo.

2.3.2.3 Compostagem Comunitária (ComC)

Para Solino (2018), a compostagem dita comunitária é identificada como iniciativas desenvolvidas em bairros, vilas ou condomínios, que pressupõem o tratamento local de resíduos de cozinha e/ ou resíduos de poda que são, em geral, dispostos em leiras de compostagem localizadas em áreas comunitárias, espaços públicos, terrenos baldios ou mesmo dentro de instituições, sendo essencial a participação dos moradores.

2.4 Fatores que Influenciam na Compostagem

De acordo com Costa et al. (2015), os fatores que afetam “são aqueles que influenciam, direta ou indiretamente, a população variada de organismos necessária para a decomposição.” São eles:

2.4.1 Aeração

O arejamento do composto é fundamental para uma boa eficiência do processo, considerando que os microrganismos aeróbios precisam de oxigênio para efetuar seu metabolismo. Ainda de acordo com os autores “com abundância de ar a decomposição é mais rápida, controlada, evitando o excesso de temperatura e umidade, e o mau cheiro.” O arejamento pode ser realizado por revolvimentos manuais ou mecânicos e o fornecimento de oxigênio também pode ser feito por insuflação de ar (KIEHL, 1985).

2.4.2 Temperatura

Kiehl (1985) considera uma faixa ótima para a compostagem de 50 a 70°C sendo 60°C a mais indicada. Porém, para Fernandes (2015), a faixa ideal de temperatura para crescimento microrganismos mesófilos fica entre 25°C e 40°C. Segundo Russo (2003), temperaturas acima de 70 são consideradas desnecessárias e até desaconselháveis por longos períodos, pois limita o número de microrganismos que conseguem viver nela. Ainda de acordo com o autor, o excesso de temperatura também pode impedir a ação de enzimas, retardando a atividade dos microrganismos e, conseqüentemente o processo de compostagem.

2.4.3 Umidade

Segundo estudo desenvolvido por Pereira Neto e Lelis (1999), no início do processo o teor ideal é de 60%, se for abaixo de 30% é prejudicial, pois inibe a atividade microbiológica, e durante o processo a umidade não pode cair para 40%. Os autores ainda afirmam que elevados teores de umidade promovem a ocupação do espaço vazio com água, restringindo a ocupação do ar e a difusão do oxigênio. Por sua vez, Pereira e Gonçalves (2011) corroboram que 55% de umidade é o ideal no processo operacional de transformação de matéria orgânica em composto orgânico.

2.4.4 pH

De acordo com Kiehl (2002), nos compostos orgânicos, o pH deve estar acima de 6,0. Para a EMBRAPA (2010), as misturas devem resultar no pH médio entre 5,0 a 7,5, assim apresentam comportamento satisfatório para atividade microbiana. No início do processo, o pH atinge valores baixos, próximos a 5, próprio da ação das bactérias, e ao longo do processo com estabilização do composto vai atingindo valores entre 7 e 8 (CERRI, 2008).

2.4.5 Granulometria do material (Preparo prévio da matéria-prima):

Kiehl (1985) considera a dimensão das partículas característica fundamental para o bom andamento da compostagem, pois o tamanho delas irá definir a superfície de exposição para o ataque dos microrganismos. Quanto maior a superfície de exposição, menor a partícula da matéria orgânica e mais rápida será sua decomposição. No entanto, granulometrias demasiadas finas, < 2 mm, dificultam a aeração por facilitar a compactação, enquanto acima de 16 mm facilitam o arejamento natural (RUSSO, 2003). Então, deve-se encontrar um valor que considere a aeração e a superfície de exposição. Segundo Cordeiro (2010), as dimensões das partículas utilizadas na compostagem não podem ultrapassar 3 cm de diâmetro.

3. METODOLOGIA

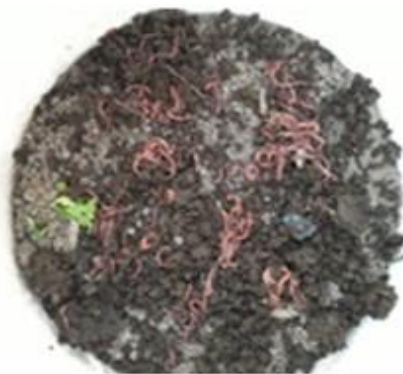
O IFPE - Campus Recife possui mais de 6 mil alunos em 78 cursos de diversas modalidades: técnico integrado, proeja, subsequente, tecnológico, licenciatura, bacharelado e pós-graduação; além de cerca de mais de 800 servidores. O sistema piloto de compostagem foi implantado sendo considerado do tipo institucional público aeróbio de pequena escala, de tal modo que o material utilizado para a implantação e monitoramento não necessitaram de grandes investimentos humanos e financeiros.

No presente estudo em questão, a separação dos resíduos sólidos orgânicos oriundos das lixeiras dos blocos da instituição em estudo, foi realizado em ação conjunta com os pesquisadores do projeto e funcionários da equipe de limpeza local. Após a separação na quantidade pré-determinada para os três reservatórios, os resíduos foram homogeneizados aos resíduos de podas e grama provenientes do Campus.

A implantação do projeto piloto foi baseada em três baldes plásticos de 25L contendo tampa e que foram perfurados (cerca de 3mm para passagem de ar), tornando o modelo de compostagem aeróbia. Para preenchimento dos baldes (composteiras), foram coletados materiais orgânicos oriundos do próprio Instituto, lançadas nas proporções indicadas para cada balde: resíduos orgânicos coletados, 37,5% de Poda e outros 37,5% de serragem. As composteiras diferenciavam-se basicamente quanto a sua exposição as variações climáticas, onde a primeira composteira continha minhocas (Vermicompostagem) e exposta as mudanças climáticas (Figura 1); a segunda estava exposta a condições climáticas, e a terceira não estava exposta as condições climáticas. De acordo com Mariagno et al., (2017), o uso da serragem, ao mesmo tempo em que permite absorver

umidade da massa de resíduos orgânicos, apresenta características que poderiam evitar a compactação dessa massa, melhorando a aeração da mesma e com isso favorecendo o processo. Ressalta-se que ela é encontrada em abundância nos armazéns e nas madeiras das proximidades da instituição. As serragens foram obtidas sem custo numa madeira da região, e ainda representou uma opção de destino adequado para tais resíduos. Para este estudo serão apresentados os resultados da vermicompostagem.

Figura 1. Vista de topo da vermicompostagem.



Para captação dos dados referentes aos atributos de umidade, temperatura e pH em cada composteira foi utilizado o “digital soil” (Figura 2) que permitiu aos pesquisadores rápida verificação dos dados, analisados diariamente. Também foi imprescindível a supervisão da relação carbono:nitrogênio (C:N) dos produtos iniciais, pois se trata de um indicador de como ocorrerá o processamento e maturação do composto em um produto humificado e se é passível ou não de ser utilizado na agricultura em larga escala e até mesmo em pequenas hortas de jardins residenciais. Os dados do monitoramento foram realizados no período de 02/11/2019 até 04/03/2020 cumprindo um intervalo de 120 dias. Logo após, iniciou-se a pandemia do coronavírus não sendo mais possível o acompanhamento.

Figura 2. Digital Soil.

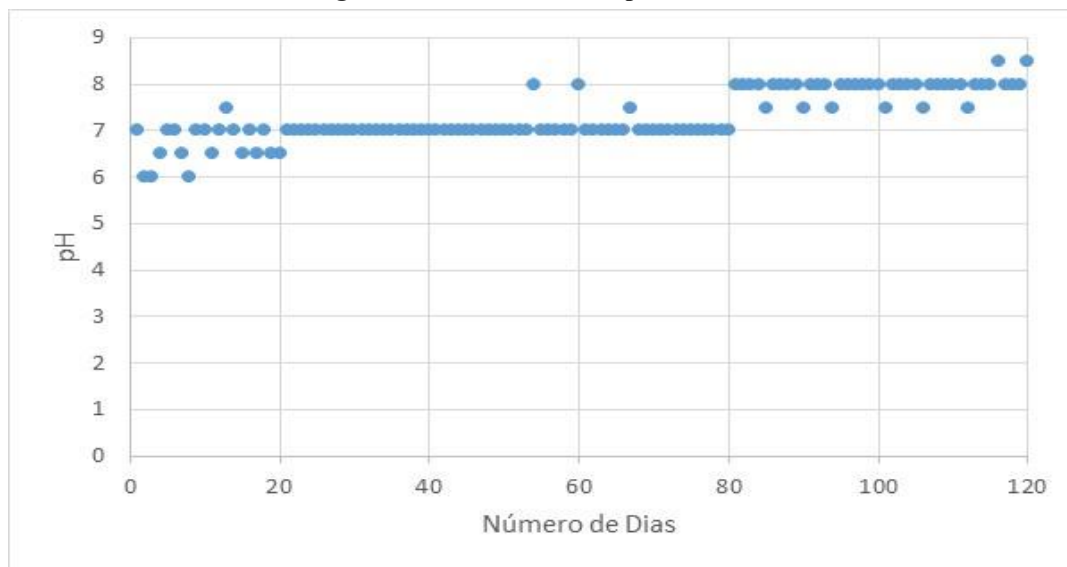


4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o monitoramento realizado na leira de vermicompostagem foram coletados dados relevantes para o desenvolvimento da análise. Como os parâmetros foco deste estudo foram pH, temperatura e umidade, a partir dos dados obtidos foi possível fazer afirmações

sobre o processo. A leira da Vermicompostagem, mesmo exposta as intempéries não sofreu grandes variações de pH, conforme Figura 3. Ressalta-se que o processo de compostagem pode ser desenvolvido sob uma ampla faixa de pH, entre 4,5 e 9,5, sendo que a ocorrência de valores extremos é ajustada pelos próprios microrganismos ativos no processo (PEREIRA NETO, 2007). Ressalta-se que este pH se aproxima ao valor final de um composto ligeiramente alcalino (situado entre 8 e 8,5), que pode apresentar uma excelente aplicação para a correção de solos ácidos, por exemplo.

Figura 3. Valores médio de pH encontrado.

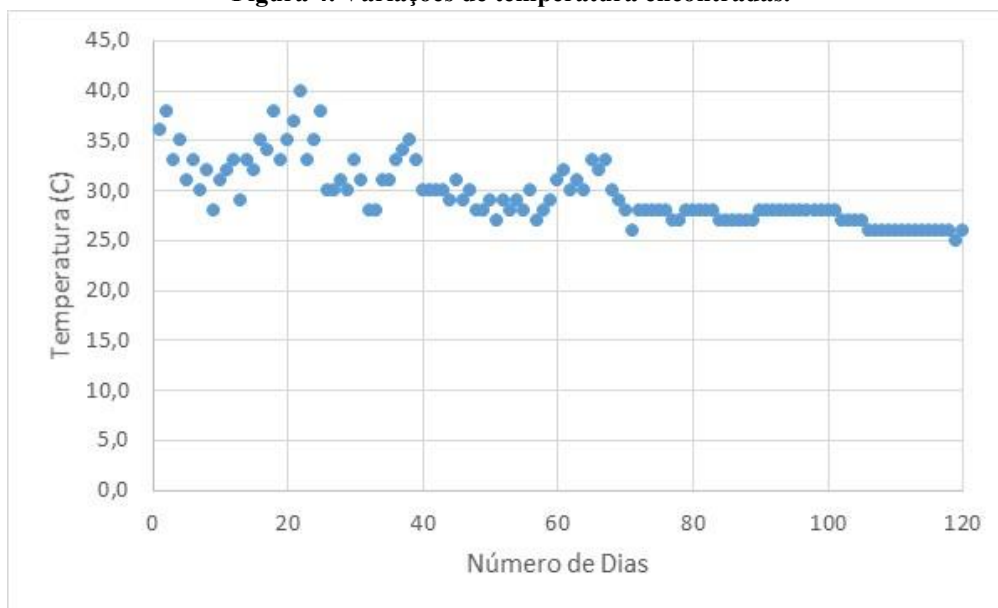


Conforme Figura 4, observou-se que a temperatura média ficou em 26°C, atingindo uma máxima de 41°C e uma mínima de 25°C Durante alguma etapa da compostagem a temperatura deveria ter aumentado devido à ação dos microrganismos atingindo um máximo de 70°C, fazendo com que muitos patógenos e plantas invasoras fossem destruídos. Mas isso não foi observado. Este resultado pode identificar redução dos benefícios e a baixa qualidade do composto orgânico produzido no instituto, além de demonstrar o comprometimento à biodegradação da matéria orgânica, e, com isso, o adubo gerado deve ter uma baixa eficiência na agricultura, podendo conter, inclusive, a presença de microrganismos patogênicos.

De acordo com Reis (2016), a compostagem ocorre em três fases: a inicial ou mesofílica, que dura poucos dias, onde a temperatura sobe a 40 - 50°C e o pH baixa e são metabolizados os componentes mais biodegradáveis da matéria orgânica; a intermédia ou termofílica, que dura de poucas semanas a alguns meses, a temperatura atinge 70°C ou mais, o pH sobe, os microrganismos termofílicos degradam a matéria orgânica até esgotar a fração mais facilmente degradável; e a fase de estabilização ou maturação, durante a qual se reduz a atividade microbiana, a temperatura diminui até à temperatura ambiente e os microrganismos mesofílicos recolonizam o meio (ZUCCONI & BERTOLDI, 1987). Porém, Lourenço (2010) afirma que temperaturas acima de 40 °C dizimam as minhocas e valores inferiores a 15°C diminuem o seu metabolismo. Temperaturas abaixo de 0°C congelam e matam as minhocas, visto o seu corpo ser constituído em sua maioria por

água. Certamente, com a temperatura média e mínima de 25°C, e, máxima de 32°C, as minhocas não sofreram nenhum comprometimento.

Figura 4. Variações de temperatura encontradas.



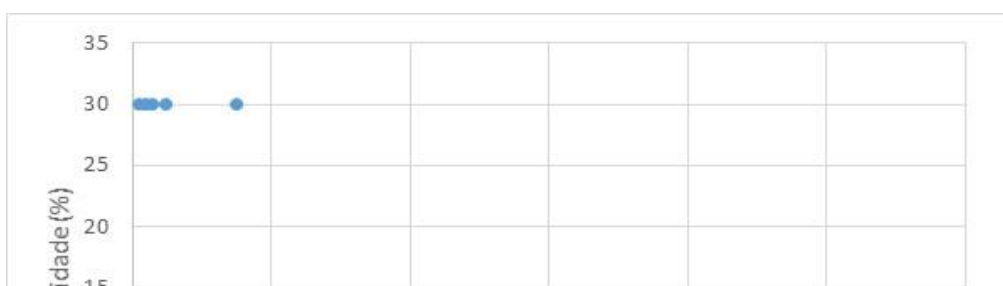
Quanto à análise de umidade, foi avaliada através de intervalos por conta da limitação do aparelho que traz todas as informações codificadas conforme Tabela 1. Para a Figura 5, do gráfico de umidade versus número de dias considerou-se a situação menos crítica, ou seja, que a umidade se encontrava sempre no maior patamar de seus intervalos.

Tabela 1. Relação display x umidade.

Display	Intervalo de Umidade
DRY +	Abaixo de 5%
DRY	5 – 10%
NOR	10 – 20%
WET	20 – 30%
WET +	Acima de 30%

A umidade apresentada, conforme Figura 5, variou de 0 a 30%, A faixa de umidade ótima para se obter um máximo de decomposição está entre 40 a 60%, principalmente durante a fase inicial, pois é necessário que exista um adequado suprimento de água para promover o crescimento dos organismos biológicos envolvidos no processo e para que as reações bioquímicas ocorram adequadamente durante a compostagem (MERKEL, 1981). Para o desenvolvimento das minhocas na vermicompostagem, o teor de umidade deve estar entre 60 e 70% (AQUINO & ASSIS, 2005). Se ficar abaixo de 40% a ação dos microrganismos é inibida (FERNANDES *et al*, 1999). Ressalta-se que o baixo teor de umidade provocou a morte das minhocas após 30 dias iniciais onde a umidade reduziu para 5%.

Figura 5. Dados de Umidade.



Essas mudanças no teor de umidade nas leiras de compostagem também se devem a evaporação onde a umidade tende a diminuir devido a quantidade de água perdida ser maior. Uma forma de evitar a evaporação em excesso foi adicionar serragem que são absorventes e retém a água. Porém, não se obteve sucesso considerando que o período de acompanhamento das leiras foi de déficit hídrico na região Nordeste onde a evaporação neste período foi de e a temperatura externa do ambiente alcançou patamares superiores a 35C.

5. CONCLUSÕES

No decorrer dos estudos foi possível constatar que a vermicompostagem é uma alternativa econômica viável para a resolução dos problemas causados pelos resíduos orgânicos. A compostagem com minhocas não requer grande mão de obra, nem maquinários, além de demandar pouco tempo em comparação a outros métodos.

Os baixos valores de umidade associados as variações de temperaturas da leira podem ter provocado uma inibição do processo de vermicompostagem, principalmente quanto a eficiência por parte dos microrganismos.

O baixo teor de umidade provocou a morte das minhocas após 30 dias iniciais onde a umidade reduziu para 5%. Neste caso a temperatura não foi a responsável uma vez que apenas com valores acima de 40 °C dizimam as minhocas.

As variações no teor de umidade na leira se devem a evaporação onde a umidade do processo interno de biodegradação tendeu a diminuir em função do déficit hídrico na região Nordeste que é sempre mais alta nos períodos de dezembro, janeiro e fevereiro de cada ano.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, A. M de; ASSIS, R. L de. **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.
- BARREIRA, L. P.; PIRES, A. M. M.; COSCIONE, A. R.; ABREU-JUNIOR, C.H. Qualidade do composto de resíduo sólido urbano. In: SILVA, F. C.; PIRES, A. M.; RODRIGUES, M. S.; BARREIRA, L. (Orgs.). **Gestão pública de resíduo sólido urbano: compostagem e interface agroflorestal**. Botucatu: FEPAF, 2009. p. 93-108.
- BRASIL. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília: Câmara dos Deputados, n. 81, 2010b.
- BRASIL. (2015) Ministério das Cidades. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos - 2015**. Brasil: Ministério das Cidades. Disponível em: Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos>. Acesso em: 14 abr. 2021.
- CERRI, C.E.P. **Compostagem**. São Paulo: Programa de Pós – Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo. 2008.19 p.
- COMISSÃO EUROPEIA (2015). **Assessment of separate collection schemes in the 28 capitals of the EU**. Final Report. Bruxelas: Comissão Europeia. 161 p.
- DE BERTOLDI, M; VALLINI, G.; PERA, A. The biology of composting: a review. **Waste Management and Resource**, vol. 1, n. 2, p. 157-176, 1983.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, 2010. (Embrapa solos). 370 p.
- KIEHL, E.J. **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1985. 492p.
- KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 3ª Edição. Piracicaba, p. 171, 2002.
- LOURENÇO, N. M. G. **Características da minhoca Epígea Eisenia Foetida- benefícios, características e mais-valias ambientais decorrentes da sua utilização**, 2010. Disponível em <http://www.slideshare.net/FuturambGSR/caractersticas-da-minhoca-epgea-eisenia-foetida-beneficios-caractersticas-e-emasvalias-ambientais-decorrentes-da-sua-utilizacao>. Acesso em: 10 out. 2020.
- MACHADO, P. A. L. **Princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. São Paulo, 2017.
- MERKEL, A. J. (1981). **Managing livestock wastes**. Ed. Avi Publishing Company, Westport. 419 p
- PEREIRA NETO, J.T.; LELIS, M.P.N. Importância da umidade na compostagem: uma contribuição ao estado da arte. In . Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, AIDIS. **Desafios para o saneamento ambiental no terceiro milênio**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p. 1-9.

PEREIRA NETO, T. J. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. 1ª ed, Viçosa, 81p. 2007.

REIS, M. F. P. **Avaliação do Processo de Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2005. 238 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

RUSSO, M. A. T. **Tratamento de resíduos sólidos**. Coimbra: Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. 2003. 196 p.

SIQUEIRA, T. M. O. DE; ASSAD, M. L. R. C. L. Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos no Estado de São Paulo (BRASIL). **Ambient. soc.**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 243-264, Dec. 2015.

SOLINO, A. C. **Análise de Modelos e Técnicas de Compostagem para o Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Domiciliares Orgânicos**, Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 92 p., 2018.

ZUCCONI, F.; BERTOLDI, M. De. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid wastes. In: Bertoldi, M. de et al. (Eds.), **Compost: Production, Quality and Use**. Elsevier Appl. Sci. Publ. Ltd. Essex, Reino Unido, p. 30-50, 1987.

4.4 ANÁLISE DOS ESTUDOS SOBRE DESCARTE DE MEDICAMENTOS EM HOSPITAIS NO BRASIL

SILVA, Thiago Henrique

UFPE

henri.th@hotmail.com

COSTA, Tamires Pereira

UNINTER

tamires_pc@hotmail.com

RESUMO

O gerenciamento de resíduos faz parte do ciclo hospitalar. O principal objetivo desse descarte é minimizar a produção de resíduos e proporcionar seu encaminhamento seguro, visando à proteção dos trabalhadores e à preservação da saúde pública. o descarte indevido de medicamentos uma importante causa da contaminação do meio ambiente, é importante discutir sobre o gerenciamento de medicamentos em desuso e apontar propostas para minimizar o problema. Desta forma é importante analisar os estudos que abordam o descarte de medicamentos em hospitais do Brasil, verificando o cumprimento da legislação sobre destinação de resíduos hospitalares, avaliando plano de gerenciamento de resíduos, sendo feita uma revisão de literatura. Verificou-se que a atividade hospitalar gera muitos rejeitos, comum ou infectante. Verificou-se nos artigos que o gerenciamento do resíduos hospitalares, nestes os medicamentos, não existe a segregação eficaz dos rejeitos. Para garantir o descarte dos rejeitos, o gerenciamento tem que ser bem definido, desde a sua geração até a saída da unidade hospitalar para disposição final.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos, Sistema saúde, meio-ambiente.

1. INTRODUÇÃO

O medicamento é a preparação farmacêutica com ação farmacológica benéfica, quando utilizado de acordo com suas indicações e propriedades. Medicamentos são os produtos farmacêuticos, industrializados ou manipulados, utilizados com fim terapêutico, preparados como princípio ativo e produtos inertes, na forma farmacêutica apropriada para a via de administração almejada (SANTOS, et al., 2013). No conceito de descarte de medicamentos, a Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 222 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, que passou a vigorar em 25 de setembro de 2018, definindo que os medicamentos são classificados como resíduos do grupo resíduos de saúde do grupo B, como resíduos contendo produtos químicos que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade (ANVISA, 2018).

Dentre as atividades logísticas do farmacêutico, o gerenciamento de resíduos faz parte do ciclo hospitalar. O principal objetivo desse descarte é minimizar a produção de resíduos e proporcionar seu encaminhamento seguro, visando à proteção dos trabalhadores e à preservação da saúde pública, dos recursos naturais e do meio ambiente. Segundo a legislação da ANVISA, o gerenciamento de resíduos deve abranger todas as etapas de planejamento dos recursos físicos, dos recursos materiais e da capacitação dos recursos humanos envolvidos no manejo dos resíduos. O hospital deve elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde - PGRSS, com base nas características dos resíduos gerados e na classificação dos mesmos, estabelecendo as diretrizes de manejo dos resíduos. Além disso, o PGRSS deve ser compatível com as normas locais relativas à coleta, transporte e disposição final dos resíduos gerados nos serviços de saúde, estabelecidas pelos órgãos locais responsáveis por tais etapas (CRF-SP, 2017).

Sendo o descarte indevido de medicamentos uma importante causa da contaminação do meio ambiente, é importante discutir sobre o gerenciamento de medicamentos em desuso e apontar propostas para minimizar o problema. A contaminação do meio ambiente por medicamentos preocupa as autoridades, que tem identificado a presença de fármacos, tanto nas águas, como no solo.

Desta forma é importante analisar os estudos que abordam o descarte de medicamentos em hospitais do Brasil, verificando o cumprimento da legislação sobre destinação de resíduos hospitalares, avaliando plano de gerenciamento de resíduos em hospitais, e identificar o envolvimento do farmacêutico na equipe de comissão interdisciplinar

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. RESÍDUOS EM SERVIÇOS DE SAÚDE

Nos hospitais, em especial, são encontradas diferentes setores de atendimento a saúde, os quais, embora tenham como objetivo comum, prestar assistência a saúde, envolvem processos assistenciais diversos, que resultam em utilização e descarte de diferentes tipos

de resíduos (SILVA e RAMPELOTTO, 2012). A farmácia hospitalar tem o objetivo de contribuir no processo de cuidado à saúde, por meio da prestação de assistência ao paciente com qualidade, que vise ao uso seguro e racional de medicamentos, as atividades desenvolvidas pela farmácia hospitalar podem ser observadas sob o ponto de vista da organização sistêmica da Assistência Farmacêutica.

Segundo a Resolução nº 338/04, do Conselho Nacional de Saúde, Assistência Farmacêutica é:

“(…) um conjunto de ações voltadas à promoção, proteção e recuperação da saúde, tanto individual como coletiva, tendo o medicamento como insumo essencial e visando ao acesso e ao seu uso racional. Este conjunto envolve a pesquisa, o desenvolvimento e a produção de medicamentos e insumos, bem como a sua seleção, programação, aquisição, distribuição, dispensação, garantia da qualidade dos produtos e serviços, acompanhamento e avaliação de sua utilização, na perspectiva da obtenção de resultados concretos e da melhoria da qualidade de vida da população.”

A orientação para gerenciar os resíduos são: reduzir, segregar, e reciclar. Esses termos se aplicam aos estabelecimentos geradores de resíduos, para amenizar os danos causados pelo medicamento descartado de forma errada ao meio ambiente (GARCIA & RAMO, 2004).

Os Resíduos nos serviços de saúde tem sua origem em laboratórios, clínicas e hospitais. Destes, os restos sólidos hospitalares, que são os resíduos produzidos por unidades de saúde e que necessitam de um tratamento específico, desde o seu acondicionamento até o seu descarte. Estes resíduos representam um grande perigo a saúde, uma vez que podem estar contaminados com microrganismos causadores de doenças. Os resíduos sólidos hospitalares ou lixo hospitalar sempre foram uma problemática séria para os administradores Hospitalares. Se esses dejetos não passam por um tratamento adequado, podem representar um grande perigo tanto para a saúde das pessoas quanto para o meio ambiente (SILVA, 2010).

Segundo Meldau (2012), separar o lixo, também pode ser classificado como segregar, verificando suas especificidades e componentes, bem como o grau de reciclando. esses procedimentos de segregação é feito através da separação dos resíduos no instante e local de sua geração, através de recipientes.

A Resolução nº 222 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária define a segregação do lixo, este deve ser separado de acordo com a seguinte classificação: grupo A; Grupo B, Grupo C e grupo D e E. O grupo A, são os resíduos de risco biológico, como placas, tecidos, bolsas de infusão, etc. Os resíduos químicos, medicamentos, estão enquadrados no grupo B. Os materiais com atividade radionuclídeos, são do grupo C. Os rejeitos do lixo doméstico são classificados no grupo D. Os produtos perfurocortantes, lâminas, agulhas, vidros são discriminados no grupo E .

A redução da quantidade de resíduos a serem tratados, de forma planejada e com os procedimentos adequados de manejo, promovem o reaproveitamento de grande parte deles pela segregação de boa parte dos materiais recicláveis, reduzindo os custos de seu tratamento e disposição final, que normalmente são altos. A grande preocupação é que o tratamento dos resíduos seja feito de forma efetiva a fim de evitar que esses contaminem outras pessoas (SHARMA, et al., 2013; FIGUEREDO, 2010).

Segundo Kneipp et al. (2011), um sistema adequado de manejo dos resíduos sólidos em um estabelecimento de saúde permite o controle e a redução com segurança e economia dos riscos para a saúde e, também, a minimização dos impactos ambientais gerados. Assim foi feita uma pesquisa para analisar o gerenciamento dos RSS em um hospital universitário, localizado no estado do Rio Grande do Sul. Observou-se a preocupação do hospital com o gerenciamento adequado dos resíduos do serviço de saúde, o qual normatiza e descreve as etapas de segregação, manejo e descarte dos resíduos hospitalares, a fim de que os riscos oferecidos sejam minimizados, torna-se imprescindível a segurança nos serviços prestados, já que qualquer ação indevida pode acarretar danos para os pacientes, profissionais da área da saúde e comunidade em geral.

André e colaboradores (2013), realizaram um estudo exploratório para analisar o gerenciamento de resíduos hospitalares de um hospital no município de Ribeirão Preto - São Paulo, Brasil. Foi revelado para o gerente e responsável pela limpeza do hospital investigado, o manejo inadequado dos resíduos hospitalares pode oferecer riscos para os funcionários, uma vez que realizada uma segregação inadequada pode expor os funcionários a acidentes com perfurocortantes. A adoção de procedimentos técnicos inadequados no gerenciamento de resíduos hospitalares pode se constituir em uma fonte de risco para os profissionais que manuseiam esses resíduos tanto no ambiente interno, quanto no ambiente externo dos estabelecimentos de saúde, e para a comunidade hospitalar, como os pacientes, visitantes e ao ambiente. Para um gerenciamento adequado dos resíduos hospitalares, os hospitais além de realizar de modo satisfatório as etapas do manejo dos resíduos hospitalares, devem cumprir também as normas de biossegurança, de forma que contribuam para a prevenção de acidentes ocupacionais e ao ambiente.

Também foi verificado na pesquisa realizadas por Mendes et al. (2015), sobre os resíduos no serviço hospitalar que são inadequados os manejos destes, quanto à segregação, acondicionamento, identificação, e transporte interno dos resíduos gerados. É importante promover intervenções e tomadas de decisão, com a finalidade de criar adequações necessárias na área física, bem como melhoria de recursos materiais e capacitação permanente em serviço para os profissionais diretamente envolvidos no processo de manejo dos resíduos.

Bagio et al. (2013), analisou o plano de gerenciamento de resíduos de saúde em Hospitais e verificou que a segregação de resíduos infectados e não infectados potencializam a resolução de uma parcela do problema do gerenciamento inadequado. Desta forma, é possível inferir que a falta de informação técnica para o gerador, manifestada pela ausência do PGRSS, compromete uma gestão adequada dos resíduos. Observou-se

também que o gerenciamento inadequado de rejeitos de saúde no Brasil não ocorre apenas pela falta de informação, mas também por um conjunto de fatores, tais como as negligências na fiscalização e pela conduta de considerar todo resíduo de serviço de saúde como contaminado.

A importância de conhecer a classificação dos resíduos em hospitais, evita a desqualificação do processo. Desta forma, Vital & Guimarães (2018), fizeram uma pesquisa com entrevistas com os coordenadores da equipe de enfermagem, e somente 25% souberam segregá-los da maneira correta. Constatou-se que o conhecimento dos Coordenadores acerca da temática era principiante, colaborando para que impactos negativos no meio ambiente fossem gerados. Fazendo-se necessário investimentos em processo de educação permanente, contribuindo para a consolidação de valores ambientais, promovendo qualidade de vida associada à preservação e a sustentabilidade

Linhares et al. (2018), analisou o descarte de resíduos de saúde na chapada do Apodi no Rio Grande do Norte. Constatou-se que os resíduos hospitalares sólidos são coletados por empresas especializadas e o resíduo comum pelos serviços de coleta do município. Os resíduos líquidos hospitalares são armazenados em depósitos plásticos e descartados pelas próprias entidades de saúde. Todos os indivíduos que tem contato com os resíduos hospitalares recebem os devidos EPI's necessários para manter sua salubridade.

Ao revelar as características do descarte de resíduos de medicamentos e inferir sobre as dificuldades na implementação de um plano de gerenciamento de resíduos, Alencar et al. (2014), apontam para a necessidade de elaboração de estratégias que devem envolver os gestores, os trabalhadores e os usuários. Isso porque não basta descartar corretamente, é preciso intervir sobre o conjunto de ações indutoras do uso irracional de medicamentos, e assim minimizar os estoques desnecessários no serviço ou nos domicílios e as perdas de medicamentos.

A análise do gerenciamento de resíduos nos serviços de saúde é importante, pois define todo o planejamento de descarte. Pereira et al. (2013) realizaram um estudo nesse intuito, e verificaram que o manejo de resíduos apontou inadequações em todas as etapas, principalmente na segregação. Encontraram-se resíduos infectantes adicionados aos comuns, inviabilizando a reciclagem, bem como perfurocortantes misturados aos diferentes grupos, aumentando o risco de acidente ocupacional. Revelou-se que a inexistência de política institucional de gerenciamento de resíduos, evidenciada por falhas nas etapas operacionais que envolvem problemas de gestão, estrutura física, recursos materiais e humanos das unidades.

2.2. DESCARTE DE MEDICAMENTOS E SEU IMPACTO AMBIENTAL

O descarte de resíduos perigosos, um dos resultados do processo de preparação, de distribuição e de administração de medicamentos é a sobra de resíduos não utilizados de medicamentos. Isso é gerado seja por meio da sobra de medicamento após o preparo, expiração de medicamentos que não foram utilizados ou resíduos de medicamentos, de

embalagens ou recipientes após a administração da medicação ao paciente. No passado, esses vestígios eram eliminados como resíduos em aterros regulares, incinerados no hospital ou simplesmente descartados pelo ralo. A lei exige que o hospital determine se ele é um gerador de pequena ou grande quantidade de resíduos perigosos (LOYD & ALLEN, 2016).

De acordo com as normativas sanitárias da ANVISA, sobre a destinação dos medicamentos. As embalagens primárias vazias de medicamentos devem ser descartadas como rejeitos e não precisam de tratamento prévio à sua destinação. As embalagens secundárias de medicamentos não contaminadas devem ser descaracterizadas quanto às informações de rotulagem, podendo ser encaminhadas para reciclagem. Os resíduos de medicamentos contendo produtos hormonais e produtos antimicrobianos; citostáticos; antineoplásicos; imunossupressores; digitálicos, imunomoduladores; anti-retrovirais, quando descartados por serviços assistenciais de saúde, farmácias, drogarias e distribuidores de medicamentos ou apreendidos, devem ser submetidos a tratamento ou dispostos em aterro de resíduos perigosos - Classe I (ANVISA, 2018).

Nunes et al. (2012) realizaram um estudo sobre o manejo dos resíduos hospitalares em Teresina, Piauí. E foi verificado que apenas, 71,5% dos hospitais, tem o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde com a coleta de uma empresa terceirizada. Também foi observado no estudo que 42% relataram e acidentes com material residual, com isso além do risco ocupacional, existe o risco ambiental.

Silva (2011), em sua pesquisa de gerenciamento de resíduos sólidos de um hospital, verificou que o desconhecimento da forma de descarte de rejeitos hospitalares influencia na destinação final destes, existindo falhas no processo, sendo importante a partir das análises dos dados pertinente que se desenvolva juntos as equipes investigadas momentos de reflexões e debates, com diferentes abordagens desta temática.

Os fármacos quimioterápicos, imunoterápicos, antimicrobianos e hormônios e demais medicamentos vencidos, alterados, interditados ou impróprios para o consumo devem ser devolvidos ao fabricante. As excretas de pacientes tratados com quimioterápicos antineoplásicos podem ser lançadas em rede coletora de esgotos sanitários, conectada à estação de tratamento, desde que atendam às normas e diretrizes da concessionária do sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários ou lançadas diretamente em corpos hídricos após tratamento próprio no serviço. Os produtos corrosivos devem ser recolhidos em recipiente apropriado e identificados seguindo orientação do fabricantes (ANVISA, 2018).

Bataglin et al. (2012) verificou no seu trabalho o que pensam os trabalhadores de enfermagem atuantes em unidade de terapia intensiva sobre a segregação de resíduos sólidos hospitalares. Este estudo descritivo, de abordagem qualitativa, realizado com treze técnicos de enfermagem atuantes em uma unidade de terapia intensiva, de um hospital de pequeno porte. Obsevou-se que é fundamental que as instituições de saúde, que prestam assistência de serviços de saúde humana ou animais, invistam em

capacitações, materiais para proporcionar a separação correta dos resíduos por elas produzidos. Essa estratégia é considerada ideal para oportunizar uma sensibilização e maior aporte de conhecimentos, aos trabalhadores, traduzindo-se em compromisso institucional com o meio ambiente

Em contrapartida, no estudo de Severo e colaboradores (2013), com o objetivo analisar o gerenciamento de resíduos nos sete hospitais do Sistema de Saúde de Caxias do Sul, bem como realizar a comparação das práticas de gestão ambiental versus a legislação vigente. Observou-se que sete hospitais analisados, empregam a prática de segregação de resíduos, primando para o descarte adequado, em relação a sua periculosidade e toxicidade. No entanto, no que diz respeito aos efluentes hospitalares, cinco hospitais não estão de acordo com a legislação vigente, pois não tratam os efluentes hospitalares.. O setor hospitalar pode contribuir muito para o desenvolvimento sustentável, e também aderir a políticas de sustentabilidade. A sociedade contemporânea prima pela constante busca de soluções eficientes para o destino dos Resíduos de Serviço de Saúde, pois se trata de uma ameaça ao meio ambiente e ao bem estar social.

O desenvolvimento de novas ferramentas para o gerenciamento de problemas que afetam o meio ambiente, é uma responsabilidade aliada as organizações. Um dos maiores desafios que o mundo enfrentará neste milênio será fazer com que as organizações protejam e melhorem a qualidade do meio ambiente, com o auxílio de padrões baseados no desempenho e uso criterioso de instrumentos econômicos, num quadro harmonioso de regulamentação, uma vez que as organizações que tomarem decisões estratégicas integradas à questão ambiental obterão significativas vantagens competitivas no mercado (WEIAND et al, 2013).

Araújo et al. (2018), investigou o descarte de resíduos sólidos de saúde em uma instituição pública hospitalar do município de Sant'Ana do Livramento, realizando entrevistas estruturadas com dois responsáveis pelos setores que envolvem o lixo hospitalar da instituição. Evidenciou-se que os profissionais têm conhecimento desses riscos e agem de acordo com os procedimentos adequados, selecionando os resíduos e fazendo a desinfecção diária para evitar qualquer contaminação. Assim, identificou-se a adoção de um programa de destinação de resíduos sólidos, apontando, contudo, que os funcionários desenvolvem as atividades de maneira precária e com o mínimo treinamento. Na coleta interna dos RSS, o lixo interno é transportado em um carrinho com tampa, impedindo que os odores se espalhem pelos corredores do hospital. Há a necessidade de uma atenção maior, já que resíduos hospitalares acondicionados em lugares inadequados podem proporcionar riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Deve-se levar em consideração que o descarte adequado desses resíduos depende completamente de todos os envolvidos, desde aquele que os gera até aquele que os destina para o local adequado, é necessário que todos tenham consciência e conhecimento dos malefícios que os rejeitos podem causar.

Baldoni et al. (2015), fizeram um estudo em unidades de saúde sobre o descarte de medicamentos com usuários do sistema, e verificaram que 84,5% dos medicamentos

coletados estavam vencidos., predominantemente, por medicamentos utilizados no tratamento de doenças crônicas, como hipertensão arterial, diabetes mellitus tipo 2, doenças cardiovasculares e epilepsia, evidencia a necessidade de estratégias educativas para pacientes e equipe de saúde.

A questão ambiental tem se tornado um determinante do processo saúde-doença. Com isso, é importante considerar a dimensão do meio ambiente perante as ações realizadas nos serviços de saúde, possibilitando e promovendo ações estratégicas voltadas para o repensar das práticas em saúde e de suas conseqüentes implicações para a sustentabilidade ambiental (MORESCHI et al., 2011). A geração de problemas ambientais em detrimento da falta de manejo adequado dos RSS faz o homem refletir sobre a importância de se conhecer o que deve ser feito em relação à gestão dos RSS. É interessante, portanto, o conhecimento das leis, normas, decretos e resoluções que vigoram no país a respeito do modo como as instituições que produzem RSS devem proceder na coleta, seleção, armazenamento, e descarte dos mesmos e por isso uma revisão normativa é feita, abordando-se as principais normas vigentes dos órgãos de gestão ambiental do país, além daquelas reguladoras e licenciadoras de instituições de saúde (VILELA-RIBEIRO et al., 2009).

Para Pinto et al. (2014), o descarte inadequado de medicamentos possibilita que os catadores de materiais recicláveis consumam de forma inapropriada esses resíduos ou que os descartem diretamente no solo para o reaproveitamento das embalagens. Assim, além dos riscos ambientais causados pelo descarte inadequado, a exposição dos catadores de materiais recicláveis a esses medicamentos que são destinados como resíduos comuns (Grupo D), ou seja, são descartados sem nenhum tratamento prévio.

Costa & Fonseca (2009), fizeram um estudo sobre a administração do descarte de resíduos de um hospital, definindo a importância ambiental do gerenciamento dos resíduos hospitalares. As etapas do gerenciamento têm como finalidade evitar impactos ao meio ambiente, logo devem ser realizadas com base em uma percepção ambiental bem estruturada, e de forma sistêmica. Essas etapas são interdependentes e se realizadas com sucesso, o processo terá êxito e as alterações ambientais poderão ser controladas ou inexistirem. Desta forma, o gerenciamento dos resíduos hospitalares proporciona aspectos positivos para o meio ambiente que devem ser ressaltados e levados a conhecimento público, visto que o equilíbrio ambiental é essencial para existência da vida humana. O plano de gerenciamento dos resíduos do serviço de saúde, quando elaborado levando em consideração a realidade do hospital, torna possível gerenciar os resíduos determinando as etapas que os mesmos devem seguir, desde sua geração até sua destinação final.

3. METODOLOGIA

Foi feita uma revisão de literatura, por meio de uma pesquisa por estudo sistemático, observacional e retrospectivo sobre o descarte de medicamentos em hospitais no período de 2009 a 2019. A análise foi realizada em estudos brasileiros relacionados aos diferentes

tipos de descarte de resíduos, presentes em bases de dados diferentes (LiLacs, PubMed, Scielo, Google acadêmico), ocorridos em hospitais do Brasil. Foram utilizadas três principais palavras-chave (Descarte medicamentos, Hospitais, Brasil) para a busca dos estudos relacionados ao tema, além de buscas com palavras-chave relacionadas. Em seguida, foram realizadas as leituras dos estudos pelo autor do trabalho com posterior análise e conclusão dos resultados obtidos.

As fontes foram utilizadas para descrever, analisar e reafirmar a importância do tema escolhido e nos quais se espera conseguir confirmar as premissas estabelecidas. O presente trabalho foi desenvolvido utilizando fontes bibliográficas e documentais, conforme as diretrizes da instituição de ensino, diante das exigências da pesquisa teórica. Os resultados que obtidos, foram avaliados de forma qualitativa. A pesquisa teórica é aquela que visa reconstruir teoria, conceitos, idéias, ideologias, polêmicas, tendo em vista, em termos imediatos, aprimorar fundamentos teóricos. É dedicada ao tratamento da face empírica e fatural da realidade, produz e analisa dados, procedendo sempre pela via do controle empírico e fatural (DEMO, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quadro 1: Estudos de descarte de resíduos no Brasil

CITAÇÃO	OBJETIVO	CONCLUSÕES
Araújo et al. (2018)	Investigar o descarte dos resíduos sólidos Hospitalares	Adoção de políticas para o descarte correto dos resíduos sólidos
Linhares, et al. (2018)	Análise dos descarte de resíduos hospitalar	Coleta é feita por empresa terceirizada e respeita a legislação
Vital e Guimarães (2018)	Gerenciamento do plano de resíduos em Hospital	Desconhecimento da segregação dos resíduos de saúde
Blankenstein & Júnior (2018)	Descarte de medicamentos frente a legislação	Diminuição do perda de medicamentos através de uma logística efetiva
Nunes et al. (2012)	Avaliação do manejo e descarte de resíduos hospitalares em Teresina, PI.	Descarte efetivo com Empresa terceirizada
Mendes et al. (2015)	Manejo dos Resíduos Hospitalares	Capacitação sobre o descarte de resíduos dos profissionais em Hospitais
Alencar et al. (2014)	Implementação do plano de gerenciamento de resíduos	Necessidade de elaboração de estratégias de descarte de medicamentos
Silva (2011)	Segregação dos resíduos sólidos hospitalares	Terceirização do Serviço de descarte
André, et al. (2013)	Análise do gerenciamento de resíduos hospitalares de um hospital no município de Ribeirão Preto - São Paulo, Brasil.	Necessidade de treinamentos para os profissionais envolvidos no descarte dos resíduos hospitalares
Silva (2011)	Gerenciamento de resíduos sólidos de um hospital	Investir em capacitações e debates com os profissionais hospitalares, com diferentes abordagens do descarte de resíduos
Bataglin et al. (2012)	Conhecimento sobre segregação de resíduos sólidos	Estimular debates entre os profissionais sobre segregação de resíduos sólidos hospitalares

Pereira et al. (2013)	Analisar o gerenciamento do descarte de resíduos	Ineficiência dos descarte, melhorar a segregação dos resíduos
Severo et al. (2013)	Gerenciamento de resíduos Hospitalares	Descarte eficiente de resíduos sólidos
Bagio et al. (2013)	Análise do plano de gerenciamento de resíduos de hospital	Falta de informações para os profissionais, e negligenciamento das condutas
Loyd & Allen, 2016	Descarte de medicamentos no hospital	Aplicação da legislação no descarte de medicamentos
Costa & Fonseca (2009)	Verificar o gerenciamento de resíduos no hospital	Plano de gerenciar os resíduos baseado na realidade hospitalar
Chaves (2014)	Descarte de medicamentos e impactos socioambientais	Implantação e fiscalização da logística reversa
Baldoni et al. (2015)	Estudo de perfil de descarte de medicamentos	Educação continuada sobre o descarte de medicamentos

O consumo traz o conceito de se administrar não somente a entrega do produto ao cliente, mas também o seu retorno, direcionando-o para ser descartado ou reutilizado. Souza e colaboradores (2013), destacam que a busca, crescente e exigência de uma gestão economicamente viável, ambientalmente sustentável e socialmente justa, a logística reversa desperta um interesse crescente nas organizações empresariais de modo a internalizar seu desempenho num mercado global, competitivo e em permanente mudança. A logística busca cada vez mais atender a uma demanda oriunda de classes sociais. É possível fazer uma reintegração dos produtos ao ciclo produtivo, ou seja, ao seu reaproveitamento no mercado primário e secundário, que surge como um desafio num setor de materiais descartáveis como o hospitalar.

Segundo a Lei 12.305 de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a logística reversa é o instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequado.

A compreensão do distribuidor, o gerador de resíduos e o descarte final, segundo Pereira e Pereira (2011), estes se inserem na mesma cadeia sendo todos esses agentes responsáveis pela reciclagem e logística reversa do rejeito. Reforçando a visão sistêmica e integrada da problemática dos materiais descartados no sistema público de saúde, conhecendo e compreendendo toda a logística sistemática. O SUS poderia, assim, gerenciar os Resíduos de Serviços de saúde de maneira a prevenir os riscos biológicos, químicos, perfurocortantes, radioativos, evitando que ocasionem dano à saúde da população.

A realidade sanitária do país ainda apresenta dificuldades no que concerne os processos de tratamento e destinação dos resíduos de natureza biológica e química. Existem avanços na legislação, porém, o gerenciamento dos resíduos ainda apresenta grandes deficiências nos aspectos de tratamento e disposição final, principalmente no que tange os resíduos de medicamentos que, em razão de suas características farmacológicas, podem se tornar tóxicos ao ambiente e ao homem, o que justifica a necessidade de mais pesquisas e estudos. Especificamente em relação aos medicamentos, atualmente não se tem uma

política consolidada sobre descarte de medicamentos dos domicílios (FALQUETO & KLIGERMAN, 2010).

Segundo Zajac et al. (2016), no seu estudo logística reversa em ambiente hospitalar, verificou-se que a segregação eficiente depende do treinamento e da conscientização dos colaboradores envolvidos na geração dos RSSO aproveitamento do resíduo. O aproveitamento do resíduo D em ambiente hospitalar é uma forma de contemplar as normas e diretrizes legais, visto que as operações de segregação dos diversos tipos de resíduos são fundamentais para o cumprimento dos objetivos de um sistema eficiente de gerenciamento do descarte.

A Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010, possui uma subseção dedicada especialmente aos resíduos de serviços de saúde, na qual define os estabelecimentos geradores de resíduos de saúde e determina que resíduos potencialmente infectantes não podem receber disposição final sem tratamento prévio que assegure a eliminação de suas características de patogenicidade. Essa Lei atribui aos serviços de saúde a responsabilidade pelo gerenciamento completo de seus resíduos, desde sua geração até a destinação e disposição final. Além disso, fixa que o importador, o fabricante e o distribuidor de medicamentos, bem como os prestadores de serviço de saúde são corresponsáveis pela coleta dos resíduos especiais resultantes dos produtos vencidos ou considerados, por decisão de autoridades competentes, inadequados ao consumo (BRASIL, 2010).

Blankenstein & Júnior (2018), reforçam que é papel do responsável técnico ter conhecimento atualizado de sua expertise profissional e aplicá-lo em detrimento de leis com entendimentos ultrapassados – e é urgente que haja atualização dessas normas pelo passivo ambiental devido ao prejuízo que apresentam à saúde. Como também, impedir que o medicamento sem serventia entre em contato direto com a natureza é um grande desafio. Enquanto houver produção do que não será comprado e compra do que não será usado, a mitigação de danos ambientais, sociais e econômicos deve ser feita com o descarte correto. O princípio da precaução, aplicado ao meio ambiente no sentido de evitar poluir, já seria suficiente para que qualquer produto químico – principalmente os não utilizados – não pudesse ter como destino direto a natureza. É uma questão de bom senso que precisa ser cultivada nos profissionais e na população. A qualidade da água é essencial para a qualidade de vida de todos os seres vivos. Avanços da tecnologia devem ser considerados na formulação e na revisão de rotinas de descarte.

Chaves (2014), em seu trabalho sobre a implantação logística reversa dos resíduos de medicamentos, embasado nas leis vigentes em alguns estados e municípios, que visam ações que atendam a demanda atual de gestão e educação ambiental, para minimizar o descarte inadequado de medicamentos, sugere que para solucionar o problema, sejam criadas políticas públicas de responsabilização dos fabricantes e fornecedores pelo recolhimento e destinação adequada para os resíduos de seus produtos e serviços, através da edição de normas compulsórias e concessão de incentivos para o seu cumprimento. Como também a fiscalização dos órgãos competentes para cumprimento das leis e

normatizações existentes. Pois mesmos os Estados com leis vigentes, necessitam ser aplicadas a fim de prevenir e minimizar os riscos, relacionados com o descarte de medicamento.

Observando os estudos existentes sobre destinação adequada, e criação de plano de gerenciamento de resíduos em saúde, principalmente os classificados como sólidos, os medicamentos, é importante que as instituições públicas e privadas, desempenhem o seu papel social e tenham a responsabilização dos produtos gerados, pois estes tem potencial químico de contaminação do meio ambiente e do homem, e influenciam diretamente a saúde pública.

5. CONCLUSÕES

A atividade hospitalar gera muitos resíduos, sejam eles, comum ou infectante. Os Resíduos de lixo hospitalar são problema para o hospital, pois podem contaminar o ambiente, e comprometer a saúde dos trabalhadores, pacientes e comunidade vizinha, podendo causar infecções. O lixo infectante representa um grande risco de poluição para o ecossistema, assim a Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 222 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária define as boas práticas do descarte dos resíduos de saúde.

Foi verificado nos artigos que tratam sobre o gerenciamento dos resíduos hospitalares, principalmente os sólidos, nos quais os medicamentos estão enquadrados, que em alguns hospitais ainda existe a necessidade de uma segregação eficaz dos rejeitos. Para garantir que todo o lixo gerado dentro do hospitalar, é tratado adequadamente e descartado corretamente, o os hospitais precisam ter um plano de gerenciamento de lixo, bem definido. Tais planos devem incluir protocolos, sistemas e processos para lixo, desde a sua geração até a saída da unidade hospitalar para disposição final.

A contaminação resulta do descarte indevido, resulta de eliminação de metabólitos que não são tratados de esgotos. Desta forma, foi verificado o tratamento o descarte de medicamentos provenientes do serviço hospitalar, objetivando a redução de riscos à saúde. O gerenciamento, tem como prioridade diminuir sua produção, encaminhar o lixo da forma segura, protegendo aos profissionais dos hospitais, à saúde dos pacientes e ao meio ambiente. Neste cenário, os hospitais contam com as práticas de gestão ambiental e legislação vigente, que atuam no intuito de minimizar a geração de resíduos, bem como ocasionar uma disposição final adequada.

Contudo, apesar das diversas regulamentações existentes sobre o descarte de medicamentos no Brasil, verifica-se que os resíduos de medicamentos ainda não são tratados de maneira efetiva, tornando-se disponíveis ao homem através da água, do solo e do ar e, conseqüentemente, causando impactos ambientais e na saúde pública.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, T. O. S.; MACHADO, C. S. R.; COSTA, S. C. C.; ALENCAR, B. R. Descarte de medicamentos: uma análise da prática no Programa Saúde da Família. **Ciência & Saúde Coletiva**, 19(7):2157-2166, 2014.

ANDRÉ, S. C. S.; SANTOS, A. P. M.; VEIGA, T. B.; MENDES, A.; TAKAYANAGUI, A. M. M. **Resíduos Hospitalares: riscos à saúde pública e ao meio ambiente**. XIII Safety, Health and Environment World Congress, July 07 - 10, 2013.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução Da Diretoria Colegiada - **RDC nº 222**, de 28 de março de 2018. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/3427425/RDC_222_2018_.pdf/c5d3081d-b331-4626-8448-c9aa426ec410> Acessado em 04 de abr. 2021.

ARAÚJO, C. F. S.; MACHADO, M. E. R.; RODRIGUES, P. R.; FIALHO, A. A. R. Investigação sobre o descarte de resíduos sólidos de saúde (RSS) em uma Instituição Pública Hospitalar do município de Sant'ana do Livramento - RS. **Rev. Adm. UFSM, Santa Maria**, v. 1 n. 1, edição especial, p. 421-434, 2018.

BAGIO, J. C.; SOUZA, M. T. S.; FREITAS, F. L. S.; CAMPANÁRIO, P. M. O plano de gerenciamento de resíduos de serviço de saúde. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade - RMS**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 4-22, maio/ago. 2013.

BALDONI, A. O.; et al. Armazenamento e descarte de medicamentos: estratégia educativa e perfil de medicamentos descartados. **Extensio: R. Eletr. de Extensão**, 1807-0221 Florianópolis, v. 12, n. 20, p.48-61, 2015.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Disponível em:<[http://protegeer.gov.br/biblioteca/legislacoes/26-lei-n-12-305-de-2-de-agosto-de-2010-.](http://protegeer.gov.br/biblioteca/legislacoes/26-lei-n-12-305-de-2-de-agosto-de-2010-)>. Acesso em: 4 abr. 2021.

CHAVES, A. M. **Descarte de medicamentos e seus impactos socioambientais**. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014

COSTA, W. M.; FONSECA, M. C. G. A importância do gerenciamento dos resíduos hospitalares e seus aspectos positivos para o meio ambiente. **Hygeia** 5(9):12 - 31, Dez/2009

CRF-SP - Conselho Regional de Farmácia do Estado de São Paulo. **Cartilha de Farmácia Hospitalar**. Farmácia Hospitalar. São Paulo: CRF-SP, 2017.

DEMO, P. **Metodologia do conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 2000.

FALQUETO, E.; KLIGERMAN, D.C.; ASSUMPÇÃO, R. F. Como realizar o correto descarte de resíduos de medicamentos? **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 15, n. Supl. 2, p. 3283-3293, 2010.

FIGUEIREDO, J. J. **Resíduos de Serviços de Saúde**. Monografia de especialização Latu Sensu, Conjunto Universitário Candido Mendes, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, (2010).

GARCIA, L. P.; RAMO, B. G. Z. Gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde: uma questão de biossegurança. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 20(3):744-752, mai-jun, 2004.

- KNEIPP, J. M.; BEURON, T. A.; CARPES, A. M.; PERLIN, A. P.; GOMES, C. M. Gerenciamento de resíduos sólidos no serviço de saúde. **RAHIS - Revista de Administração Hospitalar e Inovação em Saúde** - jan./jun. 2011.
- LINHARES, E. L. R.; PAULA, E. A. O.; FILHO, A. L.; FILHO, F. L. C.; PEREIRA, M. L. L. **Gerenciamento dos resíduos hospitalares na microrregião da chapada do Apodi - RN**. Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Vol. 6: Congestas, 2018.
- LOYD V. ALLEN JR. Introdução à Farmácia de Remington. Editora Artmed, 688 pág. 2016.
- MELDAU, D. C. Resíduos de Serviço de Saúde. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/ecologia/residuos-de-servicos-de-saude/>>. Acesso em: 30 abr. 2021.
- MENDES, A. A.; VEIGA, T. B.; RIBEIRO, T. M. L.; ANDRÉ, S. C. S.; MACEDO, J. I.; PENATTI, J. T.; TAKAYANAGUI, A. M. M. Resíduos de serviços de saúde em serviço de atendimento pré-hospitalar móvel. *Rev Bras Enferm.* nov-dez;68(6):1122-9, 2015.
- MORESCHI, C. et al. Homenagem a Florence Nightingale e compromisso com a sustentabilidade ambiental. **Rev Baiana Enferm.**2011;25(2):203-8.
- NUNES, N. J. M.; SILVA, N. M. R.; OLIVEIRA, F. S. Avaliação do manejo e descarte de resíduos hospitalares em Teresina, PI. VII Coneppi. Tocantis, 2012.
- PEREIRA, A. L., & PEREIRA, S. R. A cadeia de logística reversa de Resíduos de Serviços de Saúde dos hospitais públicos de Minas Gerais: análise a partir dos conceitos da nova Política Nacional de Resíduos Sólidos Urbanos. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 24, 185- 199, 2011.
- PINTO, G. M. F. et al. Estudo do descarte residencial de medicamentos vencidos na região de Paulínia (SP), Brasil. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.19, n.3, p. 219-224, 2014.
- SANTOS, L.; TORRIANI, M. S.; BARROS, E. Medicamentos na Prática da Farmácia Clínica. Artmed, 1117 pág, Porto Alegre. 2013.
- SEVERO, E. A.; OLEA, P. M.; GUIMARÃES, J. C. F. Gerenciamento de resíduos hospitalares: um estudo multicaseiros no Nordeste do Rio Grande do Sul. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, Aquidabã, v. 4, n. 2, Jun, Jul, Ago, Set, Out, Nov 2013.
- SHARMA, A., SHARMA, V., SHARMA, S., & SINGH, P. Awareness of biomedical waste management among health care personnel in Jaipur, India. *Oral Health Dent Management*, 12(1), 32-40, 2013.
- SILVA, M. J. S. Avaliação da Farmácia Hospitalar em hospitais estaduais do Rio de Janeiro. Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, março de 2010.
- SILVA, N. M. Segregação dos resíduos sólidos hospitalares. UFSM. Rio Grande do Sul, 2011.
- SILVA, N. M.; RAMPELOTTO, E. M. **Segregação dos resíduos sólidos hospitalares**. REMOA, V. 5, 2012, EDIÇÃO ESPECIAL: II Congresso Internacional de Educação Ambiental, 2012.
- SOUZA, F. P., JACINTHO, M. G., PEIXOTO, I. T., & VIANA, K. P. G. Viabilidade da Aplicação da Logística Reversa no Gerenciamento dos Resíduos dos Serviços de Saúde: um Estudo de Caso no Hospital X. *Perspectivas Online: Ciências Exatas e Engenharia*, 3(6), 56-72. 2013.

VILELA-RIBEIRO, E. B. et al. Uma abordagem normativa dos resíduos sólidos de saúde e a questão ambiental. **REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 22, 2009.

VITAL, M. S. B.; GUIMARÃES, P. S. S. Plano de Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde: descortinando conhecimento dos enfermeiros. *GEP NEWS*, Maceió, v.1, n.1, p. 167-171, jan./mar. 2018.

WEIAND, S. G.; NODARI, C. H.; OLEA, P. M.; DORION, E.; GANZER, P. P.; SEVERO, E. A.. Identificação das inovações nos hospitais que integram o Sistema de Saúde de Caxias do Sul RS. *Espacios*, Caracas, v.34, p.1, 2013.

ZAJAC, L. M. A.; FERNANDES, O. R.; DAVID, C. J.; AQUINO, S. Logística reversa de resíduos classe D em ambiente hospitalar: monitoramento e avaliação da reciclagem no hospital Infantil Cândido Fontoura. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, vol. 5, núm. 1, enero-abril, pp. 78- 93, 2016.

4.5 PANDEMIA DA COVID-19 E OS IMPACTOS DA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM LIXÕES NO BRASIL

ARAÚJO, Marcos Pereira de
PPEAMB/UFRPE
marcoseng.unipe@gmail.com

GUEDES, Flávio Leôncio
Gampe/UFRPE, GRS/UFRPE
guedsflav@gmail.com

ALMEIDA, Irene Maria Silva de
Gampe/UFRPE, Gpesa/ UFRPE, ELO Ambiental
irenealmeida@live.com

LIMA, Iara Lícia Pereira
Gampe/UFRPE, PPEAMB/UFRPE
iaraliciapl@gmail.com

RESUMO

As doenças que atingem um cenário pandêmico ocasionam consequências devastadoras para a sociedade há muitos anos, provocando grandes desafios para a saúde pública e todas as esferas que com ela se relacionam. Com o surgimento da Covid-19 e sua proporção de pandemia, houve o evidenciamento de uma realidade vivida por grande parte da população brasileira: a falta de políticas eficazes de saúde e de saneamento básico, incluindo a gestão dos resíduos sólidos. Apesar da notória importância da gestão ambientalmente adequada dos resíduos para o fortalecimento do combate e da cultura de prevenção contra o novo coronavírus, ainda há escassez de estudos a respeito da atual configuração global. Diante disso, este escrito teve como objetivo realizar algumas considerações sobre a disposição final inadequada de resíduos sólidos frente ao cenário pandêmico no Brasil, enfatizando o potencial de contaminação que os resíduos dispostos irregularmente possuem diante daqueles que o manuseiam sem proteção adequada. Dessa forma, foi realizado um estudo exploratório, no qual foram relacionados os impactos ambientais devido à Pandemia da Covid-19 com a disposição inadequada de resíduos em lixões a céu aberto. Os impactos relacionados aos resíduos sólidos em ambientes urbanos destacam-se, além do problema de saúde pública, as inundações e deslizamentos de terra. A temática é justificada pela importância do direcionamento à sustentabilidade mediante um contexto complexo que engloba as esferas ambiental, social e econômica.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de resíduos, Saúde Pública, Coronavírus.

1 INTRODUÇÃO

As doenças que atingem um cenário pandêmico ocasionam consequências devastadoras para a sociedade há muitos anos, provocando grandes desafios para a saúde pública e todas as esferas que com ela se relacionam (FREITAS et al., 2021). Em dezembro de 2019, na Cidade de Wuhan, província de Hubei, na China, foi identificado o novo coronavírus *SARS-CoV-2*, agente etiológico da Covid-19, responsável por causar a Síndrome Respiratória Aguda Grave (ALMEIDA, 2020; ABREU; GOMES; TAVARES, 2021). Embora o epicentro da pandemia tenha ocorrido neste local, o risco de contágio não se limita à região e, em 11 de março de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) classificou a Covid-19 como uma pandemia após acometer 118.000 indivíduos e se espalhar em mais de 114 países (SHEREEN et al., 2020). Para IQBAL et al. (2020), devido à disseminação contínua, o coronavírus é considerado o vírus mais impactante e letal ao qual o ser humano já foi exposto.

A pandemia da Covid-19 evidenciou uma realidade vivida por grande parte da população brasileira: a falta de políticas eficazes de saúde e de saneamento básico, incluindo a gestão dos resíduos sólidos (COSTA, 2021). Segundo o autor, os descartes dos resíduos permitem a compreensão da relação sociedade e natureza, visto que os locais de disposição final inadequados se tornaram pontos focais de subsistência humana, o que demonstra uma falha no sistema público de coleta. Tal precariedade pode ocasionar a contaminação dos resíduos com o novo coronavírus, tornando-os um preocupante veículo de transmissão desta doença.

Assim, devido ao vírus persistir em diferentes superfícies por horas ou dias, descartar os resíduos arbitrariamente pode colocar em risco as vidas das pessoas que buscam sobrevivência e a dos trabalhadores envolvidos na gestão de resíduos (FREITAS et al. 2020), pois raramente estes atores estão equipados com Equipamento de Proteção Individual (EPI) (ALMEIDA et al., 2021). Logo, o manuseio seguro e a disposição final ambientalmente adequada desses resíduos são elementos substanciais para uma resposta efetiva a emergências como a pandemia da Covid-19.

Contudo, apesar da notória importância, ainda há escassez de estudos sobre o gerenciamento de resíduos na atual configuração global (RAGAZZI; RADA; SCHIAVON, 2020; MARCUCCI; BORGES, 2021). Diante disso, objetivou-se realizar algumas considerações sobre a disposição final inadequada de resíduos sólidos frente ao cenário pandêmico no Brasil, enfatizando o potencial de contaminação que os resíduos dispostos irregularmente possuem diante daqueles que o manuseiam sem proteção adequada. A temática é justificada pela importância do direcionamento à sustentabilidade mediante um contexto complexo que engloba as esferas ambiental, social e econômica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Resíduos Sólidos, Saúde e Meio Ambiente

A gestão integrada de resíduos sólidos é um dos elementos mais importantes nas atuais cidades e países em desenvolvimento. A gestão inadequada destes elementos, juntamente com o aumento da população, contribui para a geração de problemas, tanto ambientais, como de saúde. Fatores como a falta de conhecimento técnico e de conscientização, além da ausência de investimentos e de implementação de políticas públicas, são razões que contribuem para a problemática supracitada e acabam por potencializar as falhas no gerenciamento dos resíduos sólidos (VENKITEELA, 2020).

No Brasil, o manejo dos resíduos sólidos é determinado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010) a qual está intimamente relacionada à Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) estabelecida pela Lei 14.026/20, que relaciona serviços, infraestrutura e instalações operacionais do setor (BRASIL, 2020). Nesse contexto, a gestão integrada dos resíduos sólidos se apresenta como uma medida relevante e indispensável para a qualidade ambiental e a saúde pública, uma vez que as relações entre saneamento, meio ambiente e saúde pública são estreitas e extremamente importantes para o desenvolvimento de qualquer localidade (ARAÚJO; NÓBREGA, 2020).

Para Silva, Assumpção e Kligerman (2020), a relação entre saneamento, saúde e meio ambiente tem sido amplamente discutida, principalmente em razão do comprometimento ambiental decorrente do consumo e da conseqüente degradação dos recursos naturais e grande geração de resíduos.

Diante desse contexto, torna-se evidente que “o gerenciamento dos resíduos sólidos é um desafio para os gestores públicos e privados que almejam a sustentabilidade” (PALÁCIO; GUIMARÃES, 2020, p. 46). Assim, para que exista a possibilidade de gerar uma sistematização de ações no direcionamento da sustentabilidade, é necessária uma harmonização entre os diferentes atores envolvidos (MARCUCCI; BORGES, 2021).

Além disso, é importante considerar que os impactos decorrentes de problemas que comprometem a qualidade da saúde humana podem gerar efeitos negativos e potencializar as problemáticas relacionadas ao ambiente urbano, como no caso do saneamento e dos resíduos sólidos. Com a pandemia do Covid-19, este fato acabou sendo evidenciado e tendo impactos diretos principalmente nas populações com condições sociais mais baixas e atingidas pelas deficiências na infraestrutura urbana (COSTA, 2021).

2.2 Covid-19 e os Resíduos Sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010) aborda a gestão integrada e o gerenciamento dos resíduos sólidos, bem como outros dispositivos para efetivação da destinação adequada e sua respectiva responsabilidade compartilhada com a devida. Estes resíduos são de origens, composições e características diversas e devido a isso a PNRS classifica-os de acordo com sua origem para orientar a destinação adequada, com vistas a facilitar o gerenciamento e garantir segurança ao homem e ao

ambiente (SILVA et al., 2021). A gestão da tipologia do material tem responsabilidade definida por legislação específica e resulta em sistemas diferenciados de coleta, tratamento, destinação e disposição final.

O Art. 13 da PNRS (BRASIL, 2010) trata dos resíduos que apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental. A classificação destes resíduos é apresentada na PNRS de acordo com as características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade. Para a NBR 10.004 (ABNT, 2004), os resíduos que têm patogenicidade são considerados como resíduos perigosos, devido aos riscos oferecidos à sociedade e ao ambiente.

A pandemia apresentou grandes desafios ambientais, incluindo resíduos sólidos urbanos e gestão de resíduos médicos perigosos (KULKARNI; ANANTHARAMA, 2020). O aumento de casos de Covid-19 também levantou preocupações em todo o mundo sobre os riscos de contaminação associados ao gerenciamento de resíduos sólidos, principalmente com foco em resíduos médicos e domésticos, uma vez que muitos pacientes diagnosticados não precisam de hospitalização e permanecem em isolamento domiciliar (PENTEADO; CASTRO, 2021).

No contexto dos possíveis impactos decorrentes da Covid-19, a gestão integrada dos resíduos sólidos passou a ser vista sob novas perspectivas, principalmente no que diz respeito ao planejamento do gerenciamento dos resíduos. As questões relacionadas a estes aspectos têm exigido novas formas de organização das ações para garantir segurança e proteção (SHARMA et al., 2020; MARCUCCI; BORGES, 2021).

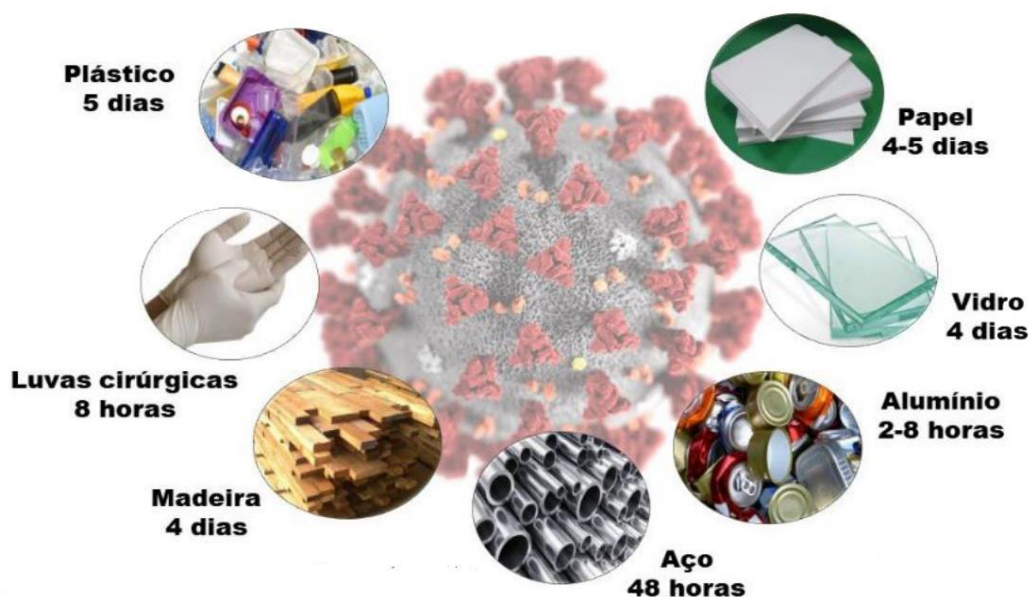
Devido ao cenário pandêmico, a gestão dos resíduos de serviços de saúde (RSS), especialmente, passou a ser realizada conforme o surgimento e o aprimoramento das técnicas e medidas sanitárias desenvolvidas pelos países atingidos, incluindo as diretrizes especiais de gerenciamento apresentadas pela Organização Mundial de Saúde - OMS (NGHIEM et al., 2020; DAS et al., 2021). Nesse sentido, é importante considerar a classificação dos RSS, de acordo com a Resolução nº 5, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 1993). Segundo a Resolução supracitada, os RSS podem ser classificados em quatro grupos, que são: GRUPO A - resíduos que podem apresentar agentes biológicos, como sangue, hemoderivados, tecidos, órgãos e meios de cultura, dentre outros; GRUPO B - resíduos que podem comprometer a qualidade ambiental e de saúde devido características químicas, como medicamentos vencidos e/ou não utilizados, drogas quimioterápicas, produtos tóxicos, corrosivos, dentre outros; GRUPO C - rejeitos radioativos, como materiais radioativos ou contaminados com radionuclídeos; e GRUPO D - resíduos comuns que não estão enquadrados nos Grupos A, B e C.

Sendo assim, no contexto da pandemia, acredita-se que os resíduos de saúde infecciosos, principalmente os provenientes de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), demandem a efetivação de medidas mais rigorosas relacionadas ao gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde na pandemia (DAS et al., 2021).

Apesar disso, é importante considerar que o impacto dos resíduos patológicos, radioativos, perfurocortantes e farmacêuticos também influenciam na forma como é tratada a gestão destes. Resíduos de materiais perfurocortantes e resíduos farmacêuticos, por exemplo, devem ser tratados com cuidado redobrado e gerenciados adequadamente durante a pandemia, visto que trabalhadores responsáveis pela coleta, assim como catadores de resíduos, podem ser acidentalmente infectados por material contaminado durante a coleta em unidades de tratamento designadas, podendo aumentar a transmissão na comunidade (DAS et al., 2021).

Vale destacar que todo resíduo, independentemente de ser RSS, caracteriza-se como potencial veículo de transmissão. O novo coronavírus apresenta longa persistência em algumas superfícies inanimadas (Figura 1) como alumínio (até 8 horas, a 21 °C), plástico (até 6 dias, entre 22 °C e 25 °C), metal e cerâmica (5 dias), vidro e madeira (4 dias) em temperatura ambiente (KAMPF et al., 2020; LEE et al., 2020; ABRELPE, 2020).

Figura 1. Persistência do Coronavírus em Materiais



Fonte: Adaptado de ABRELPE (2020)

Para Medeiros, Gouveia e Guedes (2021), este aspecto relacionado à persistência do coronavírus em materiais acaba dificultando ainda mais a instauração dos processos e fluxos dos resíduos e, conseqüentemente, a busca por condições que garantam a segurança sanitária e ambiental.

Diante disso, é importante considerar a adoção de medidas que podem contribuir para a redução do contágio através dos resíduos sólidos. Dentre algumas, pode-se destacar:

Separar e higienizar corretamente os resíduos; mantê-los em quarentena antes do descarte; descartar os resíduos em sacos devidamente vedados; caso o resíduo apresente algum risco para os responsáveis pela coleta, deve conter um aviso de perigo sob risco de acidente; catadores e demais responsáveis pelo

manejo, tratamento e disposição devem estar devidamente equipados com EPI's (ARAÚJO et al., 2021).

Para Kulkarni e Anantharama (2020), a atual crise do coronavírus testa o sistema pré-pandêmico de gestão de resíduos principalmente nos municípios, destaca as lacunas e oferece oportunidades para estabelecer um sistema de gestão de resíduos sustentável. Marcucci e Borges (2021) corroboram com este fato, ao destacarem que é necessário que sejam definidas metas que possibilitem a busca pela sustentabilidade ambiental durante e após a pandemia, e destacam, ainda, que, para isso, torna-se necessário a definição e implementação de políticas públicas. Ainda nesse contexto, Penteado e Castro (2021) esclarecem que a gestão de resíduos sólidos municipais no Brasil ainda é uma questão sem solução, e a pandemia tem contribuído para novos desafios principalmente em municípios que apresentam uma gestão de resíduos deficiente.

A disposição inadequada dos resíduos sólidos é uma das principais preocupações relacionadas ao contexto destes materiais (BARROSO et al., 2020). Isso ocorre principalmente porque muitas vezes estes resíduos são dispostos em locais inadequados, contribuindo para o comprometimento da qualidade ambiental e para consequências que podem representar uma ameaça à saúde humana (SILVA; SOUSA, 2020; SILVA, D. et al., 2020). Nesse contexto, Silva, G. et al. (2020) destacam que:

O fato de que resíduos são lançados na natureza de uma forma que não consiga se recuperar deste ato, já apresenta um grande problema com relação à preservação do meio ambiente, e isso pede uma atenção especial em busca de soluções viáveis e benéficas tanto para o desenvolvimento humano quanto para a natureza, garantindo assim que gerações futuras tenham também recursos e possibilidades para viverem com saúde e se desenvolverem (SILVA, G. et al., 2020, p. 275).

Com a pandemia de Covid-19 o desafio relacionado à disposição final dos resíduos sólidos tornou-se maior principalmente devido ao aumento do volume de resíduos domésticos e resíduos hospitalares, assim como ao fato de que a disposição final pode representar uma forma de contaminação e disseminação do vírus (SANGKHAM, 2020; PENTEADO; CASTRO, 2021; ZHAO et al., 2021).

3 METODOLOGIA

A pesquisa se estruturou através de um estudo exploratório, no qual foram relacionados os impactos ambientais devido à Pandemia da Covid-19 com a disposição inadequada de resíduos no Brasil, bem como analisado o panorama da disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil em lixões a céu aberto. A pesquisa exploratória é realizada sobre uma temática de pesquisa que geralmente são assuntos com pouco estudo anterior a seu respeito (PIOVESAN et al., 1995).

Na primeira etapa foi realizado um levantamento documental e de coleta de dados relacionados à geração RSU, contidas no Panorama de Resíduos Sólidos, fornecidos pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

(ABRELPE) e Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), referente ao ano de 2019, onde foram coletadas as informações sobre disposição final.

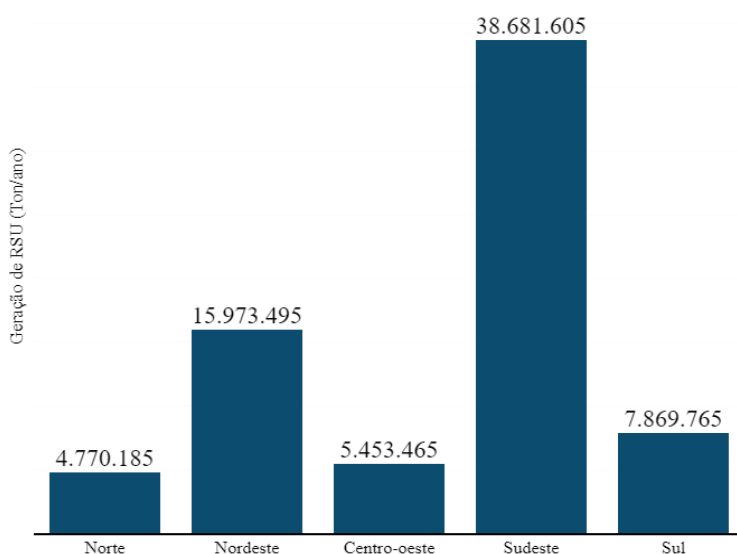
Já na segunda etapa foi realizado um levantamento do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil em relação à destinação de RSU em lixões ou aterros controlados e relacionados com os possíveis impactos ambientais em decorrência da disposição irregular, como a poluição do ar e da água, emissão de gases do efeito estufa, atração de vetores e, como está problemática na gestão e gerenciamento dos resíduos torna-se um agravante no enfrentamento à Covid-19 no Brasil.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Panorama dos RSU no Brasil

Entre 2010 e 2019, a geração de RSU no Brasil registrou um aumento de 67 milhões para 79 milhões de toneladas por ano (ABRELPE, 2020). A região sudeste foi a que mais teve contribuição na geração de RSU, por sua vez, a região norte foi a que teve menor contribuição na geração (Figura 2).

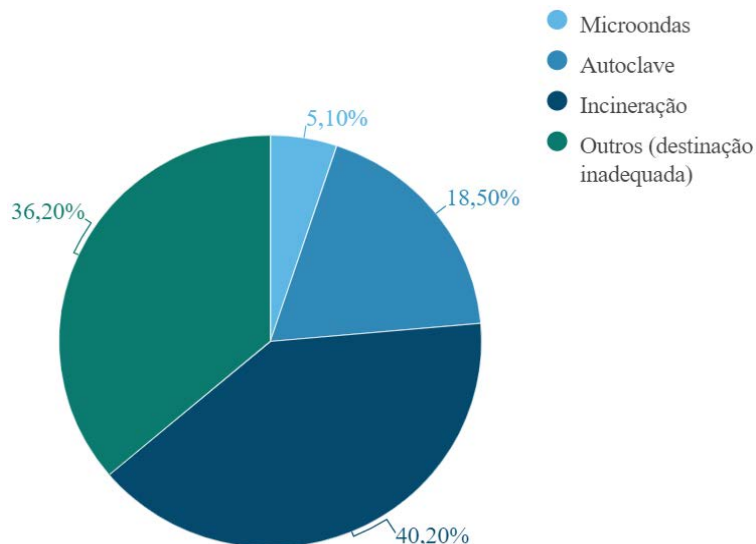
Figura 2. Geração de RSU por região do Brasil, ano-base 2019



Fonte: Adaptado de ABRELPE (2020)

De acordo com a ABRELPE (2020), em 2019, o volume coletado de Resíduos de Serviço de Saúde (RSS) foi de 253 mil toneladas, com destinação inadequada para RSS, apesar dos avanços observados no período analisado, cerca de 36% dos municípios brasileiros, ou seja, ainda destinaram os RSS sem nenhum tratamento prévio, o que contraria as normas vigentes e apresenta riscos diretos aos trabalhadores, à saúde pública e ao meio ambiente (Figura 3).

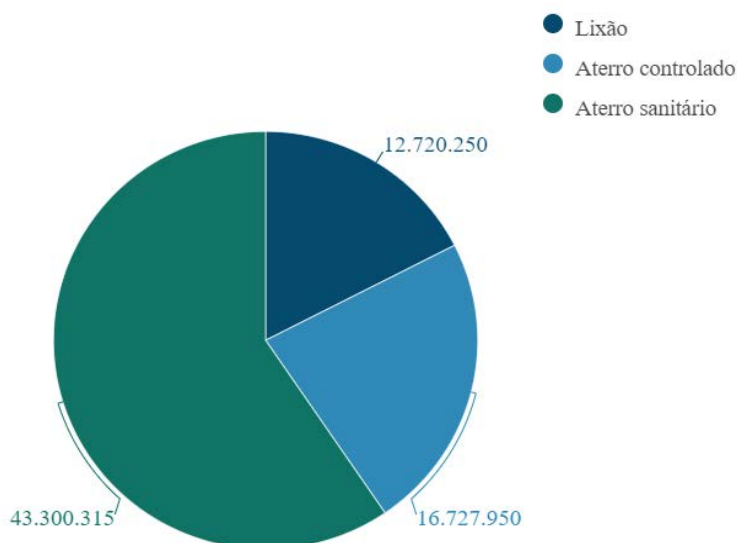
Figura 3. Destino do RSS coletado no Brasil, ano-base 2019



Fonte: Adaptado de ABRELPE (2020)

Em 2019, 60% dos RSU coletados seguem à disposição em aterros sanitários, tendo registrado 43 milhões de toneladas. Já a quantidade de resíduos que segue para unidades inadequadas (lixões e aterros controlados) somaram 40% com 29 milhões de toneladas por ano (Figura 4).

Figura 4. Destino final dos RSU no Brasil, ano-base 2019



Fonte: ABRELPE (2020)

Frente a este cenário, a crescente geração de resíduos sólidos no Brasil vinculada à carência de gestão e gerenciamento, configura uma problemática para a sociedade civil e para instituições responsáveis por esta destinação ambientalmente adequada, visto que, na maioria dos casos, o destino e disposição final dos resíduos contradiz a legislação ambiental vigente.

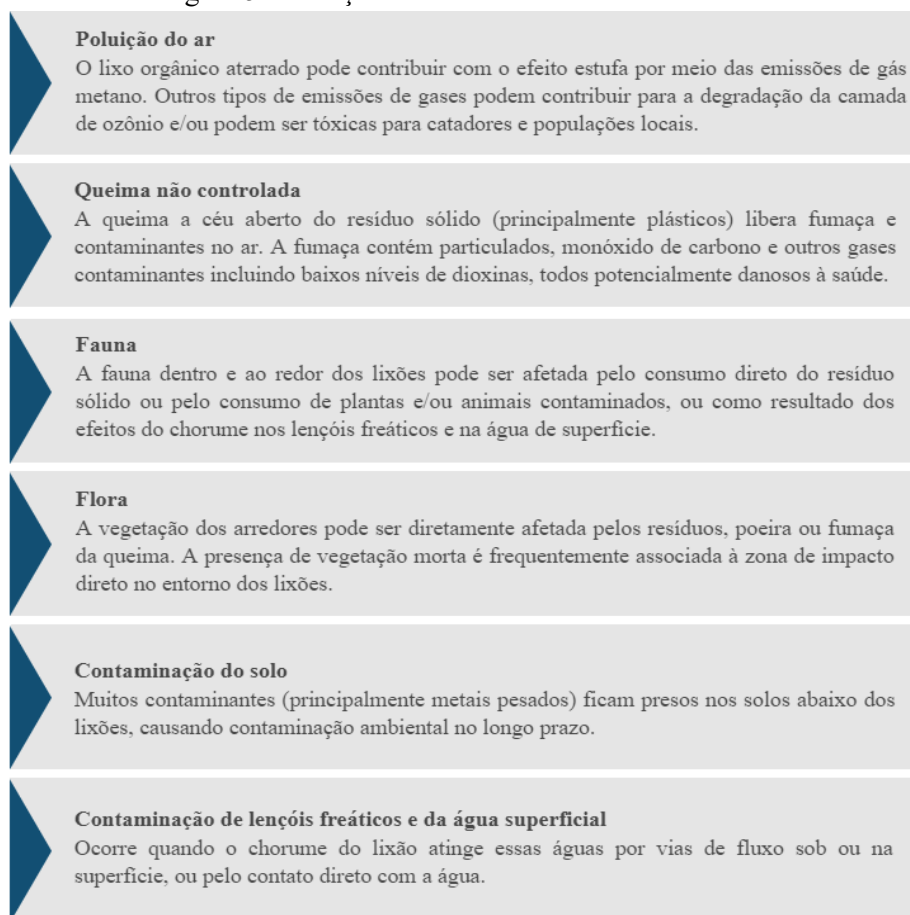
Para além deste cenário que ilustra a realidade no Brasil, é válido ressaltar o atual cenário pandêmico mundial. De acordo com Klemes et al. (2020), a pandemia do Covid-19 vem elevando o consumo por materiais de baixo ciclo de vida, como as máscaras e outros itens

de higiene, resultando no aumento da geração de resíduos sólidos no mundo. A exemplo da pandemia como agravante à esta discussão no Brasil tem-se o município de São Luís - MA que demonstrou diminuição na geração de resíduos domiciliares em períodos de isolamento social, em contrapartida, houve uma elevação dos resíduos de serviços de saúde (RSS) pelo aumento do número de infectados (COSTA et al., 2020). Com isso, os resíduos sólidos no Brasil configuram uma realidade negativa e que, diante da perspectiva da pandemia, esta situação torna-se agravada, não apenas pelo aumento do volume dos mesmos, mas principalmente, pela escassez de destinação e disposição ambientalmente adequadas.

4.2 Impactos Ambientais associados a Lixões

Os diferentes fluxos de resíduos dispostos nos lixões determinam não somente os impactos ambientais (Figura 5), mas também os impactos à saúde (MAVROPOULOS, 2015).

Figura 5. Interações entre o lixão e o meio ambiente



Fonte: Adaptado de MAVROPOULOS, (2015)

Segundo Silva e Almeida (2019) dentre os desastres e danos ambientais relacionados aos resíduos sólidos em ambientes urbanos, destacam-se, além do problema de saúde pública, as inundações e deslizamentos de terra, porém, com as constantes mudanças destes ambientes os impactos ambientais são dinâmicos assim como as modificações no ambiente. Além destas dinâmicas urbanas, os danos ambientais referentes aos resíduos

sólidos conferem um problema que percorre um ciclo do meio natural para o ambiente urbano (CAVALCANTI et al., 2019).

4.3 Lixões e Pandemia da COVID-19

De acordo com Mavropoulos (2015), as exposições aos riscos biológicos derivados dos RSS ocorrem quando trabalhadores ou catadores informais tentam recuperar elementos úteis, como recicláveis. Nesse contexto, os trabalhadores podem ficar expostos aos patógenos transmitidos pelo ar quando o resíduo chega ao lixão.

Para além dos resíduos de serviço de saúde (RSS), a coleta seletiva no Brasil foi paralisada em virtude da pandemia, objetivando a minimização do contágio através da reciclagem, fazendo assim com que todos os resíduos sólidos urbanos (RSU) fossem destinados à coleta urbana, resultando em disposição inadequada destes materiais em grandes áreas à céu aberto e em áreas carentes dos municípios, provavelmente, agravando a situação do contágio e os riscos inerentes aos resíduos sólidos nos “lixões” do país (MENDONÇA; OLIVEIRA; LIMA, 2021).

A população mais afetada pela disposição inadequada de resíduos em depósitos à céu aberto (popularmente conhecidos como “lixões”) são os catadores de materiais recicláveis. Trazendo para o cenário atual da Covid-19, a má gestão e gerenciamento dos resíduos urbanos e de serviços de saúde podem resultar na contaminação destes, por consequência, na contaminação de indivíduos que por ventura entrem em contato com estes materiais. Com isso, agravando este problema de saúde pública através dos catadores e de outros trabalhadores que atuam na coleta pública urbana.

Santana, Marchi e Da Porciuncula (2020) enfatizam que estes trabalhadores não possuem políticas públicas de apoio às suas atividades de trabalho, estando expostos à situações de risco e insalubridade, e que foram agravadas com a doença, não possuindo suporte durante a pandemia do coronavírus.

Com isso, é interessante visualizar que o aumento da geração dos resíduos sólidos, a sua consequente ausência de gestão e gerenciamento adequados, somados aos impactos ambientais inerentes a esta atividade e à escassez de políticas públicas adequadas, o Brasil encontra-se em um cenário preocupante quanto ao gerenciamento dos resíduos sólidos frente à pandemia da Covid-19.

Diante da discussão que envolve a disposição inadequada dos resíduos e a transmissão de patógenos vinculados a estes materiais, em especial a Covid-19, é imprescindível que haja conhecimento no que se refere às rotas tecnológicas dos resíduos sólidos, visando minimizar ou mitigar o contágio através destes materiais. Mesmo que as rotas tecnológicas sejam diferentes em decorrência das particularidades de cada ambiente, alguns cuidados devem ser considerados para a minimização da transmissão do coronavírus, ainda que a disposição final não seja legalmente e ambientalmente adequada. Araújo et al. (2021) destaca como medidas relevantes para auxiliar no controle desta

problemática a segregação e correta higienização dos resíduos; mantê-los em quarentena; realizar o descarte em sacos devidamente vedados; dispor de aviso nos sacos de descarte, caso os resíduos confirmem riscos à saúde de trabalhadores; utilização de EPI's por trabalhadores de coleta urbana e materiais recicláveis.

Os catadores de materiais recicláveis e os trabalhadores da coleta urbana, que são os principais agentes que possuem contato com os resíduos, na maioria das vezes atuam em condições insalubres e sem o acesso às medidas essenciais de segurança, assim, cabe à população, poder público e entidades particulares praticar o conceito de responsabilidade compartilhada para minimizar a disseminação do contágio através dos resíduos sólidos. Dessa maneira, Medeiros, Gouveia e Guedes (2021) afirmam que é imprescindível a orientação e ações de educação para a sustentabilidade junto à sociedade civil, visto que, são os principais responsáveis pela segregação e manejo dos resíduos.

5 CONCLUSÕES

Impactos relacionados aos resíduos sólidos em ambientes urbanos destacam-se, além do problema de saúde pública, as inundações e deslizamentos de terra. Além destas dinâmicas urbanas, os danos ambientais conferem um problema que percorre um ciclo do meio natural para o ambiente urbano.

Em 2019, o volume coletado de RSS foi de 253 mil toneladas, sendo 36% dos municípios brasileiros com destinação inadequada. Já dos RSU coletados, a quantidade que segue para unidades inadequadas (lixões e aterros controlados) somaram 40% com 29 milhões de toneladas por ano.

Frente a este cenário, a crescente geração de resíduos sólidos no Brasil vinculada à disposição inadequada em época de Pandemia afeta a vida das pessoas que trabalham com esses materiais, que são os principais agentes que entram em contato com os resíduos, e na maioria das vezes atuam em condições insalubres e sem o acesso às medidas essenciais de segurança, com as exposições aos riscos biológicos derivados dos RSS.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Poscivil/UFPE), Engenharia Agrícola (PGEA/UFRPE) e Engenharia Ambiental (PPEAMB/UFRPE); aos Grupos de Pesquisa em Resíduos Sólidos (GRS/UFPE), Gestão Ambiental em Pernambuco (Gampe/UFRPE) e ao Grupo de Pesquisa Ambiência (Gpesa/UFRPE) pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa. Agradecem também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES – Código de Financiamento 001), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pelos financiamentos das bolsas de estudo e produtividade.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004: Classificação dos Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. Abrelpe, São Paulo/SP. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2020>> . Acesso em: 05 abr. 2021.

ABREU, R. E. O.; GOMES, E. S.; TAVARES, C. M. Risco de contágio por Covid-19 no descarte de resíduos sólidos no litoral de Pernambuco. In: EL-DEIR, S. G. **Resíduos Sólidos e Covid-19**. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021. Cap. 1.5. p. 63-71.

ALMEIDA, I. M. S.; SILVA, K. A.; GUEDES, F. L.; SANTOS, A. G. A exposição de catadores de resíduos recicláveis a riscos ocupacionais. In: MENEZES, N. S. et al (Org.). **Resíduos sólidos: educação e meio ambiente**. Recife: Edufrpe, 2021. Cap. 2.2. p. 190-203.

ALMEIDA, I. M. S. **Plano de Contingenciamento: prevenção e combate à Covid-19**. Caruaru: Grupo Provider, 2020. 26 p.

ARAÚJO, M. P.; NÓBREGA, L. A. Indicadores epidemiológicos associados aos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário no município de Bayeux-PB. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 12, n. 3, p. 13-24. Disponível em: <<https://revistas2.uepg.br/index.php/ret/article/view/15095/209209213698>>. Acesso em: 31 mar. 2021.

ARAÚJO, V. G. M.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; BARBOSA, G. S.; EL-DEIR, S. G. Utilização de tecnologias da informação e comunicação (TIC) na educação para a sustentabilidade em tempos de pandemia. In: EL-DEIR, S. G. **Resíduos Sólidos e Covid-19**. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021. Cap. 1.2. p. 26-39.

BARROSO, D. F. R.; SILVA, G. F.; CAVALCANTE-NETO, A. A.; PARENTE, I. P. Reaproveitamento de resíduos sólidos como instrumento de gestão ambiental urbana e de educação ambiental comunitária. In: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R. A.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2020. Cao. 1.6, p. 78-89.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. **Lei Nº 14.026, de 15 de Julho de 2020**. Brasília, DF, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm#art6>. Acesso em: 10 abr. 2021.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.. **Lei Nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010**. Brasília, DF, 02 ago. 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>> . Acesso em: 10 abr. 2021.

CAVALCANTI, M. L. C.; CRUZ, A. D.; MOURA, I. A. A.; CAVALCANTI, R. S. T. Avaliação do Cenário Jurídico e Políticas Públicas no Setor de Resíduos Sólidos. In: NUNES, I. L. S.;

- PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Os desafios da gestão**. 1ª edição. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 21-30.
- COSTA, R. C. Dinâmicas do saneamento básico, resíduos sólidos e Covid-19 na cidade de Manaus – AM. *In*: EL-DEIR, S. G. **Resíduos Sólidos e Covid-19**. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021. p. 40-52.
- COSTA, L. N.; FRANÇA, A. A. C.; FRANÇA, P. S. S.; BORGES, J. A.; MADUREIRA, H. P.; MACIEL, R. F. Covid-19: O isolamento social e a geração de resíduos sólidos da cidade de São Luís - MA. **HOLOS**, v. 5, p. 1-11, 2020. DOI: 10.15628/holos.2020.10786.
- DAS, A. K.; ISLAM, N.; BILLAH, M.; SARKER, A. COVID-19 pandemic and healthcare solid waste management strategy - a mini-review. **Science of The Total Environment**, v. 778, 2021: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146220>.
- FREITAS, B. D. L. C.; TAVARES, C. M.; OLIVEIRA, S. A.; MENDONÇA, A. T. Potencial contágio dos transeuntes por Covid -19 nos shopping centers da RMR, Pernambuco. *In*: EL-DEIR, S. G. **Resíduos Sólidos e Covid-19**. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021. Cap. 1.6. p. 72-81.
- IQBAL, M. M.; ABID, I.; HUSSAIN, S.; SHAHZAD, N.; WAQAS, M. S.; IQBAL, M. J. The effects of regional climatic condition on the spread of COVID-19 at global scale. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 739, p. 140101, out. 2020. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140101>.
- KAMPF, G.; TODF, D.; PFAENDER, S.; STEINMANN, E. Persistenc of Coronaviruses on Inanimate Surfaces and Their Inactivation with Biocidal Agents. **Journal of Hospital Infection**, 2020, v.104, p. 246-251.
- KLEMES, J. J.; FAN, Y. V.; TAN, R. R.; JIANG, P. Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 127, p. 109883, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109883>.
- KULKARNI, B. N.; ANANTHARAMA, V. Repercussions of COVID-19 pandemic on municipal solid waste management: Challenges and opportunities. **Science of the Total Environment**, v. 743, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140693>.
- LEE, S. E.; LEE, D. Y.; LEE, W. G.; KANG, B. H.; JANG, Y. S.; RYU, B.; LEE, S. J.; BAHK, H.; LEE, E. Detection of novel coronavirus on the surface of environmental materials contaminated by COVID-19 patients in the Republic of Korea. **Osong public health and research perspectives**, v. 11, n. 3, p. 128, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.24171%2Fj.phrp.2020.11.3.03>.
- MARCUCCI, J. C.; BORGES, A. C. G. Sustentabilidade e resíduos sólidos urbanos no cenário da pandemia da covid-19. *In*: EL-DEIR, S. G. (org.). **Resíduos Sólidos e covid-19**. Ed. Especial. Recife: EDUFRPE, 2021. cap. 1, p. 11-25.
- MAVROPOULOS, A. **Saúde Desperdiçada: O Caso dos Lixões**. 2015. International Solid Waste association. ISWA. Abrelpe, São Paulo/SP. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-saude-desperdicada/> .Acesso em: 06 abr. 2021.

MEDEIROS, R. Y. S.; GOUVEIA, T. X.; GUEDES, F. L. Potencial contágio da Covid-19 e outras doenças pelos catadores em Recife - PE. In: EL-DEIR, S. G. **Resíduos Sólidos e Covid-19**. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021. Cap. 3.2. p. 179-190.

MENDONÇA, E. A. S.; OLIVEIRA, F. C. S. F.; LIMA, I. L. P. Relação entre Covid-19 e resíduos sólidos em localidades de menor IDH em Recife - PE. In: EL-DEIR, S. G. **Resíduos Sólidos e Covid-19**. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021. Cap. 1.4. p. 53-64.

NGHIEM, L. D.; MORGAN, B.; DONNER, E.; SHORT, M. D. The COVID-19 pandemic: Considerations for the waste and wastewater services sector. **Case Studies in Chemical and Environmental Engineering**, v. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100006>.

PALÁCIO, F. M. L.; GUIMARÃES, R. Q. Educação e responsabilidade ambiental; sensibilização sobre meio ambiente e resíduos sólidos em uma escola no município de Paragominas - PA. In: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R. A.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 44-52.

PENTEADO, C. S. G.; CASTRO, M. A. S. Covid-19 effects on municipal solid waste management: what can effectively be done in the brazilian scenario? **Resources, Conservation and Recycling**, v. 164, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105152>.

PIOVESAN, A.; TEMPORINI, R.; THEODORSON, G. A.; THEODORSON, A. G. **Pesquisa exploratória: procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública**. vol.29, n.4, pp.318-325.1995.

RAGAZZI, M.; RADA, E. C.; SCHIAVON, M. Municipal solid waste management during the SARS-COV-2 outbreak and lockdown ease: Lessons from Italy. **Science of the Total Environment**, [S.L.], v. 745, p. 141159, nov. 2020. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141159>.

SANGKHAM, S. Face mask and medical waste disposal during the novel COVI-19 pandemic in Asia. **Case Studies in Chemical and Environmental Engineering**, v. 2, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100052>.

SANTANA, J. S.; MARCHI, C. M. D. F.; DA PORCIUNCULA, D. C. L. Cooperativas de catadores de resíduos sólidos de Salvador: condições de trabalho dos idosos em tempo de pandemia covid-19. **SEMOG-Semana de Mobilização Científica-Envelhecimento em tempos de pandemias**, 2020.

SHARMA, H. B.; VANAPALLI, K. R.; CHEELA, V. R. S.; RANJAN, V. P.; JAGLAN, A. K.; DUBEY, B.; GOEL, S.; BHATTACHARYA, J. Challenges, opportunities, and innovations for effective solid waste management during and post COVID-19 pandemic. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 162, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105052>.

SHEREEN, M. A.; KHAN, S.; KAZMI, A.; BASHIR, N.; SIDDIQUE, R. COVID-19 infection: Origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses. **Journal of Advanced Research**, [S.L.] v. 24, pp. 91-98, July 2020. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2020.03.005>.

SILVA, M. P.; ASSUMPCÃO, R. F.; KLIGERMAN, D. C. Bacias hidrográficas transfronteiriças: saneamento e saúde ambiental sem fronteiras. **Saúde Debate**, v. 44, n. 124, p. 251-262, 2020. Disponível em: <<https://scielosp.org/article/sdeb/2020.v44n124/251-262/>>. Acesso em: 05 abr. 2021.

SILVA, T. S.; ÂNGELO, G. F.; LIMA, I. L. P.; SOUZA, A.L. Análise dos protocolos de gerenciamento de resíduos sólidos recicláveis de instituições públicas na prevenção da Covid-19. In: EL-DEIR, S. G. **Resíduos Sólidos e Covid-19**. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021. Cap. 3.1, p. 165-178.

SILVA, V. P.; ALMEIDA, L. M. C. A. Resíduos sólidos versus desastres urbanos: alguns aportes teóricos. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. **Resíduos Sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas**. Recife: Edufrpe.Gampe, 2019. Cap.1.1. p. 18-30.

SILVA, G. C.; PINHEIRO, D. B. P.; SILVA, T. J. S.; WETTERS, M. F. L. F. Obtenção de agregado miúdo a partir do resíduo da concha de sarnambi (*Anomalocardia brasiliiana*). In: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R. A.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2020. Cap. 5.3, p. 275-286.

SILVA, D. D. S.; RODRIGUES, J. B.; ERICEIRA, M. P.; SILVA, A. C. Análise da disposição irregular de resíduos sólidos urbanos; estudo de caso em área de disposição inadequada no bairro COHAB em São Luís - MA. In: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R. A.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2020. Cap. 7.1, p. 407-414.

SILVA, A. I. F.; SOUSA, D. B. Percepção de consumidores de São Luís - MA quanto à logística reversa. In: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R. A.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2020. Cap. 1.5, p. 66-77.

VENKITEELA, L. K. Status and challenges of solid waste management in Tirupati city. **Materials Today: Proceedings**, v. 33, p. 470-474, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.044>.

ZHAO, H.; LIU, H.; WEI, G.; WANG, H.; ZHU, Y.; ZHANG, R.; YANG, Y. Comparative life cycle assessment of emergency disposal scenarios for medical waste during the COVID-19 pandemic in China. **Waste Management**, v. 126, p. 388-399, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.03.034>.

4.6 ESTUDO DA VIABILIDADE PARA DESTINAÇÃO DO LODO EM CORPOS HÍDRICOS

ALBUQUERQUE, Milla Gomes
UFRPE
millagomes0410@gmail.com

SOUSA, Shara Sonally Oliveira de
UFRPE
sharaoliveirassos@gmail.com

TAVARES, Rosângela
UFRPE
rosangelagtavares@gmail.com

ANDRADE, Patrícia Karla Batista
UFRPE
patricia.andrade@ufrpe.br

RESUMO

O processo de tratamento de água tem como resultado água tratada e geração do lodo nos decantadores e filtros da Estação de Tratamento de Água (ETA). O coagulante mais utilizado é o sulfato de Alumínio (Al) em ETAs. O lodo possui alta concentração em Al. Este artigo visa analisar o pH do lodo da ETA de Gurjaú, em diferentes concentrações para estudo da viabilidade da sua disposição no meio ambiente. A pesquisa de caráter dedutivo, descritivo e experimental. Foi analisado o pH do lodo da ETA em diferentes concentrações para verificar se está de acordo com o padrão de lançamento estabelecido por legislação. No Estado de Pernambuco, existem 246 ETAs. Destas, 75% dos resíduos de ETAs são dispostos em corpos hídricos. Dentre os sistemas de tratamento de água, têm-se o Sistema Gurjaú. Ao analisar o pH do lodo da ETA de Gurjaú, observou-se que possui um caráter ácido com 4,6. Ao realizar a diluição em 25% de lodo, tem-se um aumento do pH para 5,15. Ao diluir em 10% de lodo, tem-se o aumento de pH para 5,77. O pH do lodo de 4,6, é considerado fora do padrão recomendado pela Resolução CONAMA n° 430/2011.

PALAVRAS CHAVE: Resíduo; Toxicidade; Alumínio; pH.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade humana por água mostra-se crescente em todo mundo, devido ao crescimento populacional, seja por causa da demanda pelo uso doméstico, industrialização, agricultura e produção de energia. Segundo o The World Bank (2018), o Brasil é um dos países com maior abundância em recursos hídricos, representando de 12% a 14% de toda água do mundo. Porém este recurso não está disponível de forma uniforme, sendo mais de 50% localizado na bacia Amazônica, que é uma região com baixa densidade populacional.

O Brasil está dividido em 12 regiões hidrográficas, que possui uma grande disponibilidade de água superficial, totalizando 78.600 m³/s ou 30% da vazão média. O problema está no fato de não haver distribuição igualitária em todo território (SANTOS; REIS; MEDIONDO, 2020). O Nordeste por ser uma região semiárida tem características específicas como baixos índices de precipitação pluviométrica por todo o ano, temperaturas elevadas e longos períodos de seca (ANA, 2018a).

O tratamento da água mostra-se importante para a manutenção das necessidades humanas, com isso a ONU (2018) relata que a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável consiste em 17 objetivos, sendo o 6º objetivo o de “Garantir disponibilidade e gestão sustentável de água e saneamento para todos”. De forma que até 2030 haja saneamento adequado e água de qualidade a todos (SANTOS; REIS; MEDIONDO, 2020).

A água bruta, na sua apresentação natural, pode ser potável ou não. Em último caso, deve ser submetida por algumas etapas de tratamento, que necessitam de produtos químicos a fim de torna-la apta para o consumo. A depender da qualidade da água, se determina a quantidade de produtos químico necessário e o tipo de tecnologia a ser aplicada para o tratamento (OLIVEIRA *et al.*, 2017). O processo de tratamento de água tem como resultado água tratada e a geração do lodo nos decantadores e filtros da Estação de Tratamento de Água, em que este possui características similares à água bruta captada e dosagem de coagulante adicionado para etapa de floculação.

O lodo é constituído de resíduos sólidos de natureza orgânica e inorgânica, tais como algas, bactérias, vírus, partículas orgânicas em suspensão, coloides, areias, argilas, siltes, cálcio, magnésio, ferro e manganês. Além dos elementos citados, o lodo da ETA também é composto pelos floculantes hidróxido de alumínio, ferro e, em alguns casos, polímeros condicionantes (ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013; ANDRADE; SILVA; OLIVEIRA, 2014).

Neste sentido, este artigo visa analisar o parâmetro pH da ETA de Gurjáu, localizado na cidade de Recife-PE, em diferentes concentrações de lodo para estudo da viabilidade de disposição deste no meio ambiente.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Lodo da Estação de Tratamento de Água

As estações de tratamento de água (ETA) potável representam um dos setores que gera volumes substanciais de resíduos. A crescente demanda por abastecimento de água potável devido a fatores como o crescimento da população, aumento da urbanização e mudanças o clima devido ao aquecimento global permitiu este cenário (ROZHKOVSKAYA *et al.*, 2020).

No Brasil existem cerca de 7500 ETAs projetadas, em sua grande maioria, com ciclo completo que inclui os processos de coagulação, floculação, decantação e filtração (ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013). Neste tipo de processo de tratamento convencional, que visa separar e remover impurezas por meio de agregação por agentes químicos, a fração volumétrica mais significativa na geração desses resíduos vem do sistema de filtração. No entanto, também é gerado em bacias de sedimentação durante o processo de limpeza (MARASCHIN *et al.*, 2020). Achon & Cordeiro (2013) apontam que o resíduo, chamado de lodo, é de composição complexa e de difícil manejo e disposição. Motta Sobrinho *et al.* (2019), apontaram que no Brasil a maioria das ETAs lança estes resíduos sem nenhum tipo de tratamento prévio nos corpos hídricos ou terrenos adjacentes.

O tratamento de água quando em seu processo convencional, gera resíduos no seu processo de tratamento, o lodo da Estação de Tratamento de Água (ETA). A falta de planejamento na disposição desse resíduo acarreta risco ao meio ambiente (MEDEIROS; COSTA; JUNKES, 2019). O lodo é removido periodicamente dos decantadores e filtros para garantir a eficiência do tratamento de água, que, em geral, segue as seguintes etapas: coagulação, floculação, decantação e filtração.

Katayama *et al* (2015) aponta que quanto mais limpa é a água bruta, menor é a quantidade de substâncias químicas que são utilizadas no seu processo de tratamento. Porém, se essa água apresenta muitas impurezas, será necessária uma quantidade maior dessas substâncias para que se chegue à qualidade ideal para esse recurso, o que gera um volume maior de resíduos no processo de tratamento. A substância química mais utilizada em ETAs é o sulfato de Alumínio.

Lima *et al.* (2021) apontou que, no Brasil, a maioria das Estações de Tratamento de Água (ETAs) não foram planejadas de forma a promover a disposição e tratamento desses resíduos adequadamente. Segundo a Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010, Art. 3º, inciso XVI), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o lodo é classificado como resíduo sólido resultante de atividades humanas. Reis Neto *et al.* (2021) apontou em seu trabalho que este quando disposto de maneira inadequada, pode causar poluição a rios, solos e ar, além da questão da proliferação de vetores transmissores de doença, afetando de maneira geral a saúde humana e o meio ambiente. A PNRS mostra a preocupação diante dos impactos que o lodo causa ao meio ambiente (ARAÚJO *et al.*, 2018), de

maneira que a sociedade tem um papel de importância dentro da mudança de cenário de degradação do meio ambiente (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Sabendo dos impactos ambientais causados pela destinação inadequada do lodo de ETA, foi estabelecido a resolução n° 357/2005 CONAMA, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e definições ambientais para seu enquadramento, além de determinar que os efluentes de qualquer fonte poluidora poderão ser lançados nos cursos d'água apenas de obedecerem aos requisitos e padrões de qualidade de água presentes no documento. Esta resolução sofreu complementações no que diz respeito as condições e padrões para descarte de efluentes em cursos d'água, com a Resolução n° 430/2011. Diante disso, faz-se necessário a análise e caracterização do lodo para disposição em corpos hídricos.

Segundo Silva, Bonfim e Silva (2017), o padrão é enviar o resíduo da ETA, com a presença de alumínio, para aterros sanitários devido a pressão da Lei n° 12.305/2010, que incita a disposição de rejeitos em aterros. Ou em alguns casos o destino são os esgotos, o que aumenta o prejuízo para o meio ambiente. Além disso, o aumento do transporte, descarte e os custos operacionais, impõem pressão sobre o tratamento de água, no que diz respeito a desenvolver práticas alternativas para destinação de resíduo (ROZHKOVSKAYA *et al.*, 2020). Mesmo que seja em pequena quantidade de lodo, Silva, Bonfim e Silva (2017) relataram que este precisa ser retirado da estação devido ao espaço que ocupa.

2.2. Alumínio presente no Lodo

O alumínio é um material que tem como características condutividade elétrica, leveza e baixo ponto de fusão, o que auxilia em várias aplicabilidades (FELICIANO, 2019). Devido às suas inúmeras formas de uso, é considerado um material vantajoso, sendo o material em maior uso depois do ferro. Isto deve-se também pelo fato que este pode ser diminuído em espessura de lâminas até em folhas mais finas que as de papel (ABAL, 2020). Este metal é o terceiro elemento mais abundante da crosta terrestre, sendo amplamente distribuído por aproximadamente 40% das terras aráveis do mundo, e geralmente existe na forma de silicatos não tóxicos e outros sedimentos (YAN, *et al.*, 2020).

Para Oliveira *et al.* (2021), os metais pesados são contaminantes ambientais encontrados no ar, água e alimentos, onde a fonte de contaminação ocorre naturalmente por meio da deposição introduzida pelo homem, na qual incluem efluentes em áreas urbanas e descarga de efluentes industriais que contaminam amplamente os mananciais. Oliveira *et al.* (2021) aponta que altos níveis de toxicidade dos metais pesados, associados à facilidade de entrada e acumulação ao longo de cadeias tróficas em ambientes aquáticos e terrestres, compromete a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, afetando a biota local.

A toxicidade do alumínio impede o crescimento da raiz, aumentando a geração de espécies reativas de oxigênio e destruição da homeostase do antioxidante metabolismo.

O sintoma inicial da toxicidade por Al é no crescimento da raiz, levando a mudança na morfologia da raiz, como atrofia dos pelos da raiz e inchaço de pontas das raízes, diminuindo a elasticidade e plasticidade da parede (YAN *et al.*, 2020).

Tavares *et al.* (2019), aponta que a toxicidade do Al no solo está associado ao pH, pois em solos com pH inferior a 5,5 o Al se apresenta na forma trocável, potencialmente tóxicos; e em solos com pH acima de 5,5, o Al se encontra em formas precipitadas. Ainda, aponta que o excesso de água no lodo com a presença do Al, acarreta a presença de ácidos graxos voláteis, reduzindo o pH do meio e favorecendo a lixiviação do Al.

O alumínio pode ser ingerido de várias formas, seja por alimentação, consumo de antiácidos ou ingestão de água potável, por exemplo (OLIVEIRA, 2014). Esse contato entre o ser humano e o alumínio mostra-se inevitável visto que este elemento químico encontra-se em uma grande quantidade de produtos. Porém, há uma preocupação no que diz respeito ao alumínio contido na água, já que este apresenta maior capacidade de biodisponibilidade e possuem maior facilidade de absorção no trato gastrointestinal (ROSALINO, 2011).

De acordo com Rosalino (2011), a relação entre o alumínio e a saúde humana mostra-se presente em doenças epidemiológicas, como o Mal de Alzheimer, quando encontra-se na água em quantidades não aceitáveis, a neurodegeneração, demência dialítica, entre outros. Assim, Oliveira *et al.* (2021) constataram em seu trabalho que, o tratamento de efluentes deve ser realizado para remover os contaminantes ambientais, a fim de reduzir a carga poluidora antes de chegar ao seu destino final. Para isso, Medeiros *et al.* (2021) apontaram que se tem criado tecnologias para a melhoria da qualidade do tratamento de água, de acordo com os padrões requeridos.

Pires, Oliveira e Ferrão (2017), alegaram em seu trabalho que existem algumas alternativas de destinação, como a aplicação do lodo em áreas agrícolas que contribui com nutrientes para plantas e solo, com a introdução da matéria orgânica. Porém, Azevedo, Ferreira e Motta Sobrinho (2021) relataram que tal prática necessita de cuidado para que seja feito de maneira controlada, já que este resíduo contém constituintes poluentes.

2.3. Alternativas Sustentáveis para destinação do Lodo

No Brasil, os locais onde se realizam o descarte inadequado dos resíduos sólidos, são considerados frequentes. Dentre os impactos ambientais que são ocasionados por estas ações, pode se destacar a contaminação de solo, água e ar; na saúde humana, os impactos são ocasionados pela transmissão de doenças (SANTOS *et al.*, 2021). Em virtude dos impactos ambientais causados pela disposição do lodo em corpos hídricos, vários estudos vêm sendo conduzidos, procurando alternativas para destinação adequada deste lodo, visando minimizar o impacto ambiental.

Para Maraschin *et al.* (2020), existe a viabilidade do uso do lodo como aditivo ou substituto para matérias-primas naturais. Essa incorporação é importante, pois o descarte ou disposição irregular de resíduos potencializa os impactos no meio ambiente, bem como aumenta direta ou indiretamente as concentrações de metais nos organismos vivos.

Rozhkovskaya *et al.* (2020) apontaram em seu trabalho que nos últimos anos foram publicados meios alternativos de gerenciamento do alumínio presente no lodo. Quatro estratégias foram apresentadas, sendo elas a recuperação do alumínio na reutilização do alumínio no setor de tratamento de águas residuais; utilização do lodo não tratado como sorvente; aplicação no setor agrícola e utilização como aditivo para construção de materiais de construção.

Segundo Tavares *et al.* (2019), a aplicação de lodos de ETAs no campo apresenta alguns benefícios em solos agrícolas, tais como: melhoria estrutural, ajuste de pH, adição de traços de minerais, aumento da capacidade de retenção de água; e melhoria das condições de aeração do terreno.

A composição do lodo é semelhante aos da argila, facilitando a utilização deste resíduo na fabricação de tijolos. Segundo Heniegel *et al.* (2020), a proporção ideal de lodo para produção dos tijolos é de 50%, a partir de uma mistura de lodo e argila, porém indica-se outras considerações na incorporação de lodo de ETA com outros resíduos de alto teor de sílica, como cinza de casca de arroz na fabricação de tijolos.

3. METODOLOGIA

A pesquisa de caráter dedutivo, descritivo e experimental. Esta teve o referencial teórico realizado por meio de pesquisas bibliográficas, utilizando-se de dados secundários por meio de consultas a periódicos, artigos científicos, e-books do Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos, dissertações e teses acerca do conteúdo tratado presentes em dados online, como SciELO e Science direct.

Para que os artigos estivessem incluídos na revisão, precisavam atender os seguintes critérios: 1) Abordar sobre o Lodo da Estação de tratamento de água; 2) Mencionar sobre a destinação do lodo; 3) Artigos em português e inglês; 4) Foram priorizados artigos dos últimos 5 anos.

Sabendo a relação entre o pH a presença do alumínio no lodo, foi analisado o pH do resíduo da ETA em diferentes concentrações a fim verificar se está de acordo com o padrão para lançamento estabelecido pela Resolução CONAMA n° 430/2011.

O lodo (Figura 1) coletado tem origem da estação de tratamento de água Gurjaú, situado na região metropolitana de Recife-PE, no dia 30/03/2021. Em seguida foi diluído em concentrações de 10%, 25%, 50%, 75% e 100% de lodo em água destilada para análise do comportamento do pH nessas concentrações.

Figura 1- Lodo da Estação de Tratamento de Água de Gurjaú.



4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Estações de tratamento de água no Estado de Pernambuco

No que diz respeito ao Estado de Pernambuco, existem 246 (Tabela 1) estações de tratamento de água (Figura 2), sendo 69 ETAs convencionais, que geram resíduos nos decantadores e filtros, e 177 ETAs não convencionais, chamadas de compactas. Onde, 176 geram resíduos, durante a lavagem dos filtros, havendo uma que utiliza a tecnologia de dessalinização (TAVARES, 2016).

Segundo Tavares *et al.* (2019), 75% dos resíduos de ETAs do Estado de Pernambuco, são dispostos diretamente em corpos hídricos, valor considerado superior à gestão adotada por países desenvolvidos como Estados Unidos, que descartam 11% em corpos hídricos; Reino Unido com 2% e outros que não realizam nenhum descarte.

Tabela 1- Estações de tratamento do Estado de Pernambuco.

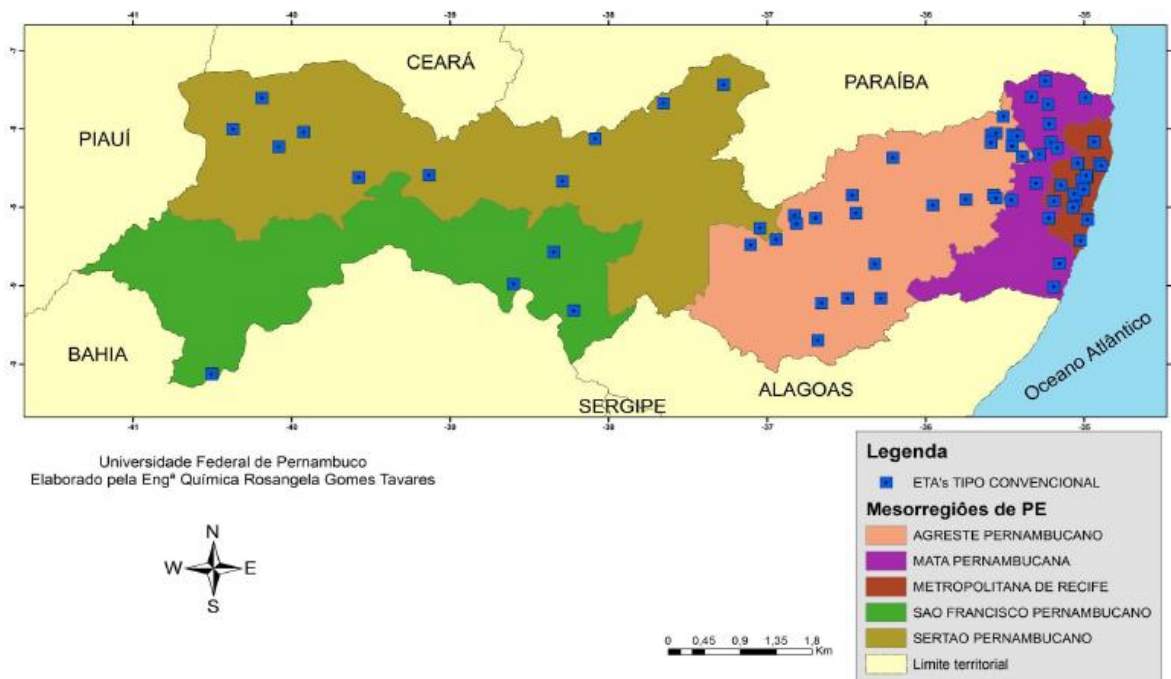
Regiões de Desenvolvimento	Estações de tratamento		
	Convencional	Compacta	Sistema com dessalinizador
Região Metropolitana	15	12	-
Zona da Mata	13	27	-
Agreste	25	74	-
Sertão	12	46	-
Sertões do São Francisco	4	16	-
Fernando de Noronha	-	1	1
Total	69	176	1

Fonte: Tavares (2016).

Das ETAs compactadas, identifica-se a predominância do tipo dupla filtração. Sendo essa, uma das tecnologias mais utilizadas para garantir a eficiência no tratamento, mesmo

para água com turbidez elevada, sendo capaz de produzir água filtrada com turbidez menos do que 0,5µT (Tavares *et al.*, 2019).

Figura 2- Localização das Estações de Tratamento Convencionais do Estado de Pernambuco.



Fonte: Tavares (2016).

Dentre os sistemas de tratamento de água do Estado de Pernambuco, têm-se em especial o Sistema Gurjaú (Figura 3). Este teve o início de sua operação em 1918, onde suas primeiras unidades foram implantadas por Saturnino de Brito. O sistema produz aproximadamente 9% do volume distribuído na região Metropolitana do Recife, abrangendo Ponte dos Carvalhos, Pontezinha, anel da Muribeca, Distrito industrial de Prazeres, Jordão, Candeias, Barra de Jangada, Vila da Muribeca e parte do Recife (COMPESA, 2016).

Figura 3- Localização da Estação de Tratamento de Água- Sistema Gurjaú.



Fonte: Google Earth (2021).

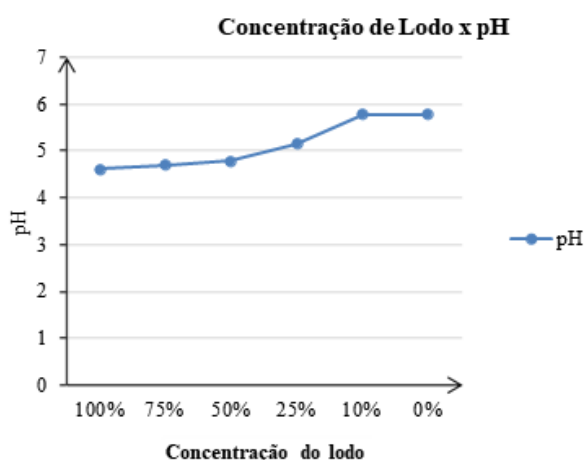
Os mananciais que compõem o sistema de Gurjaú são o Rio Gurjaú e Rio Pirapama. No Rio Gurjaú, a captação é realizada em uma barragem de pequeno porte situada no

município de Cabo de Santo Agostinho, com uma capacidade de regularização (1.100l/s), cuja principal função é elevar o nível da água até a cota em que se encontra a estação de tratamento. No Rio Sicupema, a vazão serve para regularizar a vazão do Rio Gurjaú através de uma pequena represa, estando recebendo contribuições dos açudes de São Salvador e São Brás. A ETA Gurjaú está localizada no Município de Cabo de Santo Agostinho, têm capacidade de tratamento de 1000l/s e foi construída à jusante da captação (COMPESA, 2016).

4.2. Determinação de pH em diferentes concentrações de Lodo

Ao analisar o pH do lodo da ETA de Gurjaú (Gráfico 1), observou-se que possui um caráter ácido com 4,6.

Gráfico 1- Comportamento do pH do lodo quando diluído em água destilada.



Constatou-se que ao passo que há diluição do lodo, o pH aumenta, tornando-se menos ácido e se aproximando ao pH da água destilada. O pH inicial do lodo puro é aproximadamente 4,61. Ao realizar a diluição em 25% de lodo, tem-se um aumento do pH para aproximadamente 5,15, ou seja, um aumento de 10,5%. Ao diluir em 10% de lodo, tem-se o aumento de pH para 5,77, similar à água destilada.

Segundo a Resolução CONAMA nº 430/2011, os valores de pH para o lançamento de efluentes poluidores diretamente no corpo de água natural devem se situar entre 5 e 9, o que não ocorre neste caso. Este resultado, provavelmente, pode ser um dos fatores que ocasionam certa toxicidade nos organismos vivos, uma vez que a presença do sal sulfato acidifica à água.

Neste caso, no que diz respeito ao pH, as concentrações de lodo que seriam suficientes para disposição do lodo em corpos hídricos de acordo com a Resolução CONAMA citada, seriam de 25% e 10% de lodo diluídos para o lançamento.

5. CONCLUSÃO

A pesquisa realizada em torno das estações de tratamento do Estado de Pernambuco, aponta que o destino comum do lodo são os corpos hídricos. Devido à presença do sulfato de Alumínio no Lodo, há a contaminação dos corpos hídricos ocasionando efeito letal nas espécies presentes neste ecossistema, ou seja, toxicidade.

A ETA de Gurjaú, cujo lodo analisado tem origem, destina seus resíduos em corpos hídricos, assim como as outras ETAs do Estado. O pH do lodo é de 4,6, sendo este considerado fora do padrão, entre 5 e 9, recomendado pela Resolução CONAMA n° 430/2011, podendo causar alterações no ambiente onde é disposto.

Ao analisar diferentes concentrações do lodo, observa-se que as concentrações de lodo necessitam estar até 25% de lodo para que seja lançado adequadamente no corpo hídrico.

REFERÊNCIAS

ABA-Associação Brasileira Do Alumínio. **Estatísticas**. São Paulo-SP. Disponível em: <<http://abal.org.br/estatisticas/>> Acesso em: set. 2020.

ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, S. J. Resíduos de Estações de Tratamento de Água e a ISO 24512: desafio do saneamento básico. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 18, Junho 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000200003>

ANA – Agência Nacional de Águas. **Divisões hidrográficas do Brasil**. Brasília/DF Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/divisoes-hidrograficas>>. Acesso em: Nov. 2018a.

ARAÚJO, K. K. S.; BASTOS, A. L.; SILVA, A. P. L.; PIMENTEL, A. K. S. Política Nacional dos Resíduos Sólidos; oportunidade e desafios para o município de Marechal Deodoro – AL. In: MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O. **Resíduos sólidos: gestão pública e privada**. 1. Ed. – Recife: EDUFRPE, 2018, p. 79-91.

AZEVEDO, F. G.; FERREIRA, F. G. D.; MOTTA SOBRINHO, M. A. Remoção de Metais Pesados Presentes em Efluentes pelo Gênero *Saccharomyces*. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S.(Orgs). **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia**. 1. Ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 417-427.

BRASIL. Lei 12.305. **Diário Oficial da União**, 02 ago. 2010.

BRASIL. Resolução n° 430, 13 de maio de 2011. **Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA**. 13 maio. 2011.

COMPESA- COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO. **Sistema Gurjaú**. Compesa, Recife/PE. 2016. Disponível em < <https://servicos.compesa.com.br/wp-content/uploads/2016/01/gurjau.pdf>> Acesso em 15 de Abril de 2021.

FELICIANO, A. P. M. **Avaliação do ciclo de vida de perfis de alumínio**. 2019. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências ambientais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2019.

HENIEGAL, A. M.; RAMADAN, M. A.; NAGUIB, A.; AGWA, I. S. Study on properties of clay brick incorporating sludge of water treatment plant and agriculture waste. **Case studies in construction Materials**. v. 13, dez 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00397>

KATAYAMA, V. T.; MONTES, C. P.; FERRAZ, T. H.; MORITA, D. M. **Quantificação da produção de lodo de estações de tratamento de água de ciclo completo: uma análise crítica**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 20, dez 2015. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020040105046>

LIMA, U. T. G. M.; MARTINS, M. C. S.; COSTA, A. T.; JUNKES, J. A. Destinações ambientalmente adequadas do resíduo gerado no processo de tratamento de água convencional. **Brazilian Journal of Development**, v.7, No 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n3-215>

MARASCHIN, M.; FERRARI, K. F. S.; SILVA, A. P. H.; CARISSIMI, E. Aluminium sludge thickening: Novel helical pipes for aggregation by dual flocculation and thickening by filtration applied to water treatment plants. **Separation and Purification Technology**. v. 241, jun 2020. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116560>

MEDEIROS, T. K. F.; OLIVEIRA, J. L. S.; OLIVEIRA, T. L.; SILVA, E. Inteligência Artificial Aplicada na Remoção de Poluentes Orgânicos de Efluentes. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S.(Orgs). **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia**. 1. Ed. Recife: EDUFRPE, 2021, p. 179- 191.

MEDEIROS, U.T G. M.; COSTA, A. T.; JUNKES, J. A. Propostas de Destinação Final de lodo proveniente de estação de tratamento de água. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K.A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs). **Resíduos sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1. Ed. Recife: EDUFRPE, 2019, p. 276-285.

MOTTA SOBRINHO, M. A. M.; TAVARES, R. G.; ARRUDA, V. C. M.; CORREA, M. M.; PEREIRA, L. J. R. Geração, tratamento e disposição final dos resíduos das estações de tratamento de água do estado de Pernambuco. 2019. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, jul-ago 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019175810>

OLIVEIRA, A. C.; MORAES FILHO, R. A.; SANTANA, A. F.; OLIVEIRA JUNIOR, R. M. Aprendizagem Organizacional, educação ambiental e plano de gestão de resíduos em unidades de saúde: In: AGUIAR, W.J.; EL-DEIR, S.G.; BEZERRA, R. P. L. **Resíduos sólidos: diagnóstico e alternativas para a gestão integrada**. 2. Ed. Recife: EDUFRPE, 2017, p. 364-371.

OLIVEIRA, J. L. S.; MEDEIROS, T. K. F.; LUSTOSA, E. A.; SILVA, E. Aplicação da Inteligência Artificial na Remoção de Metais Pesados de Efluentes. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S.(Orgs). **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia**. 1º ed. Recife: EDUFRPE, 2021, p. 155-166.

OLIVEIRA, L. R.; BARROS, M. A.; FRANCO JR, M. R. **Processo contínuo de adsorção de alumínio em coluna de carvão ativado**. 2014. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

OLIVEIRA, R. B.; OLIVEIRA, J. S.; SANTOS, J. M.; SILVA, W. M. Educação Ambiental: Uma Ferramenta de Transformação e Conscientização na Escola Rosa Maria Paulina da Fonseca, Marechal Deodoro – AL In: AGUIAR, W.J.; EL-DEIR, S.G.; BEZERRA, R. P. L **Resíduos**

sólidos: abordagens práticas em educação ambiental. 2. Ed. Recife: EDUFRPE, EPERSOL, 2017, p. 83-91.

PIRES, I. C. G.; OLIVEIRA, P. N.; FERRÃO, G. E. Aplicação de Lodo de Esgoto em Solo Florestal Paulista. In: AGUIAR, W.J.; EL-DEIR, S.G.; BEZERRA, R. P. L. **Resíduos sólidos:** diagnóstico e alternativas para a gestão integrada. 2. Ed. Recife: EDUFRPE, 2017, p. 338-347.

REIS NETO, A. F.; VIEIRA, C. F.; GAVIÃO, R. N. M.; ALVES, S. G. Resíduos sólidos e A3P: Reflexão Baseada na “Indústria 4.0” no Refeitório do IFPI/Campus Corrente. In: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S (Org). **Resíduos sólidos:** Educação e meio ambiente. 1. Ed. Recife: EDUFRPE: Gampe/UFRPE, 2021, p. 590-605.

ROSALINO, M. R.R. **Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano.** 2011. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente), Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.

ROZHKOVSKAYA, A.; RAJAPAKSE, J.; MILLAR, G. J. Synthesis of high-quality zeolite LTA from alum sludge generated in drinking water treatment plants. **Journal of Environmental Chemical Engineering.** v. 9, Abril 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104751>

SANTOS, A. C.; REIS, A.; MEDIONDO, E. D. Segurança hídrica no Brasil: Situação atual, principais desafios e perspectivas futuras. **Revista DAE.** São Paulo. v. 68, Set 2020. <https://doi.org/10.36659/dae.2020.060>

SILVA, T. V. B.; BONFIM, H. T. C.; SILVA, A. M. G. C. Avaliação de Tijolo Ecológico Composto por Lodo de ETE. In: BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. **Resíduos sólidos:** Gestão em Indústrias e Novas Tecnologias. 2. Ed. Recife: EDUFRPE, 2017, p. 402-411.

TAVARES, R. G. **Atenuação do alumínio do resíduo de estação de tratamento de água por Vermicompostagem e adsorção.** 2016. 207f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

TAVARES, R. G.; MOTTA SOBRINHO, M. A. M.; PEREIRA, L. J. R.; CORREA, M. M.; ARRUDA, V. C. M.; MELO, R. R. C. Avaliação da Toxicidade do Lodo de Estação de Tratamento de água e esgoto, antes e após vermicompostagem, usando teste de germinação com semente de alface (*Lactuca sativa*). **Revista DAE.** v. 67, jul- set 2018. DOI: <https://doi.org/10.4322/dae.2019.040>

THE WORLD BANK. **Recovering Water: A Results-Based Approach to Water Supply and Sanitation in Brazil's São Paulo State.** Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/results/2018/05/07/approach-to-water-supply-and-sanitation-brazil-sao-paulo-state> >. Acesso em: Mar. 2020.

4.7 MAPEAMENTO DE ÁREAS DE DEPOSIÇÃO IRREGULAR DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM BAIROS DA ZONA NORTE DA CIDADE DO RECIFE-PE

DIAS, Viviane Borges
CITAR/UFRPE
borgesdias.eng@gmail.com

FALCÃO, Symone Maria Pancrácio
CITAR/UFRPE
monempf@gmail.com

ANDRADE, Clayton Barbosa
CITAR/UFRPE
cbandradee@gmail.com

HOLANDA, Romildo Morant
CITAR/UFRPE
romildomorant@gmail.com

RESUMO

Com a urbanização acelerada e o rápido adensamento das cidades os números de obras de construção civil tornam-se mais frequentes e numerosas, aumentando a geração de Resíduos de Construções e Demolições (RCD). Por falta de infraestrutura urbana é comum encontrar pontos de deposições clandestinas de RCD, em locais inapropriados, desencadeando uma série de impactos de ordem ambiental, social e econômica. Diante disso, o presente artigo objetivou identificar e mapear os principais pontos de deposição irregular de RCD em dois bairros da Zona Norte da cidade do Recife-PE. A metodologia consistiu inicialmente em georreferenciar através do software GPS *Essentials* as áreas de deposição irregular de RCD durante o mês de janeiro de 2021. Também foram feitos registros fotográficos para composição do mapa elaborado por meio de Sistema de Informações Geográficas – SIG através do software de licença gratuita *ArcGis Pro*. Os resultados apresentam o mapeamento de 25 pontos de deposição irregular de grande e pequeno porte de RCD na principal rua dos bairros Vasco da Gama e Nova Descoberta, situados em áreas públicas, vias de trânsito, calçadas, próximo a canais de drenagem e rede de esgoto. Por fim, foram sugeridas estratégias para minimizar a problemática relacionada aos pontos de deposição irregular de RCD nos bairros estudados.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento de Resíduos, limpeza urbana, Sistema de Informação Geográfica-SIG.

1. INTRODUÇÃO

Devido à urbanização, especialmente em países em desenvolvimento, a geração de resíduos da construção civil está crescendo e ocasionando impactos ao meio ambiente, como por exemplo, escassez de terras e poluição da água. Isso porque o descarte desses resíduos em áreas urbanas, de forma irregular, ou em aterros sem reciclagem são práticas comuns. Além disso, ainda existem os impactos econômicos, tais como, os altos investimentos financeiros por parte das administrações municipais para limpeza das áreas afetadas, aquisição de equipamentos para manejo desses resíduos e a construção de aterros (LOWEN; NAGALLI, 2020; TANG *et al.*, 2020).

Assim, é indispensável que o gerenciamento de RCD seja eficiente e capaz de minimizar os efeitos negativos das atividades do setor da Construção Civil. Nesse âmbito, a Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), estabelece “diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais”. Nessa resolução, a responsabilidade pelos resíduos deve ser atribuída aos grandes geradores e aos municípios, que devem segregar e dispor tais resíduos de acordo com o disposto na resolução.

A análise e demarcação das áreas de deposição irregular de RCD é fundamental para a compreensão da geração, além de servir como base para o planejamento urbano de ações a fim de mitigar os impactos acarretados. Ferramentas de geoprocessamento podem ser úteis neste contexto, pois ajudam a identificar os pontos de deposição e aumentam a eficácia da aplicabilidade da legislação ambiental. Vários estudos, utilizaram os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para gerenciamento de RCD, mapeamento de depósitos ilegais, bem como, de áreas aptas para instalação de pontos de entregas voluntárias (PEV) e para áreas de aterros de RCD (PAZ; LAFAYETTE; SOBRAL, 2020; PAZ *et al.*, 2019a; PAZ; LAFAYETTE; SOBRAL, 2018; SEROR E PORTNOV, 2018; VIEIRA *et al.*, 2019).

Nesse contexto, o presente artigo objetiva identificar e mapear os principais pontos de deposição irregular de RCD em dois bairros da Zona Norte da cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco. Dessa forma, o estudo também pode servir como instrumento de auxílio aos órgãos públicos para o desenvolvimento de ações de fiscalização e medidas corretivas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)

A indústria da construção civil é um dos setores que mais causam impactos ao meio ambiente devido à exploração dos recursos naturais não renováveis para a produção de insumos e elevado índice de geração de resíduos (BEZERRA *et al.*, 2017). De acordo com Gonçalves e colaboradores (2021) uma problemática frequente trata-se da deposição

inadequada dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD), geralmente realizado, sem nenhum tipo de tratamento, em vias públicas, encostas, lotes vazios e nas margens de recursos hídricos.

Esse descarte irregular apresenta inúmeros danos para o meio ambiente e para qualidade de vida da população, já que os RCD, apesar de serem majoritariamente materiais inertes, podem conter materiais perigosos, causar o assoreamento de córregos e corpos d'água, a obstrução de sistemas de drenagem urbana e alterar a paisagem local, além de ser um convite para a deposição o de outros tipos de resíduos atrativos para vetores de doenças (FARIAS FILHO, *et al.*, 2020; COSTA, *et al.*, 2019).

A terminologia Resíduos da Construção e Demolição (RCD) ou ainda, Resíduos de Construção Civil (RCC) é definida pela Resolução nº 307 (CONAMA, 2002) como resíduos ou restos de construções, reformas, reparos e demolição de construção civil: tijolos, blocos cerâmicos, solos, rochas, metais, gesso, plástico, tubulações, fiação elétrica, pavimento asfáltico, argamassa, madeiras, tintas, compensado e diversos outros tipos.

A Resolução nº 307, alterada pelas Resoluções nº 348 (CONAMA, 2004), nº 431 (CONAMA, 2011) e nº 469 (CONAMA, 2015) classifica os resíduos quanto ao tipo, origem, composição química e periculosidade, conforme:

Classe A – São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.

Classe B - São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso.

Classe C – São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação, como por exemplo: vidros, espelhos, telhas termoacústicas.

Classe D – São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos, amianto, entre outros, ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde.

A Resolução nº 307, alterada pela Resolução nº 448 (CONAMA, 2012), estabelece em seu Art. 10, a destinação adequada dos resíduos de acordo com as classes, conforme:

Classe A – Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros.

Classe B – Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.

Classe C – Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Classe D – Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

O gerenciamento ambientalmente adequado de resíduos de construção civil apresenta muitas vantagens dentre elas a economia de produção, em razão da redução de custos para aquisição de materiais reciclados e prevenção do desperdício com insumos (MATOS E ALENCAR, 2019). Entretanto, esse processo ainda não se tornou algo comum entre as empresas, e principalmente para as pessoas físicas que são os pequenos geradores, portanto é fundamental a disseminação da legislação, critérios e diretrizes pertinentes específicas da geração de resíduos da construção civil (FONSECA *et al.*, 2019, PAZ *et al.*, 2019a).

2.2 PANORAMA DA GERAÇÃO DE RCD

De acordo com o “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2020”, elaborado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020), a quantidade anual de RCD coletados pelos municípios no território nacional corresponde a 44,5 milhões, em 2019. Isso representa um volume *per capita* de 213,5 kg/hab/ano. Ainda segundo a ABRELPE (2020) a coleta de RCD registrou considerável aumento de 2010 para 2019, passando de 33 milhões para 44,5 milhões de tonelada por ano, representando um aumento de 34,8%.

No contexto regional, a coleta de RCD pelos municípios do Nordeste, passou de 5.716.995 toneladas, em 2010, para 8.804.895 toneladas, em 2019, um aumento de 54% do volume de RCD coletado (ABRELPE, 2020).

A Região Metropolitana do Recife (RMR) apresenta aproximadamente 23,93% da geração de resíduos urbanos provenientes da construção civil (PERNAMBUCO, 2018). O cenário projetado para daqui há 15 anos, correspondente ao ano de 2036, indica uma produção de 2.014.329 ton/ano de resíduos da construção civil.

A geração de resíduos da construção civil do grande Recife é de aproximadamente 4.500 ton/dia e o restante do estado de Pernambuco se aproxima das 1.575 ton/dia (PERNAMBUCO, 2012). Desse último, cerca de 30% são oriundos de grandes geradores, na maioria construtoras, enquanto o restante possui origem de reformas domésticas e comerciais e obras residenciais (PERNAMBUCO, 2012).

De acordo com estudo de Barros e Queiroz (2016), a gerência geral de planejamento e controle da Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (Emlurb) afirma que há 355 toneladas de RCD dispostas irregularmente, destas estima-se que 240 toneladas são recolhidas em logradouros. Sendo assim, os autores comentam que cabe uma ação informativa voltada para a sociedade, bem como, profissionais da área de construção, a fim de que todo esse volume seja destinado de forma ambientalmente adequada ou encaminhado para as denominadas Ecoestações. Além disso, conforme Paz e colaboradores, nas divulgações de 2017 e 2019b, o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) constitui uma alternativa importante para monitoramento da deposição irregular, sendo capaz de identificar os pontos mais críticos e fornecer informações que subsidiem planos de ações municipais.

O destino final de RCD oriundos das Ecoestações da RMR compreende uma unidade de transbordo e triagem privada localizada no município de Camaragibe. A unidade recebe resíduos “Classe A” e emprega reaproveitamento através da britagem para retorno do material descartado à cadeia produtiva, todavia, apenas 5% dos RCD gerados são transportados para essa destinação ambiental.

As usinas para reciclagem de resíduos da construção civil podem ser fixas ou móveis, cujo equipamento principal trata-se do britador. A produção de agregados estimada em razão do uso desse equipamento pode variar de 10 ton/h a 500 ton/h (LINS; LINS; BURGO, 2018). O investimento para esse tipo de empreendimento varia de R\$ 1,0 milhão, no caso da produção de 20 ton/h, a R\$ 2,7 milhões para 100 ton/h (LINS; LINS; BURGO, 2018).

É importante ressaltar que a reciclagem de RCD em canteiros de obras constitui uma prática viável de ser aplicada (SILVA; BICALHO; OLIVEIRA, 2018). Desde que seja sistematizada de forma correta, respeitando procedimentos como acondicionamento e segregação previstos no plano de gerenciamento (SILVA; BICALHO; OLIVEIRA, 2018). Afinal o cumprimento dessas etapas são fundamentais para quaisquer destinações ambientalmente adequadas.

Nesse sentido, o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm sido apontado por estudos recentes como uma ferramenta que subsidia informações cruciais para gerenciamento de RCD, principalmente no que diz respeito ao remanejamento de pontos de entrega voluntária como medida de redução da deposição irregular e aumento da reciclagem (DOS SANTOS, et al. 2020).

Recife lida com um número bastante elevado RCD gerados anualmente, com dados que se tornam preocupantes em razão da crescente urbanização que ainda não está aliada com a sustentabilidade e que acarreta numa série de problemas envolvendo saúde pública e ambiental (SOUZA; COSTA; EL-DEIR, 2017).

Um estudo realizado por Bessa, Mello e Lourenço (2019) verificou que o aprimoramento na metodologia de registro das informações na gestão pública na cidade de Belo Horizonte, bem como, uma caracterização prévia dos RCD, poderia impactar diretamente a diminuição do volume de RCD direcionado para aterros. Além disso, os autores destacam que é fundamental a implementação de uma política de educação ambiental no âmbito municipal, para que não haja uma elevada incidência de descartes inadequados.

2.3 LEGISLAÇÃO PERTINENTE

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), reúne princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão de resíduos sólidos no país. Nessa lei, a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos é estabelecida como a “distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos”.

A Resolução nº 307 (CONAMA, 2002) trouxe diretrizes norteadoras para os resíduos de construção civil no país. Anteriormente, os RCD eram destinados juntamente com os resíduos sólidos urbanos; O Art. 4, § 1º da Resolução nº 307 estabelece que esses resíduos não poderão ser dispostos em aterros de resíduos sólidos urbanos, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por lei. Um dos destaques desta Resolução é a atribuição da responsabilidade compartilhada aos geradores, transportadores e gestores municipais quanto ao gerenciamento dos RCD. Aos grandes geradores, cabe a implantação de planos de gerenciamento de resíduos nos canteiros de obras, os quais devem ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, sua redução, reutilização, reciclagem e destinação final adequada, respectivamente (Art. 4). Aos municípios, cabe a definição de política municipal voltadas aos RCD, incluindo sistemas de pontos de coleta.

No estado do Pernambuco, a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), definida pela Lei nº 14.236 (PERNAMBUCO, 2010), e regulamentada pelo Decreto nº 38.483 (PERNAMBUCO, 2012), define como sendo responsabilidade do estado a elaboração do Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), devendo englobar os RCD. A lei também estabelece, em seu Art. 17, a responsabilidade administrativa, nos casos de ocorrências envolvendo resíduos, de qualquer origem ou natureza, que provoquem danos ambientais ou ponham em risco a saúde da população, recairá sobre:

“III - os estabelecimentos geradores, no caso de resíduos provenientes da construção civil, indústria, comércio e de prestação de serviços, inclusive os de saúde, no tocante ao

transporte, tratamento e destinação final para seus produtos e embalagens que comprometam o meio ambiente e coloquem em risco a saúde pública.”

Constitui uma iniciativa de incentivo a lei estadual nº 16.112 que institui o Selo Empresa Verde do Estado de Pernambuco. O Art. 6º da legislação considera boa prática de gestão ambiental a disposição e o tratamento adequados de resíduos da construção civil, e, portanto, empresas estabelecidas no Estado de Pernambuco que pratiquem essa ação estão aptas a receber o selo de reconhecimento (PERNAMBUCO, 2017).

No âmbito da RMR, há o Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos, instituído pelo decreto municipal nº 27.045, o documento rege o gerenciamento de resíduos considerando esse contexto regional composto por 14 municípios. Dentre as diretrizes estratégicas que compõem o documento está o manejo de RCD, no qual é previsto o ordenamento de marco legal a fim de que seja estabelecida a desoneração do serviço público para recolhimento de resíduos dessa tipologia, de modo que ocorra a expansão da prestação deste serviço pela iniciativa privada, a exemplo do que acontece em Recife (RECIFE, 2013). Neste contexto, sugere-se a instalação de unidades de reaproveitamento, tratamento e reciclagem de RCD, com capacidade média de tratar 82,5 ton/h em pelo menos três sub-regiões, preferencialmente localizadas nas proximidades dos aterros sanitários metropolitanos (RECIFE, 2013).

A Lei Orgânica do Município do Recife (2019) determina que compete ao município ações voltadas à coleta e destinação final dos resíduos sólidos. A lei considera como atividade poluidora a deposição inadequada de resíduos produzidos pela comunidade municipal (RECIFE, 2019). Portanto, prevê que o poder público municipal deve definir as responsabilidades e as medidas cabíveis com relação à essa atividade em leis específicas (RECIFE, 2019).

O Código do Meio Ambiente e do Equilíbrio Ecológico da Cidade do Recife dispõe que a coleta diferenciada de resíduos deverá ocorrer de forma a segregar o entulho procedente de obras de construção civil das demais tipologias de resíduos urbanos, tais como resíduos orgânicos, doméstico, patogênicos e os sépticos (RECIFE, 1996a). A legislação foi alterada e atualizada pela lei municipal nº 18.21 que estabelece infrações ambientais relativas ao uso inadequado ou poluição do solo urbano em seu Art. 4º, no qual está incluso o descarte irregular de resíduos sólidos ou rejeitos, incluindo RCD.

O Plano Diretor do Recife também dispõe sobre essa temática em seu Art. 167º, em que visa coibir a deposição irregular de resíduos sólidos por meio de educação ambiental, oferecer instalações para a sua disposição, e implementação de uma fiscalização efetiva e monitoramento consequente (RECIFE, 2020). A legislação também prevê que o poder público municipal deve estimular o reuso e reciclagem de resíduos, em especial o reaproveitamento de resíduos inertes da construção civil (RECIFE, 2020).

Além do Plano Diretor, a cidade do Recife conta com a lei nº 16.176 que estabelece o Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo e são instrumentos legais fundamentais da política urbana de saneamento ambiental municipal (RECIFE, 1996b). No Art. 55º a lei

estabelece que as atividades potencialmente geradoras de incômodos à vizinhança, tais como geradores de RCD, deverão ser previamente submetidas à aprovação do órgão responsável pelo controle ambiental.

A lei nº 16.292 que regula as atividades de edificações e instalações no município do Recife, trata em sua subseção II da conservação e limpeza dos logradouros, na qual determina que durante a execução de obras, o profissional responsável ou proprietário deverá manter os logradouros, no trecho fronteiro à obra, em condições satisfatórias de limpeza e conservação, livres de RCD (RECIFE, 1997). Além disso, que caso desses resíduos ficarem nos logradouros públicos, deverão ser imediatamente removidos (RECIFE, 1997).

Há também o Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), promulgado através da Lei municipal 17.072 (RECIFE, 2005). Essa é a legislação que norteia o gerenciamento no caso de resíduos gerados em atividades da construção civil na cidade do Recife, de acordo com as Resoluções do CONAMA. São previstas penalidades e exigências, como o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil no caso de grandes geradores, e a criação e manutenção de instalações para recebimento de RCD para atender aos pequenos geradores (RECIFE, 2005). Essas instalações devem ser acessíveis e localizadas em vias boas condições de tráfego, abarcando todas as regiões político-administrativas (RECIFE, 2005). No que diz respeito à deposição irregular de RCD, nas vias, passeios, canteiros, jardins, logradouros públicos e corpos d'água, a lei tipifica como infração passível de multa e penalidade, como a suspensão de veículos que transportam esses resíduos para esses locais e notificação de advertência para os técnicos responsáveis por grandes geradores.

Mais recentemente o Decreto nº 27.399 (RECIFE, 2013) regulamenta as unidades de recebimento de resíduos sólidos de pequenos geradores (Ponto de Entrega Voluntária - PEVs), enquanto o transporte e a destinação do RCD são regidos pela Lei nº 16.377 (RECIFE, 1998a), regulamentada pelo Decreto nº 18.082 (RECIFE, 1998b). Além da Instrução Normativa da Emlurb que dispõe sobre o aprimoramento do processo de gestão, controle e fiscalização sobre os agentes envolvidos na geração, transporte e tratamento dos resíduos sólidos não abrangidos pela coleta regular, a partir da implantação do monitoramento eletrônico (RECIFE, 2020).

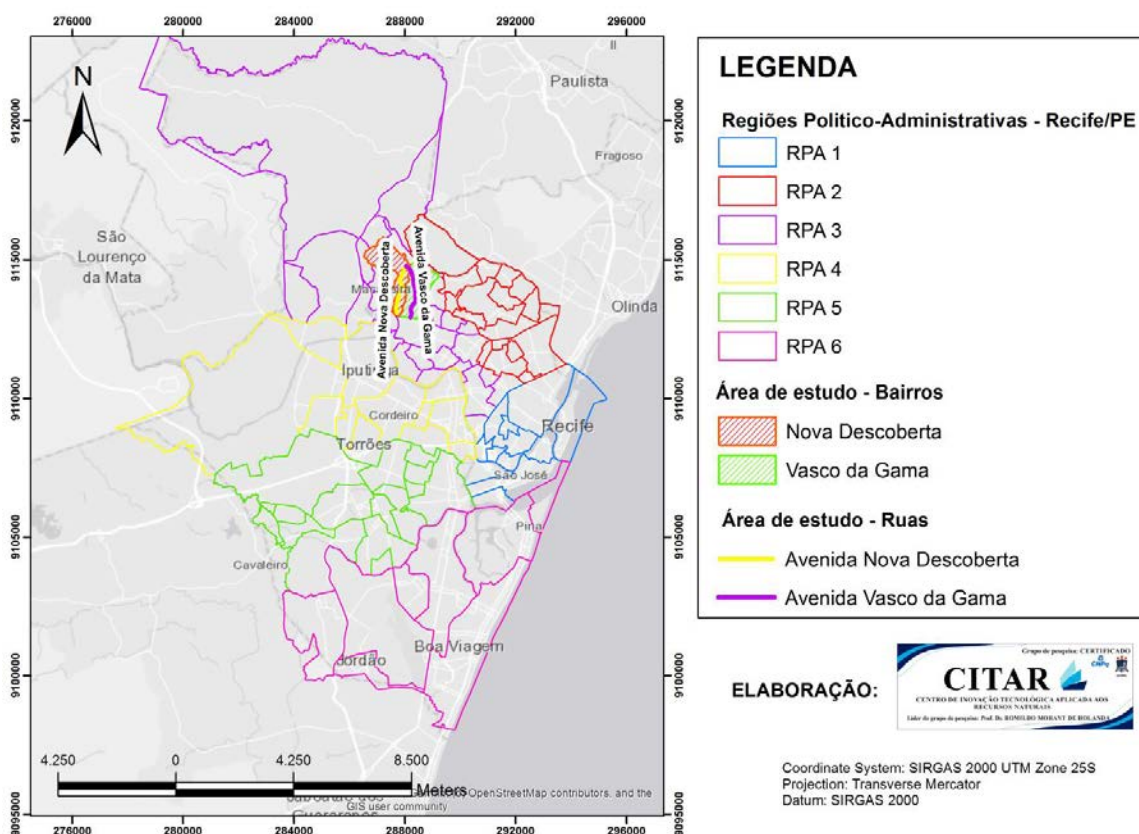
3. METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado a partir de visitas de campo para identificar e mapear pontos de deposição inadequadas na área de estudo. Além disso, foi realizada a classificação dos tipos de RCD presentes nos pontos de deposição irregular, de acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreendeu dois bairros da zona norte da cidade do Recife, capital do estado do Pernambuco (Figura 1). Nessa área, foi realizado o diagnóstico de subáreas afetadas pela deposição irregular de RCD, com a finalidade de investigar a destinação e estimular o debate acerca da problemática nessas comunidades e áreas de entorno.

Figura 1. Mapa de Localização dos bairros Nova descoberta e Vasco da Gama, cidade de Recife-PE



Como recorte geográfico foram escolhidas vias de acesso e transversais de maior tráfego de pessoas e veículos, Av. Nova Descoberta no bairro de Nova Descoberta e Av. Vasco da Gama no bairro de Vasco da Gama.

3.2 MAPEAMENTO DOS PONTOS DE DEPOSIÇÃO IRREGULAR DE RCD

A metodologia consistiu inicialmente em realizar visitas de campo aos pontos irregulares de deposição de RCD, em vários locais das ruas Nova Descoberta e Vasco da Gama, com o objetivo de registrar e constatar *in loco* a deposição dos RCD. No momento das visitas, foram feitos registros fotográficos e coletadas as coordenadas geográficas através do software *GPS Essentials* durante o mês de janeiro de 2021.

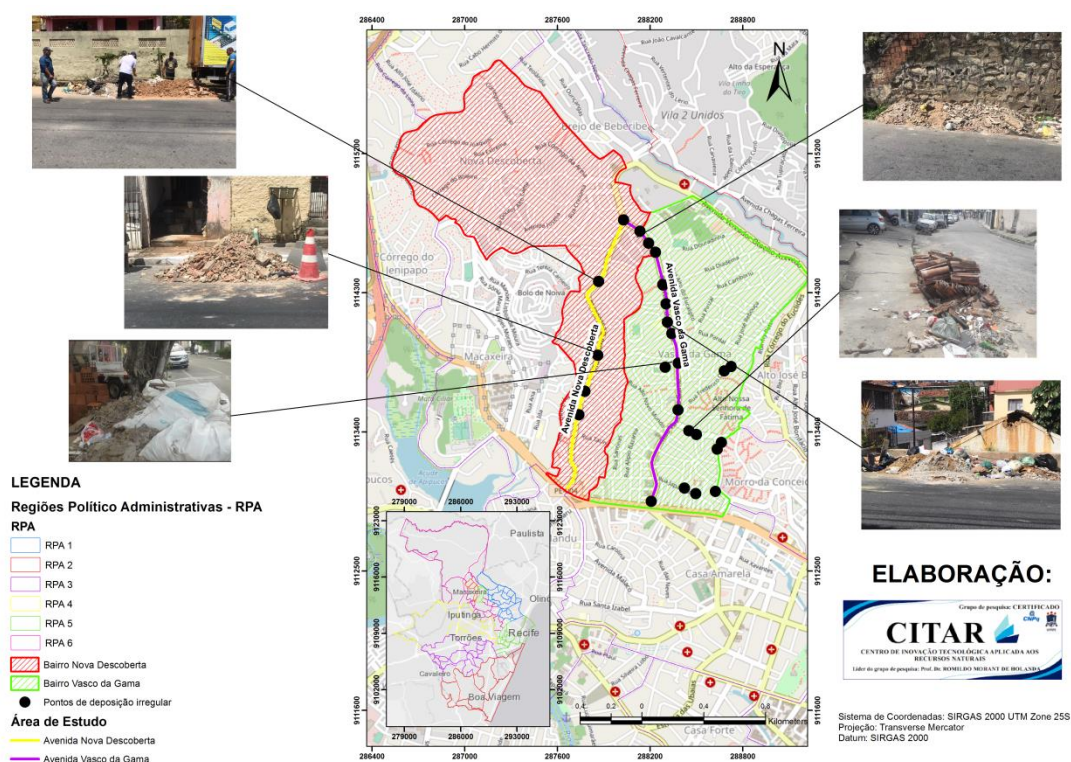
Para elaboração do mapa contendo os pontos de deposição, foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas (SIG) através do software de licença gratuita *ArcGis Pro*. A

partir de arquivos georreferenciados da cidade de Recife e respectivas Regiões Político Administrativas (RPA's), foram extraídos os limites dos dois bairros pertencentes a Zona Norte da cidade. Por fim, foram adicionados nesses arquivos a localização geográfica dos pontos de deposição irregular de RCD para composição do mapa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do levantamento de dados em campo, realizado em janeiro, foram identificadas e mapeadas as áreas de deposição clandestinas na região em estudo. A Figura 2 apresenta a localização dos 25 pontos de deposição irregular de grande e pequeno porte de RCD na principal rua dos bairros Vasco da Gama e Nova Descoberta.

Figura 2. Mapa de localização dos pontos de deposição irregular de RCD



A deposição de RCD foi verificada em vários trechos das ruas, como pode ser observado na Figura 2, onde os volumes de resíduos são expressivos e as descargas são realizadas de forma indiscriminada. O RCD é o resíduo predominante, porém também foram verificados outros tipos de resíduos de menor quantidade, como resíduos domésticos e podas de árvores, corroborando com a afirmativa de Farias Filhos e colaboradores (2020), de que esse tipo de deposição é atrativo para o descarte de outros tipos de resíduos. Um estudo semelhante de Costa e colaboradores (2020) também constatou a presença de variadas tipologias, como resíduos domésticos, nos 176 pontos de deposição irregulares cadastrados na cidade de Maceió.

De acordo com o levantamento realizado, verificou-se a continuidade da disposição de RCD nas áreas mapeadas, demandando um processo contínuo de limpeza corretiva por

parte da Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (Emlurb), pois uma vez recolhidos, recebem em pouco tempo outra carga irregular desses resíduos. Isso configura as áreas como pontos de deposição irregulares persistentes. Além disso, evidenciou-se a deposição desses resíduos em áreas públicas, vias de trânsito e invasão de calçadas, isso representa uma ameaça à segurança do tráfego de pedestres e veículos, bem como, degradação da paisagem urbana.

No município de Olinda, pertencente à Região Metropolitana do Recife (RMR), Paz e colaboradores (2017) registrou um total de 109 pontos de deposição irregular nos bairros, espalhados entre as 10 Regiões Político-Administrativas (RPAs). Os autores também aferiram que esse descarte irregular de RCD ocorre majoritariamente em terrenos baldios e margens de cursos d'água em regiões de vulnerabilidade social, como é o caso do Canal do Frágoso. Além disso, os bairros de maior incidência que foram Ouro Preto, Frágoso, Jardim Atlântico e Casa Caiada, se caracterizam por apresentar muitas edificações multifamiliares com expansão e vários canteiros de obras.

Já Vieira *et al.* (2019) avaliou a deposição irregular de RCD na RPA 2 da cidade do Recife, obtendo um total de 67 pontos em 18 bairros e com a maior concentração de pontos irregulares no bairro de Campo Grande, com 13 pontos. Os autores também verificaram uma grande quantidade de pontos de deposição de RCD em calçadas e vias públicas, representando 77% das deposições irregulares na RPA 2. Neste trabalho, foram registrados 25 pontos de deposição irregular em dois bairros da RP3, com maior concentração de pontos irregulares no bairro Vasco da Gama, com 17 pontos.

Na Figura 3, é possível observar que os RCD, conforme constatado e registrado nas visitas de campo, são lançados sem nenhum tipo de critério de seleção dos materiais incluindo os resíduos de classe A, B, C, em uma menor quantidade classe D e também resíduos domésticos.

Figura 3. Ponto de deposição irregular



A Tabela 1 apresenta a quantidade de pontos contendo cada classe de RCD, de acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002.

Tabela 1. Quantidade de pontos de deposição irregular de RCD

Classes	Pontos de deposição irregular
Classe A	25
Classe B	17
Classe C	5
Classe D	1

Na Tabela 1, obteve-se que 100% dos pontos cadastrados continham resíduos da classe A, ou seja, fração mineral composta de argamassas, concretos e componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.) com elevado potencial de reciclagem. Os resíduos das classes B e C estão presentes, respectivamente, em 68% e 20%, e os resíduos classe D em apenas 4% dos pontos identificados.

O estudo realizado por Paz e colaboradores (2019a), que também teve como área de estudo a cidade do Recife, identificou 565 pontos, dos quais 92% dos pontos de deposição irregular possuem resíduos Classe A, 70% dos pontos possuem resíduos classes B, 47% possuem resíduos classes C e em apenas 8% dos pontos foram encontrados resíduos classe D. Já Vieira e colaboradores (2019), em um estudo específico na RPA 2, verificaram que 70,15% dos pontos possuem resíduos da classe A, 20,90% dos pontos possuem resíduos classes B, 7,46% possuem resíduos classes C e em apenas 1,49% possuem resíduos classe D.

O estudo de Paz e colaboradores (2019b), abrangente da RMR, realizado no município de Paulista, constataram a presença de 82 pontos de descarte irregular de resíduos classe A, 31 pontos de classe B, 18 pontos classe C e apenas 7 pontos classe D. Além disso, constataram que a maior parte era de pequenos geradores, oriundos de reformas, e estavam dispostos em calçadas públicas servindo de obstáculo para os pedestres e favorecendo a proliferação de vetores de doenças.

Em todos os estudos, os resíduos classe A são predominantes, o que significa que esses RCD podem ser reciclados e desta forma reduzir a quantidade de pontos irregulares e, por conseguinte os impactos gerados.

A deposição irregular foi constatada próximo a diversos canais (Figura 3) e isso pode promover o arraste de sedimentos, que por sua vez contribui na obstrução do escoamento dos sistemas de drenagem e o assoreamento de cursos das águas. Assim, os problemas quanto à deposição irregular de RCD nos bairros estudados, se constituem em maior parte, nos danos causados por esses resíduos quando da sua presença em vias públicas, pois é nesses lugares que ocorre a maior parte dessas incidências.

5. CONCLUSÕES

Foram identificados 25 pontos de deposição irregular de RCD nas principais ruas dos bairros Vasco da Gama e Nova descoberta, situados em áreas públicas, vias de trânsito, calçadas, próximo a canais de drenagem e rede de esgoto, o que provoca impactos de ordem ambiental, social e econômico. Esta realidade pode estar relacionada a diversos fatores, como a falta de conscientização dos geradores, a falta de efetividade de ações por parte dos órgãos responsáveis pela fiscalização e gerenciamento, a falta de infraestrutura urbana e baixa quantidade e distribuição de Ecoestações.

Como forma de minimizar a problemática relacionada aos pontos de deposição irregular de RCD nos bairros estudados, tem-se como sugestão a disponibilização, por parte do poder público, de um maior número de pontos de entregas voluntárias (PEV) distribuídos em pontos estratégicos nos bairros para a correta destinação destes materiais. Outro ponto que pode ser desenvolvido são os programas de educação ambiental que devem ser mais efetivos nos bairros, para que os moradores criem o hábito de destinar corretamente os RCD ou reaproveitar os resíduos no próprio canteiro de obras.

REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil – 2020**. São Paulo: Abrelpe, Dez 2020. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2020>> Acesso em: 25 abr. 2021.

BARROS, E. F.; QUEIROZ, A. R. Avaliação da gestão dos resíduos da construção no Recife, Panorama da origem ao destino. In: EL-DEIR, S. G.; MELO, A. M.; SOUTO, T. J. M. P. (Org.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**, 2. ed., Recife: EDUFRPE, 2016. p. 98-105. ISBN:978-85-7946-263-4

BESSA, S. A. L., GONÇALVES MELO, T. A.; LOURENÇO, K. K. Análise quantitativa e qualitativa dos resíduos de construção e demolição gerados em Belo Horizonte/MG. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, 2019. DOI: 10.1590/2175-3369.011.e20180099

BEZERRA, R. P. L.; SILVA, R. C. P.; ACIOLI, N. T. B.; DOS ANJOS, R. C. Avaliação do desperdício de materiais em obras de edificações. In: BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W.J.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**, 2. ed., Recife: EDUFRPE, 2017. p. 357-368. ISBN:978-85-7946-285-6

BEZERRA, R.; SILVA, R. C. P.; ACIOLI, N. T. B.; DOS ANJOS, R. C. Avaliação do desperdício de materiais em obras de edificações. IN: BEZERRA, R. P. L, AGUIAR, W.J.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. 2^aed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 357-368.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; ...e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 ago. 2010.

- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 307**, de 5 de julho de 2002. Brasília, 2002.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 348**, de 16 de agosto de 2004. Brasília, 2004.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 431**, de 24 de maio de 2011. Brasília, 2011.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 448**, de 19 de janeiro de 2012. Brasília, 2012.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 469**, de 29 de julho de 2015. Brasília, 2015.
- COSTA, M. C., COSTA, B., LINS, T., SILVA JÚNIOR, S. ;CAVALCANTE, L. Análise da destinação de resíduos sólidos da construção civil no município de Maceió/AL: Georreferenciamento dos pontos de descarte irregulares e regulares. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 6, n. 1, p. 63, 2020.
- COSTA, D. E. S., MOREIRA, R. C., FERREIRA, M. M. M. G., MAGALHÃES, D. V., FERREIRA, L. R. Gestão ambiental, planejamento e sustentabilidade: A gestão de resíduos sólidos urbanos da construção civil. **Revista Valore**, v. 4, p. 251-258, 2019.
- DOS SANTOS, R. L. R.; RODRIGUES, C. SOUZA., YUN, G., PEREIRA, A. B.; RABELO, J. M. G. Análise de decisão multicritério e sistema de informações geográfica na gestão de resíduos de construção e demolição. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 15984-16006, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n3-464
- FARIAS FILHO, M. B.; OLIVEIRA, V. V. A.; PAZ, D. H. F.; FERREIRA, A. A. Sistema automatizado para gerenciamento de resíduos da construção civil; desenvolvimento de sistema em ambiente mobile. IN: SILVA, T. S.; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.) **Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 451-459.
- FONSECA, A. C. N.; FORTUNATO, C. F.; FONSECA, A. C. N.; HOLANDA, R. M. Resíduos da construção civil; Aspectos da legislação ambiental e destinação final. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1 ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 321-330. ISBN:978-85-7946-337-2
- GONÇALVES, I. S.; COSTA, V. R. M.; DA SILVA, J. E. K.; BEZERRA, D.S. Uma análise dos serviços de coleta diferenciada de resíduos de construção civil na ilha de São Luís – MA. IN: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. (Orgs). **Resíduos Sólidos: Educação e meio ambiente**. 1. Ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 369-384.
- LINS, J. M. S. M.; LINS, E. J. M; BURGOS, R. D. F. Resíduos de construção e demolição no brasil: Diagnóstico e crédito ambiental In: SILVA, R. C. P., SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR S. G. **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 425-440. ISBN: 978-85-7946-314-3

LOWEN, E. M.; NAGALLI, A. Pequenos geradores de resíduos da construção civil: prefeituras municipais e a disponibilização de informações. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 15, p. 43-50, abr. 2020. (DOI 10.21438/rbgas(2020)071504)

MAIA, M, C, R. **Proposta de modelo de gestão consorciada de resíduos da construção civil (RCC) na unidade de gerenciamento do Rio São João – MG (MB 13)**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019.

MATOS, J. P. C., ALENCAR, T. C. de SÁ B. D. Gerenciamento de Resíduos Sólidos e a Aplicação da Logística Reversa no Segmento da Construção Civil. **Id on Line Revista Multidisciplinar e de Psicologia**. v.13, n. 43, p. 784-807, 2019.

PAZ, D. H. F.; FIGUEREDO, C. M.; LAFAYETTE, K. P. V.; SOBRAL, M. C. M. Desenvolvimento de um Sistema de Informações Geográficas para o monitoramento da deposição Irregular dos resíduos da construção civil em Olinda/PE. *In*: BEZERRA, R. P. L; AGUIAR, W.J.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**, 2. ed., Recife: EDUFRPE, 2017. p. 369-380. ISBN:978-85-7946-285-6

PAZ, D. H. F.; LAFAYETTE, K. P. V.; SOBRAL, M. C. GIS - based planning system for managing the flow of construction and demolition waste in Brazil. **Waste Management & Research**, v. 36, p. 541-549, May 2018. doi:10.1177/0734242X18772096

PAZ, D. H. F.; HOLANDA, M. J. O.; LAFAYETTE, K. P. V.; SOBRAL, M. C. M. Desenvolvimento de um SIG para monitoramento da deposição irregular de resíduos da construção civil em Recife-PE. *In*: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1 ed. Recife: EDUFRPE, 2019a. p. 433 - 446. ISBN:978-85-7946-337-2

PAZ, D. H. F.; XIMENES, T. C. F.; HOLANDA, M. J. O.; LAFAYETTE, K. P. V. Impactos ocasionados pela deposição irregular dos resíduos de construção e demolição no município de Paulista/PE. *In*: AGUIAR, A. C., SILVA, K. A., EL-DEIR, S. G. **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**, 1. ed., Recife: EDUFRPE, 2019b p. 331.339. ISBN: 978-85-7946-337-2

PAZ, D. H. F.; LAFAYETTE, K. P. V.; SOBRAL, M. C. M. Management of construction and demolition waste using GIS tools. *In*: **Advances in Construction and Demolition Waste Recycling**. Woodhead Publishing, 2020. p. 121-156.

PERNAMBUCO. Decreto nº 38.483. **Diário Oficial do Estado**. Recife-PE, de 1 de agosto de 2012.

PERNAMBUCO. Lei Nº 14.236; Política Estadual de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial do Estado**. Recife-PE, 13 de dezembro de 2010.

PERNAMBUCO. Lei nº. 16.112. **Diário Oficial do Estado**. 05de julho de 2017.

PERNAMBUCO. Secretaria das Cidades. **Plano de Resíduos Sólidos: Região de Desenvolvimento Metropolitana de Pernambuco** - RDM/PE. 2ª Ed. Recife: Caruso Jr. 2018. 108 p.

PERNAMBUCO. Secretaria das Cidades. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos - Pernambuco. Secretaria das Cidades.** Disponível em: <<https://observatoriopnrs.files.wordpress.com/2014/11/pernambuco-plano-estadual-de-resc3adduos-sc3b3lidos.pdf>> Acesso em: 28 abr. 2021.

PERNAMBUCO. Secretaria das Cidades. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos - Pernambuco. Secretaria das Cidades.** Recife/PE. 2012. Disponível em: <<https://observatoriopnrs.files.wordpress.com/2014/11/pernambuco-plano-estadual-de-resc3adduos-sc3b3lidos.pdf>> Acesso em: 28 abr. 2021.

RECIFE. Lei Municipal nº 16.377/1998. Introduz modificações na Lei 14.903 de 03 de outubro de 1986, e dá outras providências. **Diário Oficial do Município.** Recife, 1998a.

RECIFE. Decreto Municipal nº 18.082. **Diário Oficial do Município.** Recife, 1998b.

RECIFE. Decreto Municipal nº 27.399. **Diário Oficial do Município.** Recife, 2013.

RECIFE. Decreto nº 27.045. **Diário Oficial de Prefeitura do Recife.** 19 abr. 2013.

RECIFE. Instrução Normativa da Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana - EMLURB nº 01. **Diário Oficial de Prefeitura do Recife.** 15 fev. 1997.

RECIFE. Lei Municipal nº 17.072. Estabelece as diretrizes e critérios para o Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. **Diário Oficial do Município.** Recife, 2005.

RECIFE. Lei nº 16.243. Código do Meio Ambiente e do Equilíbrio Ecológico da Cidade do Recife . **Diário Oficial de Prefeitura do Recife.** 13 set. 1996a.

RECIFE. Lei nº 16.176. Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo. **Diário Oficial de Prefeitura do Recife.** 09 mai. 1996b.

RECIFE. Lei nº 17.072. Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. **Diário Oficial de Prefeitura do Recife.** 03 jan. 2005.

RECIFE. Lei nº 18.770. Plano Diretor do Recife. **Diário Oficial de Prefeitura do Recife.** 29 dez. 2020.

RECIFE. Lei Orgânica do Município do Recife. **Diário Oficial de Prefeitura do Recife.** 04 abr. 2019.

SEROR, N.; PORTNOV, B. A. Identifying areas under potential risk of illegal construction and demolition waste dumping using GIS tools. **Waste management**, v. 75, p. 22-29, May 2018. doi:10.1016/j.wasman.2018.01.027

SILVA, G. D.; BICALHO, S. F.; OLIVEIRA, M. S. C. Comparativo de consumo entre sistemas de Produção de argamassa: Estudo de caso em edificação vertical. *In*: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O., MELLO, D. P., EL-DEIR, S. G. **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 441-453. ISBN: 978-85-7946-314-3

SOUZA, A. L.; COSTA, A. R. S.; EL-DEIR, S. G. Indicadores de sustentabilidade como auxílio na gestão de resíduos sólidos urbanos; um estudo de caso da pegada ecológica. *In*: EL-DEIR, S. G.; BEZERRA, R. P. L; AGUIAR, W. J. **Resíduos sólidos: diagnósticos e alternativas para a gestão integrada**. 2. ed., Recife: EDUFRPE, 2017. p. 7-14 ISBN: 978-85-7946-287-0

TANGA, Z.; LI, W.; TAM, V.; XUE, C. Advanced progress in recycling municipal and construction solid wastes for manufacturing sustainable construction materials. **Resources, Conservation & Recycling: Michigan**, v.6, May 2020, Article 100036. doi:10.1016/j.rcrx.2020.100036

VIEIRA, C. R.; LAFAYETTE, K. P. V.; ROCHA, J. H. A.; OLIVEIRA, M. S. Avaliação da Deposição Irregular de Resíduos da Construção na Região Político Administrativa 2, Recife – PE. *IN*: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1 ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 419 - 432.

4.8 LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE ATERROS SANITÁRIOS: PROCEDIMENTOS E CRITÉRIOS PARA A DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

SILVA, Kardelan Arteiro da
Mestre em Engenharia Ambiental
kardelan.art@gmail.com

BEZERRA, Andreza Maiara Silva
Mestranda em Engenharia de Produção
andrezamaiarasilva@gmail.com

MORAES, Jeni Melo de
Especialista em Recursos Hídricos
jenimoraes@gmail.com

FRANÇA, José Mairton Figueiredo de
Doutor em Engenharia de Produção
funcitern.idema.mairton@gmail.com

RESUMO

O licenciamento ambiental para a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos é um processo complexo e multidisciplinar, onde a carência de corpo técnico especializado intensifica as reprovações de projetos e de estudos por órgãos ambientais licenciadores. Através da análise bibliométrica e do levantamento de dados de um estudo de caso no Estado do Rio Grande do Norte, o presente estudo apresenta os principais procedimentos e critérios adotados no licenciamento ambiental de aterros sanitários. O produto deste trabalho, além de fornecer insumos aos tomadores de decisão na concepção e na implantação destes empreendimentos, também concede um roteiro para atendimento aos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Meio Ambiente, Órgão Ambiental, Saneamento

1. INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais relacionados com a produção de resíduos são as principais ameaças à saúde humana e à qualidade do ambiente nas zonas urbanas e rurais (MESQUITA et al., 2019; SHI et al., 2021). O rápido crescimento da população nas cidades, a mudança nos padrões de consumo e a utilização massiva de plásticos têm aumentado a produção de resíduos sólidos (SANTOS et al., 2019; EGHTESADIFARD et al., 2020).

No âmbito do processo de eliminação de resíduos, diferentes técnicas têm sido empregadas para lidar com as massas de resíduos sólidos em crescimento (ARAÚJO et al., 2019; ESTRELA et al., 2020). No entanto, a maioria das soluções de descarte atuais, como aterros sanitários, apresentam problemas socioambientais e econômicos (GUEDES et al., 2020; SANTOS et al., 2020). Cabe destacar que esses empreendimentos (aterros sanitários) continuam a ser o método mais sensato e menos dispendioso de eliminação de resíduos, além de prover um local de eliminação controlada e de tratamento científico dos resíduos sólidos.

Como estratégia de previsão dos impactos positivos e negativos causados, tais empreendimentos são submetidos ao processo de Licenciamento Ambiental e de Avaliação de Impacto Ambiental – AIA, ambos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente, Lei nº 6.938/81 (BRASIL, 1981). A AIA definiu ferramentas, como o Estudo Impacto Ambiental – EIA e o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA (CONAMA 01/86).

O Licenciamento Ambiental, por outro lado, é geralmente dividido em: **1-** Licença Preliminar/Prévia – LP: concedida na fase de concepção do projeto, aprovando a localização, o desenho e a viabilidade ambiental da área; **2-** Licença de Instalação – LI: autoriza a instalação de acordo com as especificações contidas nos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas e as condições de controle ambiental; **3-** Licença de Operação – LO: autoriza a operação do empreendimento após verificação da eficácia do cumprimento das condicionantes ambientais elencadas nas licenças anteriores (CONAMA 237/97).

Desta forma, o licenciamento ambiental no Brasil é um instrumento de comando e de controle utilizado nos níveis federal, estadual e municipal, a depender do porte e potencial poluidor do empreendimento, para fazer cumprir as exigências legais e padrões ambientais (RODRIGUES et al., 2019). Na prática, o processo de licenciamento de aterros sanitários é complexo e multidisciplinar. Muitos projetos são reprovados por órgãos ambientais, tendo em vista a carência de estudos e a deficiência estrutural do corpo técnico dos municípios que submetem este tipo de empreendimento ao processo de licenciamento ambiental.

Diante desse cenário e visando a celeridade na implementação de aterros sanitários, conforme estabelece o novo marco do saneamento ambiental (BRASIL, 2020), o objetivo

do trabalho foi indicar os principais procedimentos e critérios adotados no licenciamento ambiental do Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Norte – IDEMA/RN para a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos. Outrossim, o estudo também visa fornecer insumos aos tomadores de decisão para a implantação destes empreendimentos, o que possibilitará uma análise mais criteriosa e assertiva por parte do corpo técnico dos órgãos ambientais, além do atendimento aos preceitos legais da sustentabilidade.

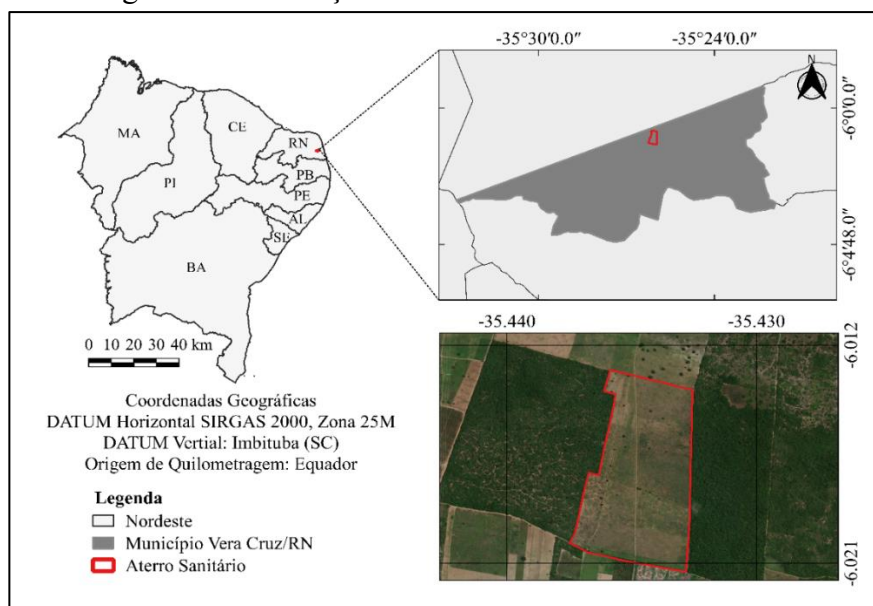
2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização do Aterro Sanitário: Estudo de Caso

O aterro sanitário de Vera Cruz (Figura 1) consiste no objeto de interesse desse estudo. A cidade de Vera Cruz está localizada na Região Metropolitana de Natal, no estado do Rio Grande do Norte. O aterro sanitário para destinação final de resíduos sólidos urbanos foi instalado em área medindo 137,34 hectares, em local caracterizado como terreno agrícola e cadastrado no Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA. O acesso dá-se a partir de Natal, através da rodovia BR – 101, seguindo pela rodovia RN – 315 e em seguida pela rodovia RN – 160, entrando à esquerda em estrada carroçável. Ou, a partir de Macaíba – RN, segue-se a rodovia RN – 160 e em seguida pela estrada carroçável que dá acesso ao terreno.

O aterro sanitário de Vera Cruz encontra-se distante de corpos hídricos e não está inserido em áreas de uso restrito, além de estar a uma distância aproximada de 2,6 quilômetros da sede do município de Vera Cruz – RN e 1,6 quilômetros do distrito de Papagaio. Vale destacar que o empreendimento está localizado em frente à área de um antigo lixão, onde eram depositados os resíduos do município até o início da operação do aterro sanitário.

Figura 1. Localização do aterro sanitário de Vera Cruz



Atualmente, o aterro atende a cidade de Vera Cruz, além de outros municípios da região Agreste do Estado Potiguar, como: Parnamirim, Macaíba, São José de Mipibu, Nísia

Floresta, Monte Alegre. A estimativa é que o aterro tenha vida útil superior a 20 (vinte) anos, a depender da demanda flexibilizada pelo crescimento populacional e a variação da adesão de municípios vizinhos ao sistema de destinação no aterro. A capacidade projetada é de 372 toneladas por dia, podendo chegar à capacidade máxima operacional de 537 toneladas diárias de resíduos sólidos urbanos.

O aterro sanitário foi construído através do método de trincheira, com 11 (onze) trincheiras (distribuídas de 1 a 11) através da escavação de células no solo com profundidade máxima de 6 (seis) metros. Ao chegar ao nível do terreno natural, o aterro será operado através do método de rampa, com a formação de camadas sucessivas de 5 (cinco) metros de altura, até alcançar uma altura média de 25 metros acima do terreno natural. Foram previstas 6 (seis) etapas para implantação do aterro.

2.2. Procedimentos do Licenciamento Ambiental

O estudo foi realizado através de um levantamento de informações diretas no Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Norte – IDEMA/RN, com sede situada no município de Natal, onde foram obtidos os estudos ambientais elaborados como requisito parcial para a obtenção das licenças ambientais do empreendimento.

2.3. Identificação e Seleção dos Critérios

Os critérios ambientais, econômicos e sociais adequados para implantação do aterro foram definidos considerando as características do local do estudo de caso, as avaliações de especialistas, os padrões nacionais e estaduais de licenciamento e a disponibilidade de informações. Foram estabelecidos 5 (cinco) critérios relacionados à sustentabilidade de implantação de aterros sanitários, os quais foram identificados e categorizados em três grupos: Ambiental, Econômico e Social. A saber:

- Ambiental: Distância de águas superficiais e profundidade da água subterrânea
- Social: Distâncias de áreas residenciais
- Econômico: Distâncias de Estradas

Para isto, a análise bibliométrica permitiu aproximar os pesquisadores do objeto de estudo, bem como possibilitou a análise da literatura acadêmica sob diferentes perspectivas (LIU et al., 2019). Foi possível selecionar os principais critérios adotados, além de identificar panoramas inovadores e tendências de pesquisa (ELLEGAARD; WALLIN, 2015). O levantamento de dados foi realizado nas bases *Science Direct* e *Web of Science*, buscando artigos científicos publicados nos últimos 10 anos; usando indicadores correlatos as temáticas de aterros sanitários e de licenciamento ambiental.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Procedimentos do Licenciamento Ambiental de Aterros Sanitários

A primeira etapa do processo de licenciamento ambiental é a obtenção da Licença Prévia – LP. A LP atesta apenas a viabilidade ambiental da área para a possível instalação do aterro sanitário, possuindo validade mínima igual ao estabelecido pelo cronograma de elaboração dos planos, programas e projetos relacionados ao empreendimento, não podendo ser superior a dois anos, conforme estabelece a Lei Complementar nº 272/2004 (RIO GRANDE DO NORTE, 2004).

Para emissão da referida licença, faz-se necessário que sejam apresentados documentos básicos para instruir o processo, como àqueles relacionados à legalidade da área (exs: escritura pública, contrato de compra e venda e outros), memorial descritivo da área e descrição sucinta do empreendimento, planta de localização georreferenciada e cronograma de elaboração dos planos, programas e projetos relativos ao aterro sanitário.

É imprescindível que, também conste nos autos do processo de LP, uma Certidão emitida pelo poder público municipal, a qual é conhecida como Certidão de Uso e Ocupação do Solo, documento este que deve estar de acordo com a Resolução do CONAMA nº 237/1997, devendo ser, expedida há, no máximo, 02 anos da data de apresentação ao órgão ambiental, declarando que o local e o tipo de empreendimento ou atividade estão em conformidade com a legislação aplicável ao uso e ocupação do solo e especificando se o empreendimento está inserido em zona urbana ou rural do município onde pretende se instalar.

Tratando-se do licenciamento ambiental de aterros sanitários, a depender do porte e do potencial poluidor, faz-se necessária a apresentação de um estudo ambiental, como por exemplo, um EIA/RIMA, que deverá ser apresentado já na fase de obtenção da LP e estar de acordo com o Termo de Referência – TR emitido pelo órgão ambiental licenciador. É também necessária a realização de audiência pública junto à população das áreas de influência do empreendimento com objetivo de apresentar o RIMA a todos os interessados: população, autoridades do município, empresários, Organizações Não Governamentais – ONGs e demais interessados, bem como ao próprio corpo técnico envolvido na análise do processo.

Caso o empreendimento se situe em área rural, é imprescindível a verificação da situação da propriedade com relação ao Cadastro Ambiental Rural – CAR. Ressalta-se também a necessidade de vistoria técnica na área por parte da equipe técnica do órgão ambiental.

De posse da LP, o interessado envida esforços para proceder à abertura do processo de LI do empreendimento. Nessa etapa do licenciamento, faz-se necessária a apresentação detalhada de todos os projetos do aterro sanitário proposto, bem como a comprovação do cumprimento de todas as condicionantes ambientais elencadas na LP. Além disso, é necessária a apresentação do cronograma físico de implantação do empreendimento, juntamente com outros documentos que são necessários para instruir a análise técnica do pedido de LI, como o Cadastro de Atividades. Necessário ressaltar a importância da

adequação dos projetos a todo o arcabouço legal vigente (resoluções do CONAMA e CONEMA, leis e decretos, entre outros) e também as Normas Técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT que tratam da temática.

Em síntese, o interessado necessita, basicamente, atender ao que foi anteriormente descrito para obter a LI, licença esta que autoriza o início das obras para instalação do empreendimento, desde que todos os projetos estejam em conformidade do ponto de vista legal e técnico. O prazo de validade da LI é, no mínimo, igual ao estabelecido pelo cronograma de instalação do empreendimento e não pode ser superior a quatro anos.

Concluídas as instalações do aterro sanitário, o mesmo só poderá funcionar com a autorização do órgão ambiental, que o faz por meio da concessão da Licença de Operação – LO. Para obter a LO, o interessado deve abrir outro processo junto ao órgão ambiental competente, apresentando basicamente às comprovações do cumprimento de todas as condicionantes da licença anterior (LI). O prazo de validade da LO deverá considerar as características e o potencial poluidor e degradador da atividade, podendo variar de 1 (um) a 6 (seis) anos.

Importante destacar que, em todas as fases do licenciamento ambiental, é necessário o preenchimento de um requerimento padrão no ato da abertura do processo e também é necessário que todos os documentos técnicos (memoriais descritivos e de cálculo, plantas, cortes e detalhes, estudos, planos e programas ambientais etc.) estejam acompanhados das respectivas Anotações de Responsabilidade Técnica – ART de todos os profissionais envolvidos (Engenheiros, Biólogos, Geólogos, Geógrafos, entre outros).

Outro detalhe importante, diz respeito aos custos para obtenção das licenças ambientais: cada processo tem um custo específico junto ao órgão ambiental, variando conforme o porte e potencial poluidor do empreendimento (exceto nos casos de uma obra pública, tendo em vista que, nesses casos, ocorre a isenção dos custos do licenciamento ambiental no IDEMA).

Vale ressaltar também que, no ato do pedido de alguma licença ambiental, bem como após sua obtenção, é obrigatório que o interessado realize a publicação do pedido, da concessão e das respectivas renovações em jornal de grande circulação, bem como no Diário Oficial do Estado.

Ao obter qualquer licença ambiental também é obrigatório dar publicidade por meio da publicação em uma placa, cujo modelo está disponível no site do órgão ambiental e vale ainda destacar que, o pedido de renovação das licenças ambientais deve ser requisitado ao órgão antes da expiração do prazo de validade da licença vigente.

3.2. Critério Ambiental do Licenciamento: Águas Superficiais

A proximidade de aterros sanitários às fontes de águas superficiais é considerada uma desvantagem, pois as atividades desenvolvidas nestes locais têm potencial de afetar a qualidade dos recursos hídricos, por meio do movimento do lixiviado (BAHRANI et al., 2016; SILVA et al., 2019). Desta forma, tais empreendimentos devem ser localizados a uma distância adequada de corpos d'água, como rios e riachos, para minimizar o risco de contaminação (EGHTESADIFAR et al., 2020).

A depender das condições e das circunstâncias hidrológicas de cada região, os limites mínimos para o estabelecimento destes empreendimentos frente às águas superficiais são variáveis (Quadro 1). Majid e Mir (2021) identificaram que a distância entre o aterro e o rio Jhelum, localizado na Índia, não deve ser inferior a 500 metros, sendo esta zona tampão atribuída por razões de segurança.

Quadro 1. Distâncias mínimas do aterro sanitário para as águas superficiais

DIMENSÃO	CRITÉRIO	DISTÂNCIAS (M)	REFERÊNCIAS
Ambiental	Águas Superficiais	200	NBR 13896/1997
		500	(Majid e Mir, 2021)
		500 - 2000	(Eghtesadifar et al, 2020)
		1000 - 2000	(Bahrani et al., 2016)

Entretanto, no Brasil, a NBR 13.896/1997 recomenda que o aterro deve ser localizado a uma distância mínima de 200 metros de qualquer coleção hídrica ou curso de água. Sendo assim, foi possível observar que o aterro sanitário de Vera Cruz, objeto deste estudo, possui distâncias que variaram de 200 metros a mais 1.000 metros.

Para esta delimitação, os profissionais avaliaram a existência de lagos, açudes, barreiros e drenagens locais, com objetivo de eliminar qualquer tipo de impacto na hidrodinâmica local. Vale destacar que, em comparação às literaturas citadas, a NBR 13.896/1997, mostra-se mais flexível com relação as distâncias mínimas recomendadas entre o aterro sanitário e os corpos hídricos superficiais

3.3. Critério Ambiental do Licenciamento: Águas Subterrâneas

Devido ao movimento do lixiviado nos aterros, a qualidade da água subterrânea pode ser afetada, uma vez que o efluente líquido produzido pode contaminar o lençol freático e, conseqüentemente, afetar a saúde pública através do consumo dos recursos hídricos subterrâneos pela população (LINS et al., 2018; PASALARI et al., 2019). Para evitar a contaminação por meio da infiltração do lixiviado, segundo Uyan (2014), os aterros devem ser localizados em locais com águas subterrâneas suficientemente profundas.

Em decorrência das diferentes estruturas técnicas, ambientais e geográficas de cada localidade, a profundidade considerada adequada e/ou inadequada do lençol freático depende das características hidrogeológicas (Quadro 2). Uyan (2014) demonstra a

importância dos poços de monitoramento à jusante e à montante do aterro para detectar qualquer anomalia.

Quadro 2. Distâncias mínimas do aterro sanitário para as águas subterrâneas

DIMENSÃO	CRITÉRIO	DISTÂNCIAS (M)	REFERÊNCIAS
		3	NBR 13.896/1997
Ambiental	Água Subterrâneas	50	Balew et al., 2020
		300	Pasalari et al., 2019
		500	Uyan, 2014

Balew et al. (2020) apresentaram uma faixa adequada de profundidade de 50 metros para implantação do aterro sanitário na cidade de Robe, Etiópia. Pasalari et al. (2019) selecionaram o local mais propício para implantação do empreendimento na cidade de Shiraz, Irã, considerando o planejamento municipal e uma faixa de 300 metros de proteção.

No Brasil, a NBR 13.896/1997 recomenda que o local de implantação deve estar acima de uma zona não saturada com espessura superior a 3 metros. Uma vez que a presença de água próxima à superfície possibilita o aumento da quantidade de percolado, causa instabilidade ao maciço e provoca desagregação de solo, os valores para o aterro sanitário de Vera Cruz variaram de abaixo de 1 metro a acima de 3 metros. Em comparação às literaturas citadas, a NBR 13.896/1997, apresenta-se menos rigorosa quanto a delimitação da faixa de proteção para as águas subterrâneas. Todavia, o empreendimento possui células impermeáveis, onde o chorume produzido é tratado em sistemas de lagoas.

3.4. Critério Social do Licenciamento: Áreas Residenciais

Aterros sanitários próximos as residências podem afetar a saúde das comunidades, pois o mau cheiro, o chorume e os gases tóxicos liberados podem contribuir para a disseminação de doenças (CHABUK et al., 2016; DRUDI et al., 2017; EGHTEADIFARD et al., 2020). Desta forma, uma distância mínima é estabelecida para evitar qualquer perturbação à população da área e causar os menores riscos ambientais.

O órgão de controle ambiental pode alterar a distância mínima entre a localização de aterros sanitários e os núcleos populacionais, sendo recomendado uma distância mínima de 500 metros (Quadro 3) (NBR 13.896/1997). Observou-se que o empreendimento em análise está entre 500 e 1.000 metros distante de manchas urbanas, sedes municipais, distritos, vilas e fazendas, de modo a eliminar qualquer risco ou impacto ambiental, social e econômico sobre a população.

Quadro 3. Distâncias mínimas do aterro sanitário para residências

DIMENSÃO	CRITÉRIO	DISTÂNCIAS (M)	REFERÊNCIAS
Social	Residências	500	NBR 13.896/1997
		500	Majid e Mir., 2021
		500 - 1000	Chabuk et al., 2016
		700 - 3000	Eghtesadifard et al., 2020
		1000	Pasalari et al., 2019

Majid e Mir (2021) identificaram uma distância ideal de 500 metros do aterro sanitário da cidade de Srinagar, na Índia, para uma população de alta densidade, tendo em vista as preocupações públicas, a poluição visual, sonora e as chances de incêndio na área.

Em contrapartida, pesquisadores do Irã definiram uma área de proteção de 1.000 m com base nas regras básicas da organização iraniana de proteção ambiental (PASALARI et al., 2019). Pode-se destacar que essa variação na faixa de proteção diz respeito às peculiaridades de cada país na implantação de políticas públicas voltadas à disposição final dos resíduos sólidos e dos rejeitos. Observa-se que a NBR 13.896/1997 apresenta limites mais próximos às literaturas citadas, em comparação aos critérios de corpos hídricos superficiais e águas subterrâneas.

3.5. Critério Econômico do Licenciamento: Estradas

Caso o aterro sanitário esteja distante da rodovia, os gastos com transporte aumentarão, bem como a poluição ambiental produzida pelo deslocamento (BAHRANI et al., 2016; NASCIMENTO et al., 2018). Diante desse cenário, entende-se que os custos de transporte dos resíduos para o empreendimento são proporcionais à distância. Assim, a distância entre o aterro e a infraestrutura rodoviária existente deve ser considerada a partir dos custos de transporte e de coleta dos resíduos sólidos (MAJID e MIR, 2021)

Em contrapartida, aterros muito próximos às estradas poderão causar mau cheiro e problemas relacionados à dispersão de resíduos e de poluentes (CHABUK et al., 2016). Quanto mais longe o aterro se situa das estradas, mais o acesso torna-se complicado, e isso pode aumentar o custo associado ao transporte, o que não é do interesse das autoridades envolvidas na gestão de resíduos sólidos (Quadro 4).

Quadro 4. Distâncias mínimas do aterro sanitário para as estradas

DIMENSÃO	CRITÉRIO	DISTÂNCIAS (M)	REFERÊNCIAS
Econômica	Estradas	300	(Majid e Mir, 2021)
		300 - 2000	(Bahrani et al., 2016)
		500 - 2000	(Chabuk et al., 2016)
		3000	(Pasalari et al., 2019)

A NBR 13.896/1997 considera a implantação dos acessos como um fator de extrema relevância em um projeto de aterro sanitário, uma vez que são utilizados durante toda a sua operação. O aterro sanitário de Vera Cruz apresenta as seguintes vias de acesso: a estrada carroçável que dá acesso à gleba do empreendimento, a RN – 160, a RN – 315, a BR – 304/ BR – 226, a BR – 101, e a RN – 063. Desta forma, o empreendimento vai atender, além de Vera Cruz, os municípios de Parnamirim, Macaíba, São José de Mipibu, Nísia Floresta, Monte Alegre e outros municípios da região Agreste do Estado Potiguar.

4. CONCLUSÕES

Na Licença Prévia, além do EIA/RIMA, diversos documentos são necessários: memorial descritivo, planta de localização, certidão de uso e ocupação do solo, cronograma, programas e projetos relativos ao aterro sanitário. A Licença de Instalação precisa conter todos os projetos do aterro sanitário proposto, bem como a comprovação do cumprimento de todas as condicionantes ambientais elencadas na LP. Por fim, tem-se a Licença de Operação, a qual possibilita o funcionamento do empreendimento. Desta feita, os empreendedores, no ato de protocolar os processos de licenciamento ambiental de aterros sanitários, precisam estar atentos a todos os requisitos mínimos e procedimentos para obtenção da licença prévia, instalação e operação do empreendimento.

Em comparação com as literaturas e as legislações internacionais, as normas brasileiras para implantação de aterros sanitários mostram-se mais flexíveis nas distâncias mínimas dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos. No que concerne às áreas residenciais, o aterro sanitário de Vera Cruz apresentou distâncias mais condizentes com outros países que também aplicam o licenciamento ambiental. Por fim, pode-se destacar que ainda não há regulamentações quanto à distância mínima de estradas para o empreendimento. De qualquer forma, o aterro sanitário possui distância considerada ótima pelo corpo técnico, uma vez que as principais vias de acesso ao empreendimento são rodovias estaduais e federais.

5. AGRADECIMENTOS

Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Norte – IDEMA/RN e Fundação para o Desenvolvimento da Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado do Rio Grande do Norte – FUNCITERN.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13896/1997. Aterro de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação. Disponível em: <<https://engcivil20142.files.wordpress.com/2018/04/nbr-13896-aterros-de-resc3adduos-nc3a3o-perigosos.pdf>. Acesso em abril de 2021.

ARAÚJO, M. J. C. S.; LINS, E. A. M.; JUCA, J. F. T. Análise de um sistema de tratamento de lixiviado; estudo de caso em aterro encerrado. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR,

S. G. (Orgs). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, p. 391-403, 2019.

BAHRANI, S.; EBADI, T.; EHSANI, H.; YOUSEFI, H.; MAKNOON, R. Modeling landfill site selection by multi-criteria decision making and fuzzy functions in GIS, case study: Shabestar, Iran. **Environmental Earth Sciences**, v. 75, n. 4, p. 337, 2016.

BALEW, A.; ALEMU, M.; LEUL, Y.; FEYE, T. Suitable landfill site selection using GIS-based multi-criteria decision analysis and evaluation in Robe town, Ethiopia. **GeoJournal**, p. 1-26, 2020.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm>. Acesso em fevereiro de 2021.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm>. Acesso em Abril de 2021.

CHABUK, A.; AL-ANSARI, N.; HUSSAIN, H. M.; KNUTSSON, S.; PUSCH, R. Landfill site selection using geographic information system and analytical hierarchy process: A case study Al-Hillah Qadhaa, Babylon, Iraq. **Waste Management & Research**, v. 34, n. 5, p. 427-437, 2016.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em março de 2021.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre o licenciamento ambiental instrumento de gestão ambiental, instituído pela Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em maio de 2021.

DRUDI, R.; ANTONIO, G. C.; TONELI, J. T. C. L. Modelagem matemática da produção de biogás em aterros. In: Bezerra, R. L. B.; AGUIAR, W. J. EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Gestão em indústrias e novas tecnologias**, 2ª. ed.-Recife: EDUFRPE, p. 271-282, 2017.

EGHTESADIFARD, M.; AFKHAMI, P.; BAZYAR, Arash. An integrated approach to the selection of municipal solid waste landfills through GIS, K-Means and multi-criteria decision analysis. **Environmental research**, v. 185, p. 109348, 2020.

ELLEGAARD, O.; WALLIN, J. A. The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact? *Scientometrics*, v. 105, n. 3, p. 1809-1831, 2015.

ESTRELA, C. M. M. S.; OLIVEIRA, J. M. F. F.; OLIVEIRA, M. K. A Implantação da política de profissionalização da gestão dos resíduos no município de São Luís – MA: estudo de caso do encerramento do aterro da Ribeira. In: SILVA, T. S.; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G.

(Orgs.). **Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, p. 160-169, 2020.

GUEDES, F. L.; ARAGÃO JUNIOR, W. R.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, M. F. S. Relação entre aterro sanitário e risco aviário; estudo de caso no aeroporto internacional de Recife, PE. In: SANTANA, R. F; ARAGÃO JUNIOR, W. R; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade**. 1º ed, Recife: EDUFRPE, p. 123-132, 2020.

LINS, E. A. M.; SILVA, C. M. M.; SANTOS, A. G. N. Contaminação de lençol freático por lixiviado de aterros de resíduos urbanos. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, p. 507-520, 2018.

LIU, W.; WANG, J.; LI, C.; CHEN, B.; SUN, Y. Using Bibliometric Analysis to Understand the Recent Progress in Agroecosystem Services Research. **Ecological Economics**, v. 156, p. 293-305, 2019.

MAJID, M.; MIR, B. A. Landfill site selection using GIS based multi criteria evaluation technique. A case study of Srinagar city, India. **Environmental Challenges**, v. 3, p. 100031, 2021.

MESQUITA, J. B.; SANTOS, W. S.; ALVES, A. O. Elaboração de brinquedos a partir de resíduos sólidos na escola estadual João Cavalcanti Petribu, Paudalho – PE. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, p. 174-184, 2019.

NASCIMENTO, D. P.; MENEZES V. L.; CHACARTEGUI R.; CARVALHO M. Produção de eletricidade a partir de biogás no aterro sanitário metropolitano de João Pessoa-PB. In: SILVA R. C. P.; SANTOS J. P. O.; MELLO D. P.; EL-DEIR S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Tecnologias e boas práticas de economia circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, p. 220-232, 2018.

PASALARI, H.; NODEHI, R. N.; MAHVI, A. H.; YAGHMAEIAN, K.; CHARRAHI, Z. Landfill site selection using a hybrid system of AHP-Fuzzy in GIS environment: A case study in Shiraz city, Iran. **MethodsX**, v. 6, p. 1454-1466, 2019.

RIO GRANDE DO NORTE. Lei Complementar nº 272/2004. Dispõe sobre a Política e o Sistema Estadual do Meio Ambiente, as infrações e sanções administrativas ambientais, as unidades estaduais de conservação da natureza, institui medidas compensatórias ambientais, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000197319.PDF>>. Acesso em 26 de abr. 2021.

RODRIGUES, V. I.; TUBINO, R. M. C.; MALAFATTI, C. F.; BERWANGER, J. A. Development of an instrument to improve the monitoring of licensed industrial activities and to promote continuous improvement. **Journal of environmental management**, v. 245, p. 187-199, 2019.

SANTOS, J. I.; GURJÃO, R. I. L.; ARAÚJO NETO, C. L. D. Utilização de piezômetros em aterros sanitários: uma revisão de literatura. In SILVA, T. S.; MARQUES, M. 178 M. N.; EL-

DEIR, S. G. **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, p. 469-478, 2020.

SANTOS, W. S.; MESQUITA, J.B.; ALMEIDA, D. C.; ALVES, A. O. Impressões acerca do descarte de resíduos perfuro cortantes em salões de beleza na cidade de Paulista – PE (2019). In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, p. 132-144, 2019.

SHI, J. G.; XU, K.; SI, H.; SONG, L.; DUAN, K. Investigating intention and behaviour towards sorting household waste in Chinese rural and urban–rural integration areas. **Journal of Cleaner Production**, v. 298, p. 126827, 2021.

SILVA, M. A. B.; SILVA, A. K. B.; SANTOS, C. P.; MACEDO, T. F. Análise financeira entre os sistemas de cobertura final do tipo convencional e alternativo para aterros sanitários. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, p. 381-390, 2019.

UYAN, M. MSW landfill site selection by combining AHP with GIS for Konya, Turkey. **Environmental Earth Sciences**, v. 71, n. 4, p. 1629-1639, 2014.

CAPÍTULO 5: TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

5.1 TOMADA DE DECISÃO (MCDM) EM CONJUNTO COM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) PARA SELEÇÃO DE ÁREAS APTAS À INSTALAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE JABOATÃO DOS GUARARAPES/PE

PESSOA NETO, Amaury Gouveia
Poli/UPE
gouveia.amaury@gmail.com

SILVA, Simone Rosa da
Poli/UPE
simonerosa@poli.br

BARBOSA, Ioná Maria Beltrão Rameh
IFPE
ionarameh@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

O presente estudo buscou mapear, utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIG) aliado a um método de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios (MCDM - *Multiple Criteria Decision Making*), as áreas aptas à implantação de aterro sanitário no município de Jaboatão dos Guararapes, em Pernambuco. Para isso, foram elencados os indicadores mais determinantes na seleção da área para a instalação desse tipo de empreendimento e determinados pesos de importância aos mesmos, sendo eles: uso e ocupação do solo, hidrografia, declividade, malha rodoviária, centros urbanos e pedologia. Esses indicadores foram manipulados na forma matricial em coordenadas UTM no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), por meio dos *softwares* ArcGIS (10.4) e QGIS (3.10), onde foram submetidos às técnicas de reclassificação e álgebra de mapas. A partir desse procedimento, foi possível obter o mapa das áreas aptas à implantação de aterro sanitário na região do estudo, em que foi observado que os locais que apresentam restrições são os que estão mais próximos a corpos hídricos, rodovias e centros urbanos e os que possuem declividades inadequadas e solos com bastante capacidade de infiltração.

PALAVRAS-CHAVE: Álgebra de Mapas, Indicadores, Tomada de Decisão por Múltiplos Critérios.

1. INTRODUÇÃO

O acelerado desenvolvimento tecnológico aliado ao crescimento da população nos grandes centros urbanos condicionou à sociedade um aumento na quantidade e variedade de produtos disponíveis à utilização e, como corolário, na produção de resíduos sólidos urbanos (RSU) (ALMEIDA et al., 2019; DUTRA et al., 2019; SILVA et al., 2018; LAGARINHOS, 2011). Diante desse cenário, as adversidades relacionadas ao gerenciamento de RSU vêm se intensificando, além da questão do aumento de sua produção, mas também por estes se constituírem, cada vez mais, de elementos nocivos, como objetos contaminados em sua superfície pelo vírus da COVID-19, com a capacidade de ocasionar prejuízos destoantes e danosos à sociedade e ao meio ambiente (SANTOS JUNIOR et al., 2021). De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza, a produção per capita de RSU no Brasil passou de 348 (kg/hab/ano) em 2010, para 379 (kg/hab/ano) em 2019, isto é, um acréscimo de 8,91% na geração de RSU num intervalo de dez anos, demonstrando a facilidade nesse tipo de produção (ABRELPE, 2020).

Conforme Carrilho et al. (2018), o contínuo aumento na geração de RSU tem gerado uma preocupação e um envolvimento de diferentes setores da sociedade para estabelecer um adequado ciclo de produção-disposição final. Isto ocorre porque a prática de disposição final em aterros sanitários é desencorajada devido à produção de chorume e à emissão de poluentes, aliadas à escassez de espaços adequados consequentes dos avanços de tecnologias e urbanização (SOUZA et al., 2019). No entanto, apesar da oposição social e riscos ambientais, os aterros sanitários têm sido a forma mais adequada da disposição dos RSU em todo o mundo (PAZ; SOBRAL, 2018; PINHEIRO et al., 2018; SANTOS et al., 2018).

Segundo Paz e Sobral (2018), a seleção da área para implantação de aterro sanitário é primordial para a manutenção da qualidade de uma região. Quando a designação é feita de maneira correta, isto trará um bom desempenho do aterro, sob os aspectos ambientais, técnicos, econômicos, sociais e de saúde pública (CARRILHO et al., 2018). A complexidade inerente a esse tipo de análise vem sendo diminuída com o auxílio das diversas técnicas de geoprocessamento incorporado ao ambiente informatizado dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) (LOURENÇO et al., 2015). Essa tecnologia vem sendo utilizada como um sistema de gestão de base de dados digitais em estudos contemporâneos, com a vantagem de armazenamento, recuperação e análise de quantidade considerável de dados de várias fontes e ainda, por exibir os resultados com facilidade (DUTRA et al., 2019; MOREIRA et al., 2016).

No contexto da gestão em saúde, o SIG ganha destaque na análise da distribuição espacial de casos de contaminação por doenças infecciosas como a COVID-19, por exemplo, se mostrando um recurso em potencial para o planejamento e avaliação de intervenções nesse âmbito, uma vez que por meio dessa tecnologia é possível mapear, monitorar e disseminar dados acerca dessa doença em uma região, possibilitando, dessa forma, traçar cenários e ações direcionadas (RODRIGUEZ et al., 2021; CARDOSO et al., 2020; SANTOS JUNIOR et al., 2020). Para o campo do gerenciamento de RSU, conforme Carrilho et al. (2018), a utilização do SIG possibilita delimitar áreas tecnicamente impróprias para localização do

aterro sanitário, reduzindo em mais de 95% a área do território a ser estudada com mais profundidade.

Nesse sentido, Lourenço et al. (2015) realizaram um estudo voltado para seleção de áreas hierarquizadas para implantação de um aterro sanitário, com auxílio do SIG, na Região Metropolitana de Sorocaba (RMS), em São Paulo. Os autores detectaram quatro áreas com grande potencial de implantação de um aterro sanitário que supririam a demanda existente. De maneira semelhante, Melo et al. (2018) avaliaram a localização das unidades de tratamento que realizam o beneficiamento dos resíduos da construção civil na Região Metropolitana do Recife (RMR), em Pernambuco. Para isso, utilizaram o geoprocessamento para localizar os locais adequados para a instalação de aterros sanitários de resíduos inertes. Seus resultados constataram que dos seis aterros implantados na RMR, apenas um apresentou localização adequada para instalação.

Dutra et al. (2019) utilizaram geoprocessamento para a identificar as áreas aptas para a construção de aterro sanitário no município de Esmeraldas, em Minas Gerais. Para isso, utilizaram o cálculo da área ideal de alocação do aterro através da projeção de população e dimensionamento do empreendimento. Os resultados gerados pelos autores permitiram verificar seis áreas potenciais para implantação do aterro sanitário no município. Andrade e Barbosa (2015) associaram o método AHP (*Analytical Hierarchy Process*) com o SIG para determinar a melhor localização para a inserção de um aterro sanitário na Ilha do Fogo, Cabo Verde. Os autores verificaram que 0,4% da região do estudo está apta a receber tal empreendimento, evidenciando a eficácia dessa combinação.

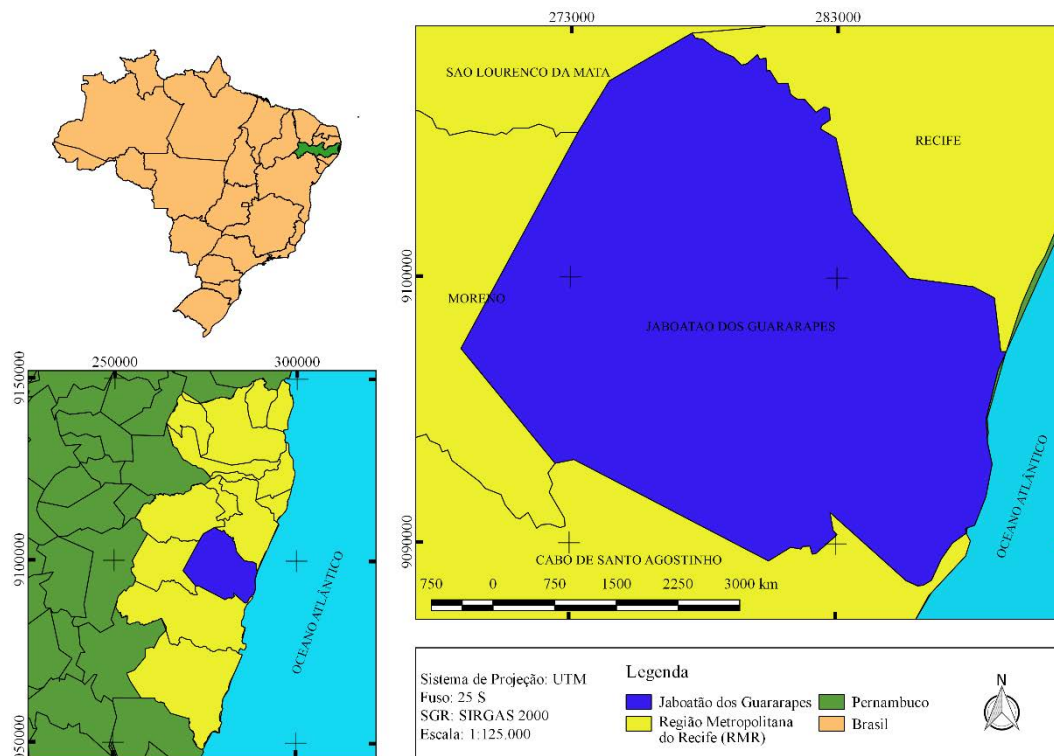
Devido às características físico-naturais e demográficas apresentadas pelo município de Jaboatão dos Guararapes, em Pernambuco, o presente estudo tem como objetivo avaliar as áreas potenciais para a implantação de um aterro sanitário, utilizando SIG aliado a um dos métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios (MCDM), o método AHP, a fim de contribuir com desenvolvimento sustentável do município, servir como suporte na tomada de decisão pelos gestores públicos, bem como verificar a aptidão da área em que já existe um aterro sanitário instalado.

2. METODOLOGIA

2.1 Localização e caracterização da região do estudo

O município de Jaboatão dos Guararapes, que configura a região deste estudo, está localizado na parte litorânea do estado de Pernambuco. Está inserido na RMR, limitando-se ao norte com o Recife, a oeste com Moreno, a noroeste com São Lourenço da Mata, ao sul com o Cabo de Santo Agostinho e com o Oceano Atlântico a leste (Figura 1).

Figura 1. Localização do município de Jaboatão dos Guararapes



Fonte: Elaborado por Pessoa Neto et al. (2019)

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Jaboatão dos Guararapes possui uma extensão territorial de 258,694 km² que comporta uma população estimada de 706.867 habitantes (IBGE, 2020). Suas principais vias de acesso são as rodovias BR-101, BR-232, BR-408, PE-007 e PE-008.

O rio Jaboatão é o curso d'água mais importante do município, desaguando no Oceano Atlântico, na praia de Barra de Jangada. Seu principal afluente é o rio Duas Unas, represado pela barragem de mesmo nome, única contida nos limites do município, e considerada de grande importância para o abastecimento da RMR. No município também está inserida a lagoa Olho d'Água, que se configura como a principal lagoa natural costeira do estado de Pernambuco e a maior lagoa urbana do Brasil (SILVA et al., 2017). Semelhante aos grandes centros urbanos, Jaboatão dos Guararapes é detentor de uma grande diversificação de atividades produtivas, geradores de uma permanente produção de resíduos. Tais atividades são perceptíveis nas indústrias e estabelecimentos comerciais de diversos portes, feiras livres, hospitais, quartéis e áreas de lazer, como as praias, sítios históricos e praças.

O município detém a Central de Tratamento de Resíduos (CTR) Candeias, que se constitui como um aterro sanitário que é administrado por uma empresa privada. A CTR Candeias está em funcionamento desde agosto de 2007, sendo licenciada pela Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH que é o órgão ambiental estadual e, sendo o primeiro aterro sanitário privado em atividade no Estado. Além de resíduos urbanos, a CTR Candeias recebe resíduos de construções e demolições. De acordo com a Secretaria das Cidades do Estado de Pernambuco (2018), a unidade opera durante 24 horas, com recebimento de 3.500 a 4.000 t/dia de resíduos. Além de Jaboatão dos Guararapes, atende

os municípios de Recife, Cabo de Santo Agostinho, Moreno, São Lourenço da Mata e Fernando de Noronha.

A escolha do município de Jaboatão dos Guararapes como região de estudo se deu pelo considerável índice de urbanização que o condiciona fortemente a se apresentar como um grande produtor de RSU. Além disso, suas características físico-naturais ocasionam significativa redução das áreas com aptidão de instalação de um aterro sanitário. Por outro lado, a escolha desse município como área de estudo possibilitará verificar se o aterro sanitário existente se encontra em um local adequado, ou seja, de total aptidão à implantação.

2.2 Seleção dos indicadores condicionantes à implantação de um aterro sanitário

De acordo com análise realizada em estudos semelhantes, foi verificado que dentre os indicadores que são determinantes na seleção da área para a implantação de um aterro sanitário, o uso e ocupação do solo, a distância entre os corpos hídricos, rodovias e centros urbanos, a declividade e a pedologia são os mais recorrentes (Quadro 1).

Quadro 1. Indicadores utilizados em estudos semelhantes sobre seleção de áreas para implantação de aterro sanitário

AUTRES	INDICADORES								
	Uso e ocupação do solo	Distância de corpos hídricos	Declividade	Distância de rodovias	Distância de centros urbanos	Proximidade a aeroportos	Tipo de solo (Pedologia)	Profundidade de lençol freático	Distância de áreas de proteção ambiental
Almeida et al. (2019)	X	X	X	X	X		X		
Dutra et al. (2019)		X	X	X	X		X		
Poague et al. (2018)	X	X	X	X	X	X	X	X	
Pinheiro et al. (2018)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Melo et al. (2018)		X	X	X	X		X		X
Moreira et al. (2018)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Carrilho et al. (2018)	X	X		X	X				
Moreira et al. (2016)		X	X		X				X
Lourenço et al. (2015)	X	X	X	X	X	X	X		
Andrade e Barbosa (2015)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Born (2013)	X	X	X	X	X		X		
Nascimento (2012)	X		X	X	X	X	X		X

- Uso e ocupação do solo: Os aterros devem ser construídos, preferencialmente, em locais com solo exposto, onde o uso seja agrícola e fora de áreas destinadas a preservação ambiental (BORN, 2013; ANDRADE e BARBOSA, 2015; MOREIRA, 2018; POAGUE

et al., 2018). Além disso, devem se situar em áreas que venham a favorecer menores custos relativos à preparação do terreno.

- Distância entre corpos hídricos: Conforme Melo et al. (2018), a disposição indevida de RSU nos corpos hídricos acarretam no comprometimento das redes hidrográfica e de drenagem de uma região, podendo causar obstrução do sistema, provocando transbordamento e enfermidades de veiculação hídrica, gerando prejuízo à população e comprometendo a saúde pública. A consideração da distância mínima entre a implementação de um aterro sanitário e dos corpos hídricos foi estabelecida de acordo com a NBR 13.896/1997, que estabelece que esta seja de 200 metros.

- Declividade: Segundo descrito na NBR 13.896/1997, este critério é determinante na escolha do método construtivo e nas obras de terraplenagem para a construção da instalação. Dentro dessa consideração, declividades inferiores a 3% possibilitam a infiltração do chorume e a contaminação dos recursos hídricos subterrâneos, ao mesmo tempo que declividades acima de 30% permitem a suscetibilidade à erosão e transportes de poluentes através do escoamento superficial (MOREITA et al., 2018).

- Distância de rodovias: De acordo com a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, é recomendada uma distância mínima entre o aterro sanitário e rodovias de 100 metros para evitar impactos ambientais, como ruídos, odores e modificação da paisagem na região (SNSA, 2008). Além disso, essa distância se justifica devido à presença constante de veículos e transportes de resíduos, o que aumenta os riscos de acidentes e a presença de animais nas vias (MELO et al., 2018).

- Distância de centros urbanos: A localização de um aterro deve ser afastada das áreas residenciais, pela produção de maus cheiros, proliferação dos insetos, roedores e aves e do ruído, os quais podem ser lesivos para a saúde pública (ANDRADE e BARBOSA, 2015). Baseado na NBR 13.896/1997, deve ser avaliada a distância do limite da área útil do aterro a núcleos populacionais, recomendando-se que esta distância seja superior a 500 metros.

- Pedologia: Os solos devem ser elencados conforme a fragilidade, ou seja, são aptos os argilosos e pouco aptos os gleissolos. Uma vez que os solos menos permeáveis se mostram mais adequados à implantação de aterros sanitários, podendo-se considerar que o teor de argila encontrado nos solos é o fator primordial para esta análise (BORN, 2013).

Devido aos registros citados na literatura, os indicadores supracitados também foram utilizados neste trabalho.

2.3 Coleta e tratamento dos dados

O mapa de uso e ocupação do solo foi adquirido no formato vetorial (*shapefile*) junto à plataforma virtual do IBGE. O mapa de declividade foi obtido na forma matricial (*raster*) por meio da plataforma virtual do Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Os demais mapas, isto é, hidrografia, rede rodoviária, delimitação dos centros urbanos e pedologia,

foram disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Jaboatão dos Guararapes (PMJG), também em formato vetorial.

Para composição dos mapas de distância de corpos hídricos, rodovias e centros urbanos, foram gerados *buffer* nas camadas de hidrografia, rede rodoviária e delimitação dos centros urbanos, obedecendo os afastamentos determinados na etapa de reclassificação desses indicadores. Os outros mapas foram trabalhados conforme a forma que foram disponibilizados. Todos esses dados foram manipulados nos *softwares* ArcGIS (versão 10.4) e QGIS (versão 3.10.9) em coordenadas UTM no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS).

2.4 Reclassificação dos parâmetros

Para realização dessa etapa, os mapas foram reclassificados segundo um processo distinto de atribuição de notas para a realização do método AHP. As notas atribuídas variaram entre 1 e 5, em que o valor 1 representa as áreas restritas para implantação de aterro sanitário e 5, as mais adequadas. Para isso, foi utilizada a opção *reclassify* do menu *spatial analyst* no ArcGIS.

Os indicadores referentes aos corpos hídricos, rodovias e centros urbanos foram reclassificados atribuindo-se notas de aptidão por importância segundo critérios de distância. Os referentes a uso e ocupação do solo, declividade e pedologia foram reclassificados atribuindo-se notas de aptidão segundo critérios de importância ambiental, econômica e social no contexto urbano e rural.

O Quadro 2 apresenta os critérios dos indicadores reclassificados quanto às notas atribuídas as condições de implantação de aterro sanitário no município de Jaboatão dos Guararapes.

Quadro 2. Reclassificação dos critérios dos indicadores, conforme a aptidão à implantação de um aterro sanitário.

Indicadores	Classes / Distâncias	Notas
Uso e ocupação do solo	Área Artificial	1
	Área Agrícola	3
	Vegetação Florestal	2
	Vegetação Campestre	3
	Corpo Hídrico	1
Corpos Hídricos	0 a 100 m	1
	100 a 200 m	1
	200 a 300 m	2
	300 a 400 m	2
	Maior que 400 m	5
Declividade	0 a 3% (plano)	1

	3 a 8% (suavemente ondulado)	4
	8 a 20% (ondulado)	5
	20 a 45% (fortemente ondulado)	1
	45 a 75% (montanhoso)	1
	Maior que 75% (escarpado)	1
Malha Rodoviária	0 a 100 m	1
	100 a 200 m	2
	200 a 500 m	3
	500 a 1.000 m	4
	Maior que 1.000 m	5
Centros Urbanos	0 a 500 m	1
	500 a 1.000 m	2
	1.000 a 2.000 m	3
	2.000 a 5.000 m	5
	5.000 a 10.000 m	4
	10.000 a 20.000 m	3
	Maior que 20.000 m	1
Pedologia	Área Urbana	1
	Água	1
	Gleissolos	1
	Neossolos	2
	Argilossolos	4
	Espodossolos	4
	Latossolos	5

2.5 Aplicação do MCDM (*Multiple Criteria Decision Making*)

O método proposto para a análise das áreas propícias para a implantação de aterro sanitário no município do Jaboatão dos Guararapes teve como embasamento a aplicação de um dos métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios (MCDM), mais especificamente o método AHP, que se trata de um procedimento desenvolvido por Thomas L. Saaty em meados da década de 1970. Segundo Schroeder (2020), o referido método objetiva a escolha de alternativas em um processo que considera diferentes critérios de avaliação. Ainda de acordo com a autora, o método AHP baseia-se em três princípios de pensamento analítico, são eles: construção de hierarquia, definição de prioridades e consistência lógica.

Para aplicação do referido método, inicialmente, é gerada uma escala de importância por meio de pesos atribuídos aos indicadores avaliados, pois cada um deles possui relativa importância quanto à influência na implantação de aterro sanitário. O procedimento de atribuição de pesos relativos foi realizado conforme os critérios de importância da Escala Fundamental de Saaty (Quadro 3), onde cada indicador foi comparado par a par. Em

seguida, os respectivos pesos foram estruturados numa Matriz de Comparação Pareada, como apresenta o Quadro 4.

Quadro 3: Escala de julgamento de importância do método AHP

Valores	Descrição da importância	Justificativa
1	Igual	Os dois parâmetros contribuem equitativamente.
3	Moderada	O parâmetro comparado é um pouco mais importante que o outro.
5	Essencial ou forte	Julgamento favorecendo fortemente um parâmetro sobre o outro.
7	Muito forte	Um parâmetro é fortemente favorecido, com demonstração na prática.
9	Extrema	O parâmetro comparado apresenta uma importância maior do que o outro em maior nível possível.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando há uma condição intermediária entre duas definições.

Fonte: Adaptado de Saaty (1977)

Quadro 4: Matriz de Comparação Pareada

Indicador	indicador 1	...	indicador p	...	indicador m
indicador 1	1	...	a_{1p}	...	a_{1m}
...
indicador p	a_{p1}	...	1	...	a_{pm}
...
indicador m	a_{m1}	...	a_{mp}	...	1

Após o preenchimento da Matriz de Comparação Pareada, foi obtido o vetor de pesos associados a essa matriz, como mostra o Quadro 5, em que cada elemento desse vetor indica a importância relativa de cada indicador quando comparado aos demais.

Quadro 5: Vetor de pesos associado à Matriz de Comparação Pareada

Parâmetro	Par. 1	...	Par. p	...	Par. m	Auto-Vetor	Pesos
Parâm. 1	1	...	a_{1p}	...	a_{1m}	$\bar{g}_1 = \sqrt[n]{a_{11} * \dots * a_{1p} * \dots * a_{1m}}$	$\omega_1 = \frac{\bar{g}_1}{S}$
...
Parâm. p	a_{p1}	...	1	...	a_{pm}	$\bar{g}_p = \sqrt[n]{a_{p1} * \dots * a_{pp} * \dots * a_{pm}}$	$\omega_p = \frac{\bar{g}_p}{S}$
...
Parâm. m	a_{m1}	...	a_{mp}	...	1	$\bar{g}_m = \sqrt[n]{a_{m1} * \dots * a_{mp} * \dots * a_{mm}}$	$\omega_m = \frac{\bar{g}_m}{S}$

Soma	$\sum_{p=1}^m a_{p1}$...	$\sum_{p=1}^m a_{pp}$...	$\sum_{p=1}^m a_{pm}$	$S = \sum_{p=1}^m \overline{g_p}$	1
-------------	-----------------------	-----	-----------------------	-----	-----------------------	-----------------------------------	---

Logo em seguida, foi necessário realizar a verificação de consistências dos resultados obtidos, conforme critérios estabelecidos por Saaty (1977). Essa etapa é feita por meio do cálculo do Índice de Consistência (IC) e da Razão de Consistência (RC).

O Índice de Consistência (IC) é utilizado para obter uma boa estimativa em relação aos pesos estatísticos resultantes do método AHP, sendo necessário verificar se o valor do $\lambda_{m\acute{a}x}$ está próximo do número de indicadores utilizados para o cálculo (REZENDE et al., 2017; CAMPIOLI e VIEIRA, 2019). Para essa verificação, foi utilizada a Equação 1.

$$IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - m}{m - 1} \quad (1)$$

Onde: IC é o Índice de Consistência; $\lambda_{m\acute{a}x}$ é o autovalor máximo; m é o número de indicadores utilizados para o cálculo

Por fim, para realização do cálculo da Razão de Consistência (RC), foi preciso usar o valor do Índice Randômico (IR), que é oriundo da tabela de valores associados a matrizes quadradas estabelecida por Saaty (1987), por meio de laboratório (Tabela 1). Esse valor varia de acordo com a quantidade “m” de indicadores estabelecidos na Matriz de Comparação Pareada. Para este estudo foram utilizados 6 indicadores e, por esse motivo, o valor do IR é 1,24.

Tabela 1: Índices Randômicos (IR's)

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Adaptado de Saaty (1987)

A Razão de Consistência (RC) foi obtida pelo quociente entre o IC e o IR correspondente. Segundo Saaty (1987), para que haja consistência entre os julgamentos, a RC deve ser menor ou igual a 0,10 (10%).

2.6 Utilização de álgebra de mapas

Para realização dessa etapa foram efetuadas operações aritméticas utilizando a ferramenta *raster calculator* do *software* ArcGIS, onde foram associados os indicadores de aptidão à implantação de aterro sanitário reclassificados e representados por dados matriciais com os pesos estabelecidos na etapa anterior. Para isso, foi utilizado o modelo apresentado pela Equação 2.

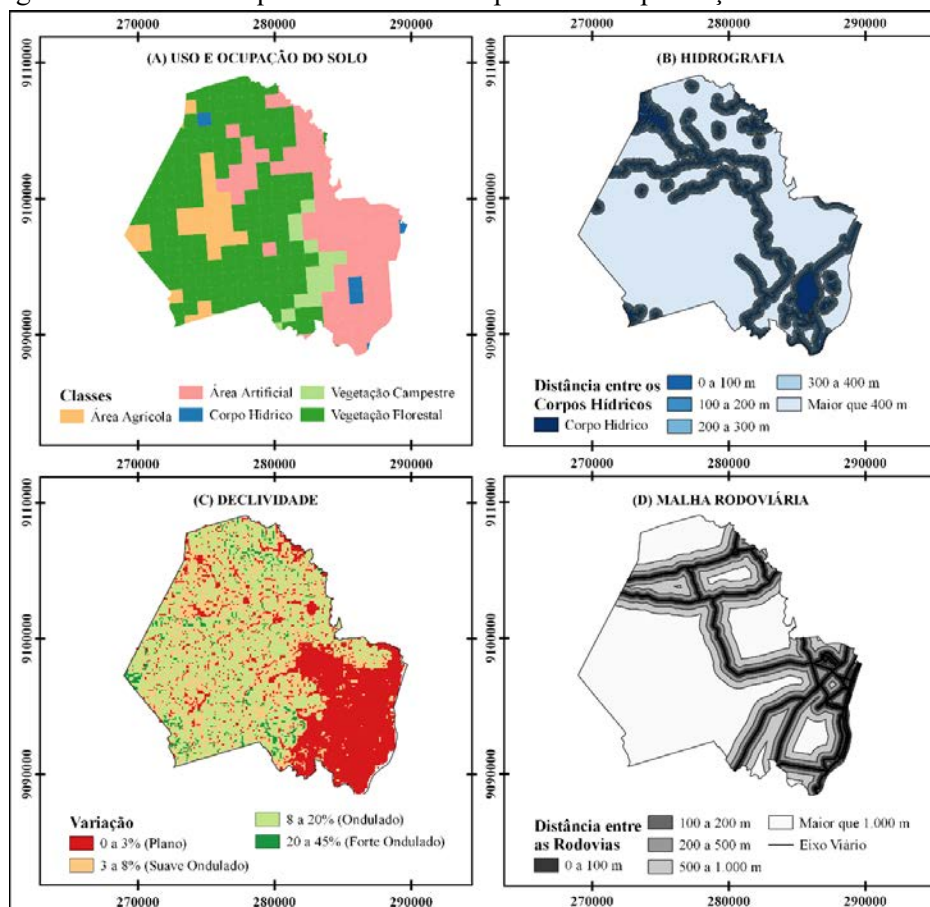
$$M = \omega_U * U + \omega_H * H + \omega_D * D + \omega_R * R + \omega_C * C + \omega_S * S \quad (2)$$

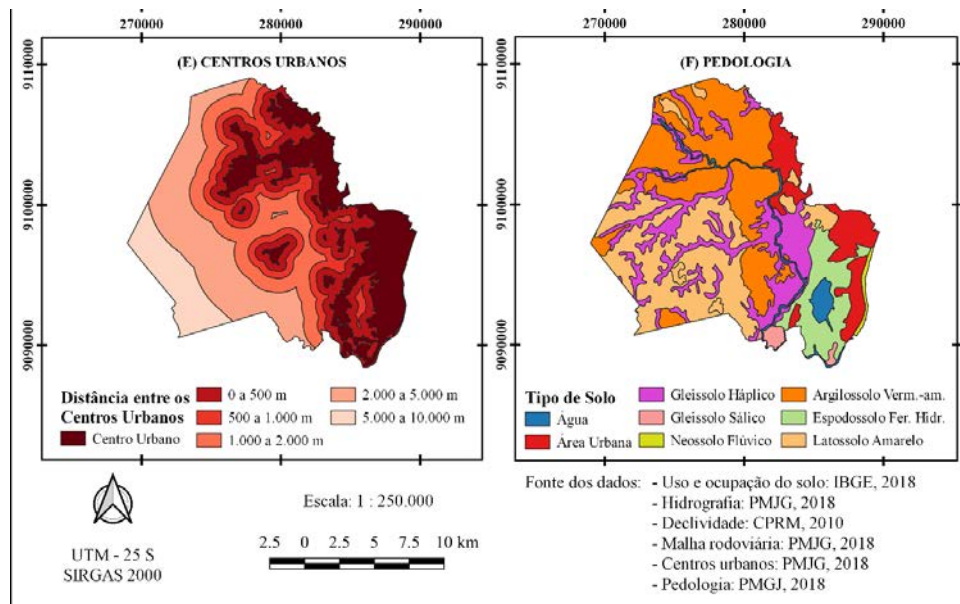
Onde: M é o mapa de aptidão de áreas aptas a implementação de um aterro sanitário; U é a camada do uso e ocupação do solo; H é a camada da distância de corpos hídricos; D é a camada da declividade; R é a camada da distância de rodovias; C é a camada da distância de centros urbanos; S é a camada do tipo do solo; ω é o peso do respectivo indicador (obtido pelo método AHP).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da utilização do SIG, foi possível estabelecer os mapas dos indicadores que influenciam na aptidão da implantação de aterro sanitário elencados neste estudo, como apresenta a Figura 2. São eles: uso e ocupação do solo (A), hidrografia (B), declividade (C), rede rodoviária (D), centros urbanos (E) e pedologia (F). Analisando a referida figura, é possível observar a predominância de área urbanizada a leste e nordeste do município, o que corresponde à região costeira do município de Jaboatão dos Guararapes e também às áreas conurbadas entre a cidade do Recife e o município do Cabo de Santo Agostinho. A rede hidrográfica e a malha viária compreendem, em maior parte, as áreas urbanizadas do município. À respeito da topografia da região, há uma prevalência de declividades baixas na parte costeira, definidas por uma planície flúvio-lacustre. Sobre a pedologia, o município é bastante diversificado, apresentando solos que possuem baixa e alta capacidade de infiltração.

Figura 2. Indicadores que influenciam na aptidão da implantação de aterro sanitário





A Matriz de Comparação Pareada desenvolvida para o estudo das áreas de aptidão para implantação de um aterro sanitário no município de Jabotão dos Guararapes foi construída de acordo com o que se apresenta no Quadro 6. Analisando a referida matriz foi constatado que, de acordo com os valores dos pesos, o indicador referente à distância de corpos hídricos foi definido como o mais importante e a distância de rodovias como o menos importante.

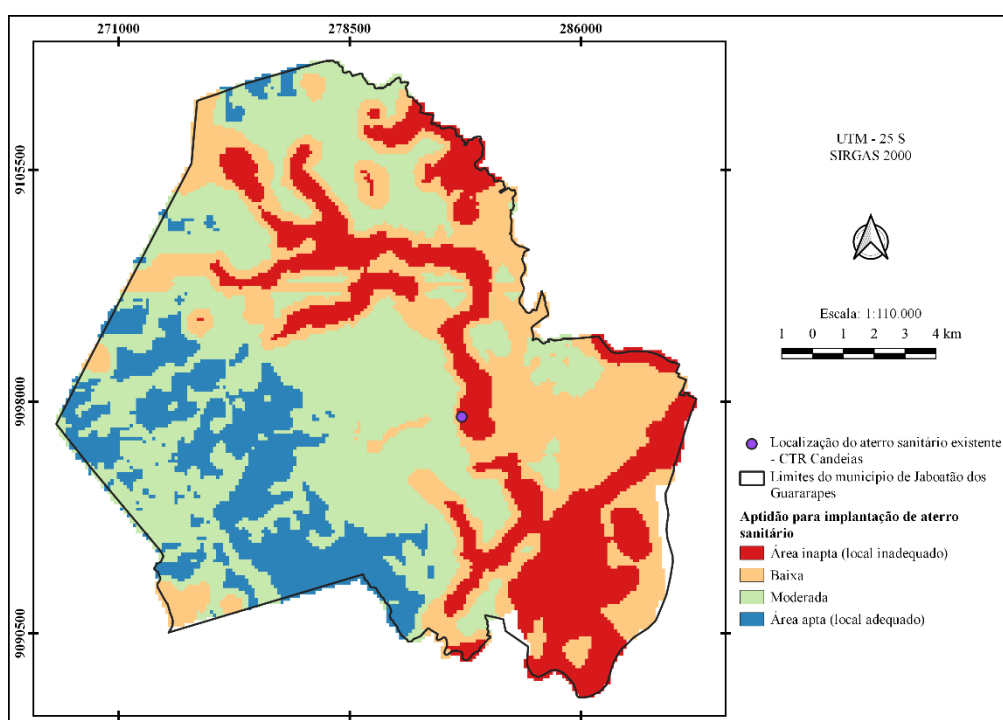
Quadro 6: Matriz de Comparação Pareada dos indicadores de aptidão de implantação de aterro sanitário

Indicador	A	B	C	D	E	F	Pesos
Uso e ocupação do solo (A)	1	1/2	5	5	3	3	0,2706
Distância de corpos hídricos (B)	2	1	5	7	3	3	0,3607
Declividade (C)	1/5	1/5	1	5	1/3	1/3	0,0653
Distância de rodovias (D)	1/5	1/7	1/5	1	1/5	1/5	0,0304
Distância de centros urbanos (E)	1/3	1/3	3	5	1	3	0,1611
Tipo de solo (F)	1/3	1/3	3	5	1/3	1	0,1117

Após a obtenção dos valores ponderados na Matriz de Comparação Pareada e do cálculo dos pesos para cada indicador, foi preciso verificar a consistência desses resultados. Nessa análise, foi obtido um Índice de Consistência (IC) igual 0,0853 e uma Razão de Consistência (RC) igual a 6,8797%. Pelo valor da RC ser menor que 10%, as comparações realizadas foram coerentes e produziram resultados confiáveis, conforme Saaty (1987).

Por fim, foi possível elaborar o modelo matemático para a produção do mapa das áreas aptas à implantação de aterro sanitário no município do Jabotão dos Guararapes que se apresenta a seguir: $M = 0,2706*U + 0,3607*H + 0,0653*D + 0,0304*R + 0,1611*C + 0,1117*S$, o qual foi submetido à álgebra de mapas no ambiente SIG, onde foi gerado o mapa representado pela Figura 3.

Figura 3. Mapa das áreas aptas à implantação de aterro sanitário no município do Jaboatão dos Guararapes



Com auxílio da álgebra de mapas foi possível gerar resultados, em termos percentuais, da aptidão das áreas do município de Jaboatão dos Guararapes para implantação de aterro sanitário (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação da aptidão das áreas do município de Jaboatão dos Guararapes para implantação de aterro sanitário

Aptidão	Área (km²)	Taxa percentual (%)
Área inapta	52,127	20,148
Baixa	71,762	27,739
Moderada	102,391	39,584
Área apta	32,414	12,529
Total	258,694	100,000

Analisando a região mapeada, pode ser observado que as áreas inaptas e com baixa aptidão para implantação de um aterro sanitário se apresentam dominantes na parte costeira e nas porções nordeste e centro-norte do município de Jaboatão dos Guararapes, somando uma área de 123,889 km², que representa 47,887% da região do estudo. Isso se deve, principalmente, por essas regiões abrangerem os corpos hídricos e centros urbanos, além de apresentarem declividades menores ou iguais a 3%. Ainda de acordo com a análise, também foi verificado que as áreas aptas à implantação de um aterro sanitário representam 12,529% da área total da área mapeada e estão localizadas na porção sudoeste da região do estudo, coincidindo com a zona rural do município. Essas áreas se encontram distantes de corpos hídricos e centros urbanos, como também apresentam áreas agrícolas e declividades entre 3% e 20%.

Acerca da localização do aterro sanitário existente, isto é, da CTR Candeias, foi constatado que o mesmo se encontra numa área situada próxima ao curso do rio Jaboatão, a menos de 200 metros da rodovia PE-017 e a menos de 600 metros da comunidade denominada Jardim Muribeca, que configura um centro urbano. Corroborando este estudo, as constatações supracitadas também podem ser verificadas no estudo realizado por Melo et al. (2018). Os autores verificaram que de seis empresas que realizam o tratamento dos resíduos inertes oriundos da construção civil na RMR, incluindo a CTR Candeias, apenas uma se encontra numa área de alta aptidão, que é a CTR Pernambuco, localizada no município de Igarassu. O estudo também mostrou que as áreas restritas ocupam 68,49% da RMR enquanto as áreas de alta aptidão somam apenas 3,34%.

Paz e Sobral (2018) averiguaram que a CTR Candeias está inserida numa área de expansão urbana constante e que seu entorno está preenchido por cobertura vegetal. Os referidos autores propõem que ao fim da vida útil da CTR Candeias, seja instalado um novo aterro sanitário a 5.000 metros de distância, numa área, classificada pelos autores, de pouca habitação e vegetação, de fácil acesso e com área total de 35 ha. Os resultados do presente trabalho corroboram com os resultados de Paz e Sobral (2018), evidenciando a eficácia do método AHP, garantindo assim a veracidade dos julgamentos.

4. CONCLUSÕES

O mapeamento quanto à aptidão das áreas para implantação de aterro sanitário no município de Jaboatão dos Guararapes demonstrou que as regiões que apresentam maiores restrições são as que possuem um conjunto de indicadores combinados, tais como proximidade de corpos hídricos, rodovias e centros urbanos, declividades inadequadas e solos com bastante capacidade de infiltração. De maneira geral, o município estudado apresentou um índice elevado quanto à inaptidão das áreas à implantação de aterro sanitário na parte costeira e nas porções centro-norte e nordeste, resultando em 47,887% da região do estudo, incluindo a localização do aterro sanitário existente. Esse fato se verifica, sobretudo, devido às suas características físico-naturais e ao alto índice de urbanização.

A utilização do SIG, em conjunto com o método AHP, para a realização do referido mapeamento apresentou resultados satisfatórios, podendo ser utilizado em tomadas de decisões por órgão gestores e/ou profissionais da área. A combinação dessas técnicas permite uma grande variedade de aplicações, geralmente fornecendo bons resultados, em que outros indicadores podem ser considerados, principalmente em locais onde o acesso é deficitário.

Por fim, destaca-se a importância da elaboração desse tipo de estudo com o intuito de subsidiar um planejamento urbano e ambiental adequado, visando o uso ordenado da terra de forma a realizar a seleção adequada das áreas aptas a este tipo de empreendimento.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13896**: Aterros de Resíduos não Perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.
- ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. Abrelpe, São Paulo/SP. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>>. Acesso em: 02 mar. 2021
- ALMEIDA, S. N. R.; MACHADO, E. C. M.; SILVA, M. A.; NOÉ, J. R.; ALMEIDA, R. R. P. Aplicação de geoprocessamento na identificação de áreas para implantação de aterro sanitário no município de Pombal - PB. **Periódico Tchê Química**, v. 16, n. 31, p. 408-430, 2019.
- ANDRADE, A. J. B.; BARBOSA, N. P. P. Combinação do método AHP e SIG na seleção de áreas com potenciais para a instalação de aterro sanitário: Caso da Ilha do Fogo, na República de Cabo Verde. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 32, n. 2, p. 248-266, 2015.
- BORN, V. **Avaliação da aptidão de áreas para a instalação de aterro sanitário com o uso de ferramentas de apoio à decisão por múltiplos critérios**. 2013. 103 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2013.
- CAMPIOLI, P. F.; VIEIRA, C. V. Avaliação do risco a inundação na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Norte, Joinville/SC. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 01, p. 124-138, 2019.
- CARDOSO, P. V.; SEABRA, V. S.; BASTOS, I. B.; COSTA, E. C. P. A importância da análise espacial para tomada de decisão: um olhar sobre a pandemia de COVID-19. **Tamoios**, v. 16, n. 1, p. 125-137, 2020.
- CARRILHO, A. N.; CANDIDO, H. G.; SOUZA, A. D. Geoprocessamento aplicado na seleção de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Conceição das Alagoas (MG). **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 201-206, 2018.
- DUTRA, D. J.; SILVA, L. M. R.; VIMIEIRO, G. V.; COELHO, C. W. G. A. Seleção de área para construção de aterro sanitário no município de Esmeraldas, MG, a partir da utilização de ferramentas de geoprocessamento. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.13, n. 2, p. 106 -118, 2019.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**: Jaboaão dos Guararapes. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/jaboatao-dosguararapes/panorama>>. Acesso em: 09 jun. 2020.
- LANGARINHOS, C. A. F. **Reciclagem de pneus**: Análise do impacto da legislação ambiental através da logística reversa. 2011. 293 f. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- LOURENÇO, R. W.; SILVA, D. C. C.; SALES, J. C. A.; MEDEIROS, G. A.; OTERO, R. A. P. Metodologia para seleção de áreas aptas à instalação de aterros sanitários consorciados utilizando SIG. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 4, p. 122-140, 2015.

- MELO, L. P. L.; AZEVEDO, A. M.; BARBOSA, I. M. B. R.; PAZ, D. H. F. Geoprocessamento na avaliação de unidades de tratamentos de resíduos da Região Metropolitana do Recife - PE. In: SILVA, R. C. P. S. (Org.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 100-113.
- MOREIRA, L. L.; SCHWAMBACK, D.; CORREA, N. R.; COELHO, A. L. N. SIG aplicado à seleção de áreas potenciais para instalação de aterro sanitário no município de Serra – ES. **Geociências**, v. 35, n. 4, p. 531-541, 2016.
- MOREIRA, P. A. G.; BARBERI, M.; OLIVEIRA, A. L. G. Delimitação de áreas para implantação de aterro sanitário utilizando metodologia multicritérios no município de Goiás. **Baru**, v. 4, n. 2, p. 223-235, 2018.
- NASCIMENTO, V. F. **Proposta para indicação de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru - SP, utilizando análise multi critério de decisão e técnicas de geoprocessamento**. 2012. 228 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2012.
- PAZ, D. H. F.; SOBRAL, M. C. M. Desenvolvimento de um SIG para localização de áreas adequadas para implantação de aterros sanitários na Região Metropolitana do Recife - PE. In: SILVA, R. C. P. S. (Org.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 114-126.
- PESSOA NETO, A. G.; BARBOSA, I. M. B. R.; SILVA, R. F. Geoprocessamento aplicado ao uso e ocupação do solo da Zona de Conservação de Corpos d'Água no município do Jaboatão dos Guararapes-PE. **MIX Sustentável**, v. 5, n. 2, p. 99-107, 2019.
- PINHEIRO, M. M. F.; OSCO, L. P.; GONÇALVES, T. S.; RAMOS, A. P. M.. Critérios para identificação de áreas para implantação de aterro sanitário. **Colloquium Exactarum**, v. 10, n. 3, p. 23-37, 2018.
- POAGUE, K. I. H. M.; SILVA, W. R.; REZENDE, V. M.; PEREIRA, A. P. M.; ARABE, M. P. SIG na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários: estudo de caso em Jundiá – SP. **Revista DAE**, v. 66, n. 213, p. 59-75, 2018.
- REZENDE, P. S.; MARQUES, D. V.; OLIVEIRA, L. A. Construção de modelo e utilização do método de processo analítico hierárquico – AHP para mapeamento de risco a inundação em área urbana. **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 61, p. 01-18, 2017.
- RODRIGUEZ, A. B.; FLORES, N. A. F.; CERVANTES, A. R. Análisis del patrón espacio-temporal de transmisión del COVID-19 por municipios de Baja California. **Estudios Fronterizos**, n. 22, e071, 2021.
- SAATY, R. W. The Analytic Hierarchy Process - What it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, v. 9, n. 3-5, p. 161-176, 1987.
- SAATY, T. H. A scaling method form priorities in hierarquical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977.
- SANTOS JUNIOR, C. J.; COSTA, P. J. M. S.; SILVA, J. V. S.; SOUZA, A. K. P.; SILVA, J. P.; ROCHA, T. J. M. Tecnologias digitais e de geoprocessamento aplicadas ao monitoramento da

doença de coronavírus 2019 (COVID-19). **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Edição Especial: COVID-19, p. 1-10, 2020.

SANTOS JUNIOR, J. I.; GUEDES, F. L.; ARAGÃO JUNIOR, W. R.; OLIVEIRA JUNIOR, A. I. Panorama da coleta, da disposição final e das tecnologias de resíduos de serviço de saúde no Nordeste brasileiro. In: ALMEIDA, I. M. S. (Org.). **Resíduos sólidos: Gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 579-591.

SANTOS, J. P. O.; SILVA, E. V. L.; SOUZA, A. L.; EL-DEIR, S. G. Economia circular como via para minimizar o impacto ambiental gerado pelos resíduos sólidos. In: SILVA, R. C. P. S. (Org.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 008-017.

SCHROEDER, A. K. **Avaliação de tecnologias normatizadas e wetlands construídos empregados no tratamento descentralizado de esgoto por meio de análise multicriterial**. 2020. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

SILVA, E. R. A. C.; SANTANA, S. H. C.; MELO, J. G. S.; MENDES, S. M.; GALVÍNCIO, J. D. A transformação da natureza e as potencialidades do monitoramento ambiental na Lagoa Urbana Olho D'Água - PE: Os desafios da complexa relação entre desenvolvimento urbano e a conservação de ambientes naturais. **Guaju**, v. 3, n. 2, p. 32-64, 2017.

SILVA, J. A. P.; SOUSA, C. R. da C. de; SANTOS, R. de J.; ROCHA, A. L. S. da. Estudo da destinação dos pneus inservíveis no município de Pau dos Ferros - RN. In: SANTOS, J. P. de O. (Org.). **Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. 1ª Ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 009-022.

SNSA - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA. **Resíduos sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: guia do profissional em treinamento: nível 2**. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.) – Belo Horizonte: ReCESA, 2008.

SOUZA, A. R.; SILVA, A. T. Y. L.; TRINDADE, A. B.; FREITAS, F. F.; ANSELMO, J. A. Análise do potencial de aproveitamento energético de biogás de aterro e simulação de emissões de gases do efeito estufa em diferentes cenários de gestão de resíduos sólidos urbanos em Varginha (MG). **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 24, n. 5, p. 887-896, 2019.

5.2 AVALIAÇÃO DE UM SOLO ERODÍVEL PROVENIENTE DE UMA ENCOSTA DE ITAMARACÁ/PE BENEFICIADO COM MATERIAL ALTERNATIVO

Sobral, Joyce Ingrid de Arandas

POLI/UPE

joyce-sobral@hotmail.com

Lafayette, Kalinny Patrícia Vaz

POLI/UPE

klafayette@poli.br

ALMEIDA, Suyanne Monteiro de

POLI/UPE

sma_pec@poli.br

SILVA, Luciana Cássia Lima da Silva

POLI/UPE

lcls@poli.br

RESUMO

Devido o aumento populacional e o crescimento das cidades, impactos negativos, como a diminuição da área de vegetação nativa e a erosão, estão se tornando cada vez mais frequentes. Sendo assim, com o advento da tecnologia e o desenvolvimento da construção civil busca-se soluções que visem minimizar tais impactos. Com o objetivo de investigar o comportamento de um solo erodível, proveniente de uma encosta na Ilha de Itamaracá/PE, foram elaborados ensaios utilizando tal solo utilizando-se o RCC e fibras do coco babaçu como reforços. Quanto aos resultados, observou-se que na granulometria o RCC foi classificado como mal graduado. O solo obteve maior densidade real de 2,73 e o RCC foi o responsável pelo aumento da densidade dos compósitos. Na compactação a umidade máxima encontrada no solo foi de 28,19% e sua densidade seca foi de 1,53 g/cm³. Quanto à resistência, o solo durante o intervalo de 7 dias obteve valor de 182 KPa e em 28 dias 380 KPa, sendo observado um acréscimo de resistência de 108,79%. Santos (2019) verificou um acréscimo de resistência significativo do compósito (solo, fibra e RCC), tornando viável utilização deste material em obras de engenharia.

PALAVRAS-CHAVE: Fibras de coco babaçu, resíduos da construção civil, solo.

1. INTRODUÇÃO

Com o advento da tecnologia e, por conseguinte, o aumento populacional e o crescimento das cidades, os impactos das atividades antrópicas aumentaram de modo significativo na maioria dos setores industriais como o da construção civil (HOLANDA *et al.*, 2018). Sob essa óptica, nota-se uma mudança quanto à conscientização dos meios de produção e consumo.

A indústria da construção civil é reconhecida como um setor de grande contribuição para o desenvolvimento econômico e social do país (PAZ *et al.*, 2018), estando diretamente relacionada as variações do Produto Interno Bruto (PIB) (LIMA; LIMA, N.; FELIPE, R.; FELIPE, R., 2021). Sob essa perspectiva, o setor de construção civil é o maior consumidor de recursos naturais e um grande gerador de resíduos sólidos, poeira e gases poluentes, por exemplo, o dióxido de carbono (CO₂).

Outro segmento que se faz importante e presente na economia é o setor do agronegócio. Setor este responsável, por grandes problemas ambientais devido às mudanças no uso da terra e à conversão de florestas para o uso agrícola no Brasil (PIRES *et al.*, 2021), destacando-se, a emissão de gases de efeito estufa (RODRIGUES *et al.*, 2017).

Encontrar uma solução eco-amigável, no qual os resíduos de construção civil e da agroindústria sejam utilizados em conjunto, é um desafio que pode contribuir para a diminuição da poluição ambiental. Ademais, a utilização de resíduos fibrosos naturais no melhoramento dos solos (GOWTHAMAN; NAKASHIMA; KAWASAKI, 2018), como também, a técnica em estabilizar solos com resíduos advindos da construção civil (ORIOLI, 2018) já tem sido investigados.

O presente estudo busca investigar o comportamento do solo erodível de uma encosta localizada na ilha de Itamaracá/PE a partir da incorporação de resíduos da construção civil (RCC) e fibras do coco babaçu, assim como, apresentar uma alternativa sustentável para reaproveitamento desses materiais, antes vistos como resíduos.

Desse modo, com o intuito de melhorar as características físicas e mecânicas do solo em estudo, investigou-se o teor ideal de RCC e fibra de coco babaçu para o melhoramento das propriedades físicas e mecânicas do solo e seus compósitos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Solos erodíveis

As cidades estão em processos contínuos de construção influenciados pelo crescimento desenfreado e pela falta de planejamento urbano (SILVA; SOUZA, 2021). A ocupação e uso dos solos pelo homem, quando efetuados de maneira desordenada, ocasiona uma série de consequências e desastres urbanos, como: a aceleração do processo de erosão, a construção de edificações em áreas de risco, além da deposição de resíduos sólidos em locais inadequados.

Em locais de clima tropical, como no Brasil, os processos erosivos tendem a ser mais acentuados, haja vista, os altos índices de precipitação e elevadas taxas de intemperismo químico, que aceleraram o processo de erosão. Sob essa perspectiva, deve-se ressaltar que no litoral norte de Pernambuco os processos erosivos estão associados não apenas às condições hidrodinâmicas, como também, pela intensificação das ações antrópicas.

Santos, Silva e Lafayette (2018) verificaram que uma encosta localizada em Recife/PE demonstrava sérias condições de degradação ambiental cujas raízes eram embasadas em um conjunto de impactos decorrentes da degradação vegetal, da intervenção humana e do depósito irregular de resíduos sólidos. Tal observação pode servir de alerta quanto ao risco de ocorrências de um desastre, além das perdas humanas e materiais como consequência.

A erosão pode ser influenciada, dentre outros fatores, pelo clima, relevo, cobertura vegetal, quanto ao tipo de rocha e composição do solo. Sob essa óptica, tendo ciência sobre o impacto que tal agente representa no cotidiano de determinadas localidades, por exemplo, ocupações residenciais em encostas, faz-se importante verificar alternativas que possam melhorar as propriedades mecânicas do solo, como, a modificação da composição granulométrica por adição de resíduos de construção civil (RCC).

2.2 Utilização de fibras na engenharia

O reforço de solos com fibras é uma técnica que já vem sendo estudada, a interação quanto a compressão entre a fibra e o solo é de fundamental importância para que seja definido o tipo e quantidade de fibra que deve ser utilizada (ALMEIDA *et al.*, 2020). Buscar alternativas eco-amigáveis para o melhoramento do solo ocasiona impactos positivos, haja vista, a introdução de materiais não poluentes e a reutilização de resíduos (MENEZES, 2018). Desse modo, manufaturados ecologicamente corretos estão sendo produzidos com matérias-primas de origem renovável, reciclável, biodegradável.

As fibras podem ser utilizadas em diversas finalidades, com isso, nos últimos anos, pesquisas buscam sua utilização no âmbito da engenharia civil como reforço da massa do solo e o aumento de sua estabilidade. Contudo, as fibras podem constituir duas principais classes: naturais, por exemplo, separadas em minerais, animais e vegetais e as fibras não naturais cuja classificação pode ser artificial ou sintética.

2.2.1 Fibras sintética

As fibras sintéticas são compostas por petróleo e seus derivados, por exemplo, a fibra de vidro, nylon, polipropileno e poliéster. Todavia, de modo em geral, toda fibra fabricada pelo homem é considerada sintética (OLIVEIRA, 2017).

Atualmente as fibras sintéticas, como as de origem polimérica, vem sendo estudados e utilizados com o intuito de reforçar o solo. Sendo eles compostos por materiais que

adquirem uma consistência plástica com o aumento da temperatura, devido serem termoplásticos.

As fibras de polipropileno possuem uma boa estabilidade dimensional em altas temperaturas, uma alta resistência a tração, além de um menor peso específico. Sob essa perspectiva, as vantagens quanto o uso de tais fibras são uma boa relação de custo benefício, segurança nas obras, proporciona um reforço secundário e uniforme, além de aumentar a resistência ao impacto e evitar a erosão.

2.2.2 Fibras naturais

Há uma crescente procura por materiais de fontes renováveis no setor da engenharia civil. Haja vista, a necessidade de uma manutenção do meio ambiente e do desenvolvimento sustentável. Desse modo, as fibras naturais podem ser obtidas por diferentes partes da planta como, por exemplo, caules, folhas, sementes, frutos, madeira e outros restos (GOWTHAMAN; NAKASHIMA; KAWASAKI, 2018).

O crescimento da procura de materiais cujos compósitos são reforçados por fibras de origem natural é, em grande parte, incentivado devido uma maior consciência ambiental, a julgar por problemas quanto a eliminação de resíduos e o esgotamento dos recursos petroquímicos (OLIVEIRA, 2017). Sob essa óptica, torna-se imprescindível a análise da composição química das fibras naturais, que estão explícitas na Tabela 1, com a finalidade de conferir a aplicação das fibras como material de reforço em compósitos.

Nos diversos ramos da engenharia, as fibras de coco têm se mostrado um material de grande valia para o desenvolvimento de materiais e utilização de suas características físicas e químicas das fibras para realizar diversas operações (OLIVEIRA JÚNIOR; GUSMÃO; LUNA, 2021).

Sendo assim, o coco babaçu possui uma percentagem de celulose superior ao coco verde, porém com uma menor quantidade de lignina, entretanto, maior que a encontrada entre a juta e o sisal (SANTOS, 2019). Ademais, deve-se analisar que a hemicelulose são polissacarídeos que unido a celulose e a lignina formam a parede celular, caracterizando a rigidez (GOWTHAMAN; NAKASHIMA; KAWASAKI, 2018)

Desde tempos imemoriais, as fibras naturais têm se mostrado uma ótima alternativa para o reforço de solos, especialmente cujas origens são do coco, por possuir um efeito positivo nas propriedades físicas e mecânicas. Contudo, deve-se atentar quanto ao teor e comprimento ideal das fibras.

De fato, Wei *et al.* (2018), concluíram que os melhores comportamentos foram encontrados nas amostras que incorporaram um maior teor de fibras cujos comprimentos eram menores. Não obstante, a resistência à compressão, ao cisalhamento e à tração do solo tendem a diminuir com o excesso de fibras.

2.3 Coco babaçu

O coco babaçu, também conhecido como coco-de-macaco, é encontrado em sua maior parte, nos estados do Maranhão e Piauí. Ademais, o babaçu é extremamente resistente e capaz de regenerar rapidamente. Dessa maneira, é sabido que, mesmo após ações danosas como as queimadas e o empobrecimento do solo quanto a fertilidade o crescimento da palmeira, acaba por contradizer o senso comum (SANTOS, 2019).

O extrativismo do babaçu tem como principal propósito a produção de óleo por meio das amêndoas. Sendo assim, trata-se de um recurso natural de importância nutricional, econômico e social. O primeiro elo da cadeia produtiva, tem como principal agente as mulheres que coletam o coco babaçu, também conhecidas como quebradeiras de coco.

Em relação às institucionalizações sociais a cadeia produtiva do coco babaçu está vinculada ao movimento interestadual das Quebradeiras de Coco Babaçu (MIQCB) cujas conquistas foram adquiridas pelas famílias que vivem do extrativismo.

Outro movimento importante é a Associação em Áreas de Assentamento no Estado do Maranhão (ASSEMA), como também, a Associação dos Trabalhadores Agroextrativistas da Reserva Extrativista de Ciriáco (ATARECO). Tais movimentos contribuem para a organização das famílias que vivem do extrativismo, além de incentivar empresas multinacionais com o intuito de promover a cadeia produtiva do babaçu (SARAIVA *et al.*, 2019).

2.4 Resíduos de construção civil (RCC)

A atuação de empreendimentos imobiliários como reformas, demolições, construções novas são os precursores para a geração de resíduos sólidos na indústria da construção civil, sendo esta, responsável por significativo impacto ambiental (BATISTA; LAFAYETTE; SILVA, 2020). Tal setor atrai o interesse dos empresários, uma vez que uma melhor gestão de resíduos implica em menos desperdício (FERREIRA; MACHADO, 2020) e a minimização de impactos negativos.

Os resíduos da construção civil são heterogêneos, compostos por diversos materiais, sejam eles constituintes da demolição de edificações ou de infraestruturas, ou ainda das perdas ocorridas durante a construção da obra (CABRAL *et al.*, 2021). O descarte inadequado pode resultar em poluição do ar e efeitos adversos sobre a fauna e a flora, além da escassez de área valiosa e perdas econômicas (SANTOS, 2019).

Uma destinação que serve como alternativa para a incorporação do RCC em agregado, de modo ambientalmente correto, é utilizá-lo junto à matriz do solo que possui baixa capacidade de suporte. Por conseguinte, um compósito mais resistente e com menores riscos em deformações poderá ser criado.

2.5. Caracterização da área em estudo

A “Pedra que Canta” ou “Maracá de Pedra”, significado dado ao nome Itamaracá em origem indígena, localiza-se no Município Histórico da Região Metropolitana do Recife/PE. Seu posicionamento geográfico localiza-se entre 34° 49’ e 34° 54’ de longitude ao Oeste de Greenwich e 07° 41’ e 07° 49’ da latitude sul.

A ilha encontra-se separada do continente por uma falha geológica conhecida como Canal de Santa Cruz. Pode-se encontrar uma importante atividade turística voltada à suas praias, construções históricas e o ecoturismo. No entanto, a economia local também é baseada na pesca artesanal, indústria e a agricultura (CANDIDO, 2017).

O clima é tropical quente e úmido, logo, o verão é longo e quente, mas o inverno é curto e ameno. Os meses com mais chuvas estão entre março e julho. A precipitação pluviométrica possui uma média superior a 1.700 mm por ano. As condições atmosféricas contribuem para a decomposição de rochas e formação de solos agricultáveis.

Itamaracá encontra-se inserido em um grupo de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos. A ilha constitui-se em um município integrante da região Metropolitana do Recife, sendo separada do continente pelo Canal de Santa Cruz e interligada pela ponte Presidente Getúlio Vargas.

O município é banhado em todo seu entorno pelo oceano Atlântico e seus rios são os rios Paripe, Catuama, Itapessoca, Congo, Arataca, Botafogo e Igarassu. Além de possuir um alto potencial de água subterrânea em poucas profundidades (SANTOS, 2019).

Os solos refletem a relação entre o clima, às unidades litoestratigráficas e os componentes biológicos. Os tipos de solos encontrados são: podzólicos amarelo, hidromórficos, mangues, areias quartzosas marinhas e gleissolos.

A principal cobertura vegetal encontrada é a mata atlântica, devido ao clima dominante. Contudo, tal ambiente, passou por um processo de desfalque pela ocupação desordenada da ilha, principalmente, pela monocultura canavieira. Restando manchas sobre a formação Barreiras e Cristalino (SANTOS, 2019).

O município está inserido na unidade geoambiental da Baixa Litorânea cujo relevo é formado por áreas arenosas litorâneas, onde encontram-se restingas, dunas e mangues. Aproximadamente 36,3 km² do território é composto por manguezais. Esse ecossistema sofre influência direta das marés e pode ser encontrado em diferentes espécies de mangues.

A área mais urbanizada encontra-se na orla marítima. Andrade (2018) observou que o município apresenta uma subdivisão de cinco áreas quanto sua ocupação. Tal subdivisão é feita nas seguintes áreas de baixa densidade construtiva, forte presença de comércio e serviços, uma transição entre o urbano e o rural, como também, importantes equipamentos turísticos como o Forte Orange (ANDRADE, 2018).

Com a crescente ocupação do território e o deslocamento de pessoas devido a atividade de turismo impactos negativos, são produzidos. Destacam-se mudanças na cobertura vegetal, impactos visuais, deposição de resíduos, poluição das águas e a intensificação da erosão (CANDIDO, 2017).

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida, coletando-se o solo a uma profundidade de 10 m cerca de 250kg, cuja amostra foi transportada em sacos plásticos para garantir a umidade natural do solo, utilizado como objeto de estudo, e estocada no Laboratório Avançado de construção Civil (LACC) da Escola Politécnica de Pernambuco - UPE/POLI.

Os resíduos de construção civil foram coletados na empresa Ciclo Ambiental localizada na cidade de Camaragibe e em seguida foram armazenados no laboratório de construção civil - LACC - UPE/POLI.

O coco babaçu foi adquirido em uma cooperativa de quebradeiras de coco na cidade de Santa Inês no estado do Maranhão. Aproximadamente 50kg foram encaminhados ao Laboratório de Mecânica dos Solos (LMS) da UPE/POLI.

A obtenção das fibras se deu por meio manual, pois não há uma comercialização das fibras de coco babaçu. O processo de raspagem para deixar as fibras aparentes foi executado por instrumentos cortantes repetidas vezes. A determinação do comprimento das fibras, nesse estudo, foi embasada em referências das quais foram utilizadas fibras do coco babaçu e semelhantes, como, as fibras do coco verde. Foi decidido adotar o comprimento de 30mm em um percentual de 1,5%.

Quanto ao percentual de RCC incorporados nos compósitos foram baseados nos resultados obtidos por Nascimento (2019) e Santos (2019). Desse modo, tem-se as porcentagens escolhidas para seus devidos elementos (na Tabela 1).

Tabela 1 - Nomenclatura dos compósitos.

Nomenclatura	Compósitos
Solos	-
RCC	-
SFR 1	Solo (98,5%) + Fibra (1,5%)
SFR 2	Solo (50%) + RCC (48,5%) + Fibra (1,5%)
SFR 3	Solo (70%) + RCC (28,5%) + Fibra (1,5%)

Os ensaios foram elaborados seguindo as normatizações da Associação Brasileira de Normas e Técnicas - ABNT foram realizados no laboratório de Mecânica dos Solos (LMS) da Escola Politécnica de Pernambuco - UPE/POLI.

3.1 Análise Granulométrica

Os procedimentos para o ensaio, cujo objetivo consiste em encontrar a curva granulométrica do solo e do agregado reciclado, foi realizado seguindo-se as normas previstas na NBR 7181 (ABNT, 2016) denominada de Solo – Análise granulométrica.

3.2 Determinação da densidade real

O processo para a determinação da densidade real dos grãos do solo está de acordo com a NBR 6457 (ABNT, 2016) denominada de Amostra de solos - Preparação para ensaios de compactação e caracterização e o DNER-ME 093 (1994) sobre Solos - Determinação da densidade real.

3.3 Ensaio de compactação

O procedimento quanto ao ensaio de compactação foi elaborado seguindo como embasamento as instruções oferecidas pela norma NBR 7182 (ABNT, 2016) denominada de Solo – Ensaio de Compactação.

3.4 Ensaio de compressão simples

O processo para a determinação do ensaio está de acordo com os procedimentos presentes na norma NBR 12770/1992 - Solo coesivo - Determinação da resistência à compressão não confinada.

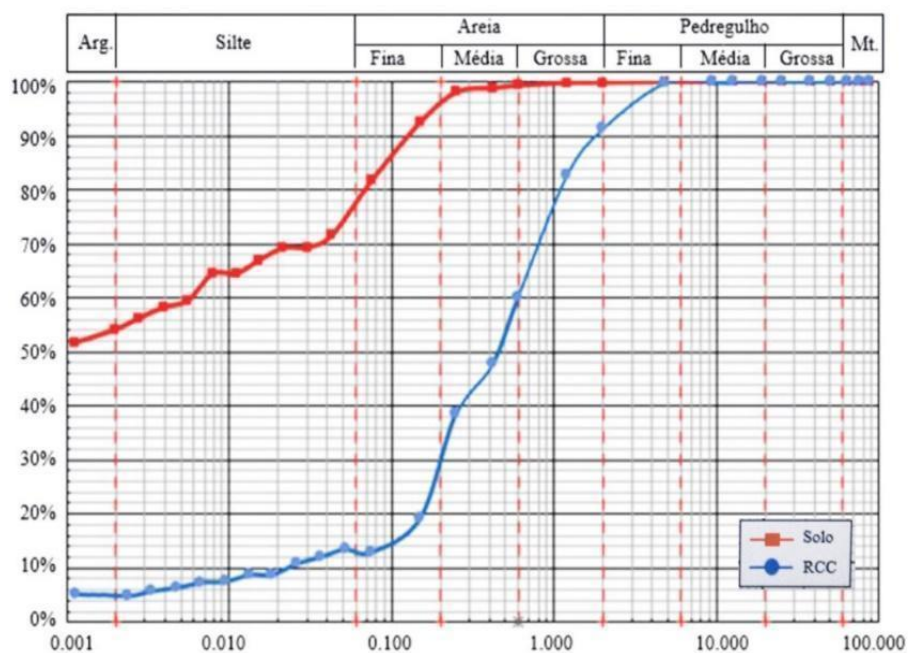
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Granulometria

Com a obtenção das curvas granulométricas no ensaio do solo e do RCC (Figura 1) foi possível verificar que o solo não apresentou valores para o coeficiente de uniformidade (C_u) e coeficiente de curvatura (C_c), pois não apresenta o valor do diâmetro correspondente a 30% do material que passa na curva granulométrica (D_{30}).

Contudo, quanto ao RCC os valores encontrados para C_u e C_c foram, respectivamente, 24 e 2,67. Desse modo, pode-se classificá-lo como mal graduado, devido, o valor de C_u apresentar-se maior que 15.

Figura 1 – Curva Granulométrica do solo e RCC



4.2 Densidade real

A Tabela 2 apresenta os resultados encontrados ao realizar o ensaio de densidade real do solo, RCC e compósitos. Sob essa perspectiva, pode-se verificar que o solo foi o material com maior densidade real, assim como, nos resultados de Nascimento (2019) e Santos (2019).

À proporção que o percentual de RCC aumentava a densidade real das amostras de SFR 2 e SFR 3 reduzia em comparação ao SFR 1, que só possuía solo e fibras do coco babaçu.

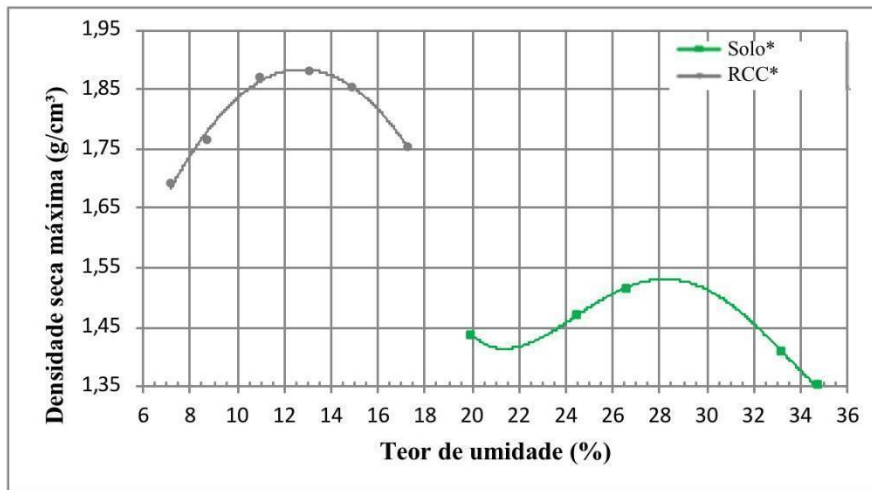
Tabela 2 - Densidade real do solo, RCC e compósitos.

Amostra	Densidade Real
Solo	2,73
RCC	2,61
SFR 1	2,66
SFR 2	2,53
SFR3	2,61

4.3 Compactação

Nas curvas de compactação (Figura 2), pode-se identificar os resultados obtidos para o solo e o RCC.

Figura 2 – Curvas do ensaio de compactação.



Os valores encontrados para a umidade ótima do solo e do RCC foram, respectivamente, 28,19% e 12,69%. A densidade seca máxima para o solo foi de 1,53 g/cm³ e para o RCC 1,89 g/cm³.

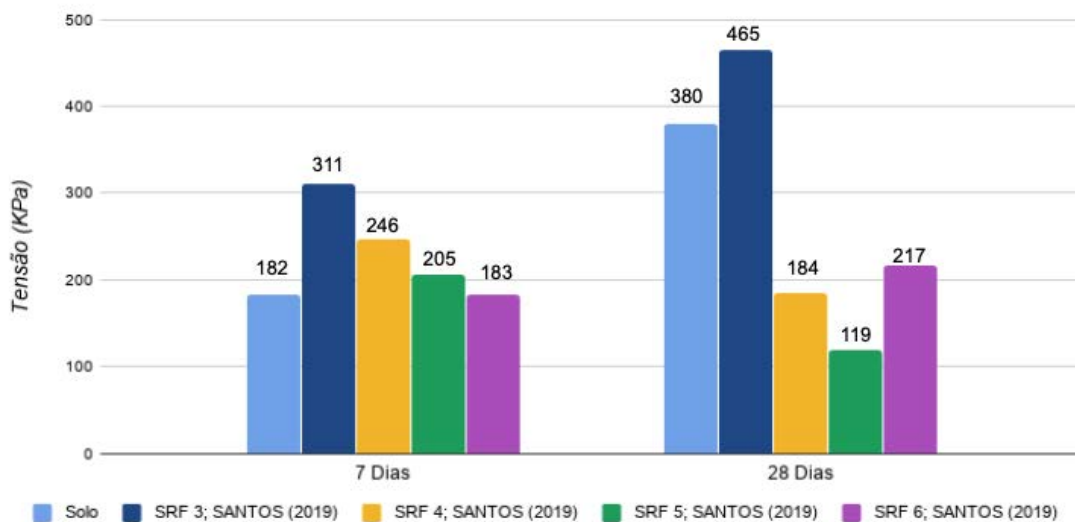
4.4 Compressão Simples

A resistência à compressão simples foi realizada nos períodos de cura de 7 e 28 dias. A deformação máxima aplicada ao corpo de prova foi de 15mm.

Observou-se (Figura 3) o valor de compressão simples do solo analisado nessa pesquisa e os valores dos compósitos realizados por Santos (2019).

Em 7 dias o solo obteve resistência de 182 KPa e o valor de 380 KPa em 28 dias, apresentando um acréscimo de 108,79%. Segundo Santos (2019), os resultados encontrados para o RCC em 7 dias foi de 132 KPa, enquanto em 28 dias foi de 147 KPa, apresentando um aumento de 11,36%.

Figura 3 – Gráfico de compressão simples.



Verifica-se também nos compósitos de solo, RCC e fibra, que ocorreu um aumento de resistência, sendo o teor ideal dentre estas misturas o SRF3. Os compósitos contém os seguintes teores: 98,5% Solo + 1,5% Fibra de coco babaçu (SRF 1); 50% Solo + 48,5% RCC + 1,5% Fibra de coco babaçu (SRF 2); 70% Solo + 28,5% RCC + 1,5% Fibra de coco babaçu (SRF 3).

5. CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento urbano desenfreado e, por conseguinte, a redução vegetal, os riscos de acidentes geotécnicos ou hidráulicos são considerados altos. Ademais, processos erosivos já se fazem presente na encosta, desse modo, essa pesquisa buscou por alternativas que pudessem minimizar tal impacto ambiental negativo.

Constatou-se que na granulometria o RCC foi classificado como mal graduado, haja vista seu coeficiente de uniformidade foi 24,00 e seu coeficiente de curvatura 2,67. O solo não obteve resultados para tais coeficientes.

Quanto a densidade, o solo obteve valor de 2,73. Também observou-se que o aumento do RCC nas amostras realizadas no ensaio implicou em um aumento de densidade do compósito.

Na compactação a umidade máxima do solo foi de 28,19% e com uma densidade do solo no valor de 1,53 g/cm³.

Na compressão simples, os valores encontrados para a resistência do solo em 7 dias foi de 182 KPa e em 28 dias 380 KPa, resultando em um aumento de 108,79%. Em análise aos resultados de Santos (2019), observou-se que os compósitos SRF 3 com 49% de RCC e SRF 6 de 49,5% de RCC apresentaram um ganho de resistência de 49,52% e 18,58% respectivamente.

Dessa maneira, pode-se afirmar que a incorporação de fibras do coco babaçu, juntamente ao RCC, faz com que ocorra uma maior resistência no compósito, sendo possível sua utilização em obras de engenharia.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12770**: Solo coesivo - Determinação da resistência à compressão não confinada - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7182**: Solo – Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6457**: Amostra de solos – Preparação para ensaios de compactação e caracterização. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7181: Solos – Análise granulométrica.** Rio de Janeiro, 2016.

ALMEIDA, S. M.; LAFAYETTE, K. P. V.; SANTOS, M. J. P.; PEDROSA, A. A. Avaliação do comportamento mecânico de composto solo-resíduo-fibra. IN: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; EL-DEIR, S. G. **Resíduos sólidos; desenvolvimento e sustentabilidade.** 1ª ed. Recife: EDUFRPE e Gampe/UFRPE, 2020. p. 254-263.

ANDRADE, J. N. **Configuração urbana e escalas de (ir)regularidade na orla marítima da Ilha de Itamaracá-PE.** 2018. 118f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

BATISTA, J. M.; LAFAYETTE, K. P. V.; SILVA, L. C. L. Geração de resíduos da construção civil e as características de obras na cidade do Recife - PE. IN: SILVA, S. S.; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. **Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade.** 1ª ed. Recife: EDUFRPE e Gampe/UFRPE, 2020. p. 472-481.

CABRAL, J. L.; GUEDES, F. L.; MARQUES, J. G. C.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R. Otimização na reciclagem de resíduos da construção civil: Estudo de caso de uma usina de Pernambuco. IN: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. **Resíduos sólidos: Educação e meio ambiente.** 1ª ed. Recife: EDUFRPE e Gampe/UFRPE, 2021. p. 351-368.

CANDIDO, J. J. **Turismo e impactos socioambientais: uma proposta de gestão pública sob o prisma da sustentabilidade para Ilha de Itamaracá.** 2017. 143f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

DNER – Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. **DNER-ME 093/94: Solos – Solos - Determinação da densidade.** Rio de Janeiro, 1994.

FERREIRA, K. C. F.; MACHADO, A. R. G. Reutilização de resíduos da construção civil no local de geração. IN: SILVA, S. S.; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. **Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade.** 1ª ed. Recife: EDUFRPE e Gampe/UFRPE, 2020. p. 417-426.

GOWTHAMAN, S.; NAKASHIMA, K.; KAWASAKI, S.; **A state-of-the-art review on soil reinforcement technology using natural plant fiber materials: Past Findings, Present Trends and Future Directions.** 2018. v.11(4). p 553, 2018. doi: 10.3390/ma11040553.

HOLANDA, M. J. O.; XIMENES, T. C. F.; BATISTA, J. M.; LAFAYETTE, K. P. V. Aspectos e impactos ambientais provenientes de RCD em São Lourenço da Mata e Cabo de Santo Agostinho - PE. IN: SANTOS, J. S. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais.** 1ª ed. Recife: Gampe/UFRPE, 2018. p. 66-76.

LIMA, N. L. P.; FELIPE, R. N. B.; FELIPE, R. C. T. S. Aplicação de resíduos plásticos em compósitos na construção civil: Um review. IN: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES,

- F. L.; ALMEIDA, I. M. S. **Resíduos sólidos: Educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE e Gampe/UFRPE, 2021. p. 303-318.
- MENEZES, L. C. P. **Análise do comportamento mecânico de solo areno argiloso reforçado com fibras de coco verde**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2018.
- NASCIMENTO, E. C. **Avaliação das propriedades do agregado reciclado da construção civil para utilização em sistema de cobertura final de aterros sanitários**. 2019. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2019.
- OLIVEIRA JÚNIOR, A. I.; GUSMÃO, L. R. C.; LUNA, S. V. S. Utilização dos resíduos fibroses da casca de coco verde como reforço de materiais compósitos. IN: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. **Resíduos sólidos: Educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE e Gampe/UFRPE, 2021. p. 334-350.
- OLIVEIRA, M. S. **Desenvolvimento e caracterização de telhas cimentícias reforçadas com tecido de fibras vegetais da Amazônia**. 2017. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.
- ORIOLO, M. A. **Estudo do uso de agregado reciclado de resíduos de construção e demolição em misturas solo-agregado**. 2018. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.
- PAZ, D. H. F.; VIEIRA, C. R.; LAFAYETTE, K. P. V.; SOBRAL, M. C. M. Diagnóstico da geração de resíduos da construção civil de obras da cidade do Recife-PE. IN: SANTOS, J. S. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1ª ed. Recife: Gampe/UFRPE, 2018. p. 77-88.
- PIRES, I. C. G.; SIMON, C. P.; FRAZÃO, L. A.; CAMARGO, P. B. Uso e manejo do solo para produção agropecuária e emissão de gases do efeito estufa. IN: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. **Resíduos sólidos: Educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE e Gampe/UFRPE, 2021. p. 521-538.
- RODRIGUES, R. de A. R. MELLO; W. Z. de CONCEIÇÃO; M. C. G. da SOUZA; P. A. de SILVA, J. J. N. da **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 9, n. 5, p. 1868-1886, set./out. 2017.
- SARAIVA, A. F. S., OLIVEIRA, N. M., FILHO, M. X. P., LOPES, W. S., **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional: Cadeia produtiva do babaçu em Cidelândia-MA**, Taubaté/SP, v. 15, n. 2, p. 13-23, Mar/2019.
- SANTOS, M. J. P., SILVA, T. S., LAFAYETTE, K. P. V. Análise dos impactos ambientais causados por resíduos sólidos numa encosta no município de Recife –PE. In: SANTOS, J. P. O., SILVA, R. C. P., MELLO, D. P., EL-DEIR, S. G. **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1ª ed. Recife: Gampe/UFRPE, 2018.

SANTOS, M. J. P. **Melhoramento de um solo erodível com resíduos de construção e fibras de coco babaçu**. 2019. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2019.

SILVA, T. S.; SOUZA, A. L. Cidades sustentáveis; Análise dos objetivos de desenvolvimento sustentável e da legislação brasileira na ótica dos resíduos sólidos IN: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. **Resíduos sólidos: Educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE e Gampe/UFRPE, 2021. p. 552-566.

WEI, L.; CHAI, S. X.; ZHANG, H. Y.; SHI, Q. Mechanical properties of soil reinforced with both lime and four kinds of fiber. **Construction and Building Materials**, v. 172, p.300-308, 2018. doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.03.248.

5.3 DIAGNÓSTICO DE UM SOLO DISPERSIVO COM REFORÇO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL

BATISTA, Hayla Alena Pereira de Moura

POLI/UPE
hapmb@poli.br

LAFAYETTE, Kalinny Patrícia Vaz

POLI/UPE
klafayette@poli.br

SILVA, Luciana Cássia Lima da Silva

POLI/UPE
lcls@poli.br

ALMEIDA, Suyanne Monteiro de

POLI/UPE
sma_pec@poli.br

RESUMO

A alta geração de resíduos de construção civil (RCC) aliada a sua destinação precária fomentou pesquisas objetivando sua reutilização. Nesse cenário, evidencia-se o uso desse material como agregado para a estabilização de solos, podendo promover melhorias das características mecânicas. O estudo objetiva a aplicação de RCC, substituindo 30% e 50% do solo, em uma encosta na Ilha de Itamaracá, no estado de Pernambuco, para melhorar as características dispersivas do solo e sua resistência à compressão simples. Através de ensaios físicos e mecânicos. Quanto ao caráter dispersivo do solo, o ensaio sedimentométrico comparativo apontou a eliminação de tal característica quando feita a substituição. A adição de resíduos também modificou a umidade ótima e a densidade seca máxima, ocorrendo aumento de até 17,37% na primeira e redução de até 6,44% na segunda. Quanto à resistência à compressão simples, os valores obtidos aos 28 dias apontaram um acréscimo de 43,6% para a mistura com substituição de 50% de RCC em relação ao solo puro, sendo considerada a mistura ideal. Com isso é viável a substituição de solo por RCC para solucionar a característica de dispersividade do solo e melhorar sua resistência, conferindo aos resíduos de construção uma destinação positiva para o desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Solo dispersivo. Resíduos de construção civil. Reforço de solo.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a demanda por matéria-prima e locais adequados para ocupação humana tem aumentado, enquanto que a oferta destes tem diminuído radicalmente. Quanto maior a demanda populacional, maior a necessidade construtiva, o que torna esta indústria como uma das maiores consumidoras de recursos naturais (BATISTA; LAFAYETTE; SILVA, 2020), que podem ser reduzidas pelo reuso dos resíduos gerados, reduzindo custos e danos ao ambiente (ANDRADE *et al.*, 2020; PEDROSA *et al.*, 2020)

Com isso, quanto maior o aumento populacional, maior a necessidade de construções que supram esta demanda (CABRAL *et al.*, 2021), conseqüentemente, geração de resíduos (PAZ *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2019). Este aumento é preocupante, pois podem, além de tantos danos, agravar a proliferação de doenças, atrapalhar na mobilidade e dificultar a drenagem local (PAZ *et al.*, 2019). Se há pouca disponibilidade de áreas para execução de obras, e ocorrer uma ocupação desordenada, estes locais provavelmente terão grande dificuldade de manter a resistência do solo inicial.

Simultaneamente à necessidade de melhorar o comportamento dispersivo do solo, vem-se procurando maneiras de reciclar e reutilizar os resíduos de construção civil (RCC) devido ao grande volume gerado. Segundo Akhtar e Sarmah (2018), a geração de resíduos de construção e demolição, em 2012, atingiu aproximadamente 3 bilhões de toneladas em 40 países.

Contudo, embora o fluxo de resíduos esteja aumentando constantemente, pode ser utilizado como alternativa para minimizar o consumo de recursos naturais pela indústria da construção civil, reduzindo o volume de resíduos enviados aos aterros sanitários e trazendo, ainda, prosperidade para a economia do país com a geração de empregos. Para que se faça reciclagem e reutilização desses resíduos, entretanto, é crucial a realização de estudos para analisar aspectos como a resistência e durabilidade do material.

Este artigo tem por finalidade a adição de agregado reciclável de construção civil a um solo dispersivo, de caráter erodível, proveniente do município da Ilha de Itamaracá, em Pernambuco. No estudo, analisar-se-á o comportamento do solo para averiguar se houve melhoria em suas características dispersivas de modo que se encontre uma alternativa de reforço para o solo da região ao mesmo tempo em que se pretende empregar os resíduos de construção civil para melhoramento de solos, contribuindo para o desenvolvimento sustentável desta tecnologia.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na engenharia, muitas vezes nos deparamos com situações em que o solo não possui características adequadas à construção, seja esta de pavimentações, edificações, barragens, dentre outros. Os solos dispersivos estão inseridos nesse contexto e, segundo Vakili *et al.* (2018), características de dispersividade nos solos já levaram a falhas catastróficas e irreversíveis em estruturas de terra, como barragens e desembarcadouros.

Com isso o papel desta característica dispersiva na degradação de um solo se apresenta como um fator importante na investigação geotécnica, devido à crescente necessidade de se fazer uso desse tipo de material. Sendo assim, visando melhorar esse comportamento dispersivo, vem sendo desenvolvidas diversas pesquisas nas quais são adicionados materiais aos solos objetivando viabilizar a utilização dos mesmos sem que a qualidade ou segurança da obra seja comprometida (PORTELA, 2019).

Na busca de um material que além de melhorar as características do solo, possa impactar benéfica ao meio ambiente, observa-se o RCC. No ano de 2020 foram geradas 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos no Brasil, entre eles 6,3 milhões não foram coletados. Em relação aos resíduos da construção civil foram 122.012 por dia, correspondendo a aproximadamente 44535 toneladas, o que é cerca de 6% do total gerado anualmente (ABRELPE, 2020).

Além da elevada geração, a forma como são descartados é o maior impacto ocasionado por este material, vale salientar que os impactos ocorrem em três dimensões (ambiental, social e econômica) que estão interligadas se afetando diretamente (XIMENES, 2018). Estando vinculados ao manuseio e descarte, trazendo risco a sociedade e a sustentabilidade local (GUEDES *et al.*, 2018). Logo, de acordo com Oliveira *et al.* (2018), estes resíduos precisam ser tratados, geridos e planejados de forma que não cause tantos danos, além de serem procuradas metodologias de racionalização, como o sistema Toyota, que diminua essa geração e, conseqüentemente, os impactos (SILVA *et al.*, 2020)

Em relação a estabilização química, que é uma metodologia na qual a estrutura do solo é alterada com a utilização de aditivos, alguns deles utilizados comumente na construção civil, como o cimento e a cal, visando à melhoria do comportamento físico e químico do solo. Segundo Portela (2019), a estabilização química possibilita a melhoria de características como a resistência à compressão simples, resistência ao cisalhamento e a permeabilidade.

As técnicas de estabilização a serem utilizadas dependem do tipo e das propriedades iniciais do solo, sendo necessário muitas vezes aliar mais de um método de estabilização para que sejam obtidas as características exigidas ao solo.

Tendo em vista a problemática dos resíduos de construção, vem sendo proposto em diversos trabalhos o uso destes materiais como agregados na estabilização granulométrica. Para Portela (2019), os resíduos se apresentam como uma alternativa viável econômica e ambientalmente por serem materiais inertes e com comportamento semelhante aos agregados naturais.

Portanto o RCC é um dos materiais mais utilizados para melhoramento de solo, contribuindo não só nas mudanças das características de dispersividade e resistência, mas também promovendo uma reutilização destes resíduos de forma sustentável.

3. METODOLOGIA

O solo em estudo foi coletado numa encosta na Ilha de Itamaracá, localizada no litoral norte do estado de Pernambuco a 44 km da cidade do Recife. A encosta foi escolhida devido ao caráter erodível e às características dispersivas do solo.

Foram coletados cerca de 200 kg de solo, no estado deformado, que foram armazenados temporariamente em sacos de ráfia. A amostra foi transportada e armazenada no Laboratório Avançado de Construção Civil (LACC) da Escola Politécnica de Pernambuco em baldes hermeticamente fechados. A extração foi feita de forma manual, com auxílio de um trado a fim de alcançar as camadas inferiores (PORTELA, 2019).

Já os resíduos foram coletados numa usina de beneficiamento na cidade de Camaragibe/PE. Essa usina recebe os resíduos originários de construções, faz a separação e descarte dos materiais contaminantes que poderiam reduzir a qualidade do produto final e executa o beneficiamento do material.

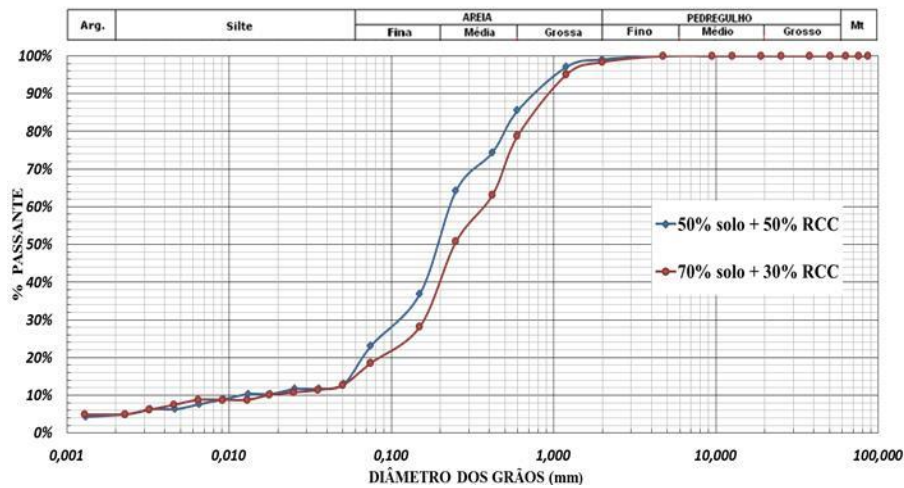
O agregado utilizado se constitui de concreto, argamassa e cerâmica, e sua granulometria corresponde a de material passante na peneira nº 50. A preparação das amostras ocorreu conforme a NBR 6457 (ABNT, 2016) que define o método de preparação para os ensaios de caracterização. Entretanto, com o objetivo de analisar o comportamento mecânico do solo, fez-se a substituição da fração fina do solo por RCC. Assim, para o solo foi utilizada a fração retida na peneira nº 50 e para o RCC, a fração passante na peneira nº 50. Para realização dos ensaios de análise granulométrica, de densidade real, de compactação e de resistência a compressão simples.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Granulometria

A análise granulométrica foi executada para as duas misturas, obtendo-se assim suas curvas granulométricas (Figura 1). No que se refere ao solo e ao RCC, utilizou-se os resultados obtidos por Portela (2019) para os mesmos materiais. Os percentuais de cada fração granulométrica referentes às misturas, solo e RCC são: solo (Argila – 15,45%, Silte – 3,63%, Areia – 78,06% e Pedregulho – 2,86%); RCC (Argila – 9,25%, Silte – 4,59%, Areia – 77,41% e Pedregulho – 8,74%) (PORTELA, 2019) e, para a autora, 50% solo + 50% RCC (Argila – 10,68%, Silte – 3,48%, Areia – 84,91% e Pedregulho – 0,93%) e 70% solo + 30% RCC (Argila – 10,32%, Silte – 3,66%, Areia – 84,40% e Pedregulho – 1,62%).

Figura 1. Curvas granulométricas das misturas



Tanto nas duas misturas como no solo e no RCC, a fração predominante é a porção de areia, representando cerca de 80% da composição total das amostras. Entretanto, conforme há substituição do solo por RCC, verifica-se um aumento percentual da fração fina, que é compatível com a quantidade de material fino que foi substituído.

Percebe-se também, que a fração granulométrica referente à argila aumentou, conforme houve a substituição do solo por RCC, enquanto na fração de silte houve uma redução percentual quando foi feita a substituição.

4.2 Ensaio Sedimentométrico Comparativo (SCS)

Para avaliar a dispersividade das misturas, foi realizado o ensaio sedimentométrico comparativo para ambas. Este ensaio foi executado segundo a NBR 7181 (ABNT, 2017), isto é, com uso do defloculante e do dispersor mecânico, e conforme a NBR 13602 (ABNT, 1996), sem defloculante e sem dispersor. O ensaio ainda foi feito com defloculante e sem dispersor (Figuras 2 e 3).

Figura 2. Curvas granulométricas do ensaio sedimentométrico comparativo da mistura 1

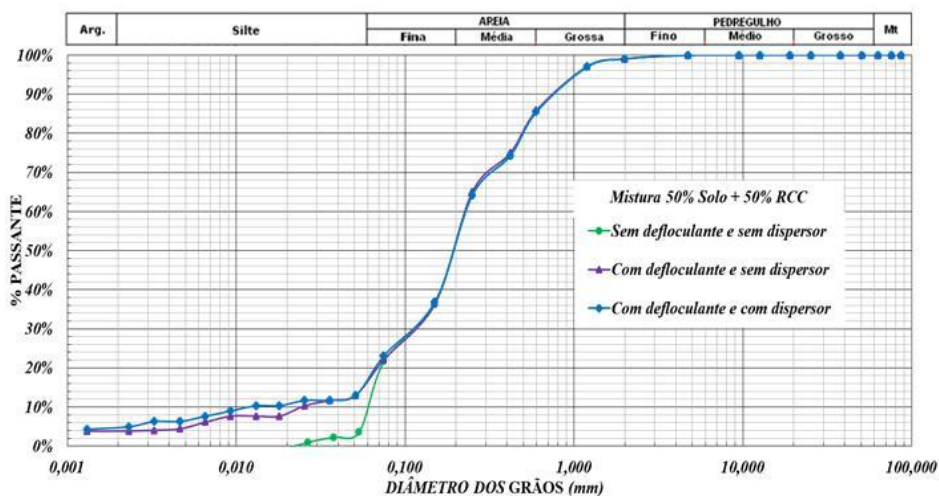
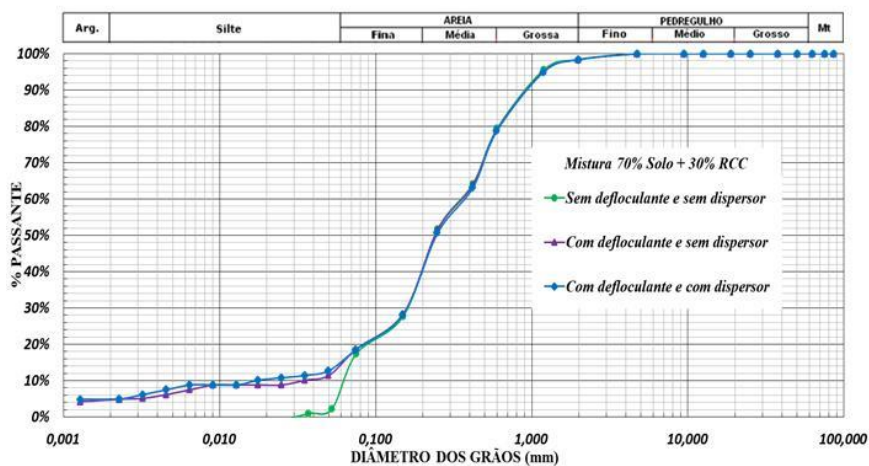


Figura 3. Curvas granulométricas do ensaio sedimentométrico comparativo da mistura 2



Segundo as curvas, na mistura 1 (Figura 2), a porcentagem de partículas com dimensão inferior a 0,005 mm foi aproximadamente 6,30% no ensaio com defloculante e dispersor, enquanto que no ensaio sem defloculante e sem dispersor essa porcentagem foi nula. Assim, a porcentagem de dispersão (PD) da mistura 1 (50% Solo + 50% RCC) é nula.

Analisando as curvas para a mistura 2 (Figura 3), a porcentagem de partículas com dimensão inferior a 0,005 mm foi aproximadamente 7,49% no ensaio com defloculante e dispersor. Já no ensaio sem defloculante e sem dispersor, o resultado obtido foi nulo. Desse modo, o percentual de dispersão (PD) da mistura 2 (70% Solo + 30% RCC) é nulo.

Desta maneira, pode-se constatar que tanto a mistura com adição de 50% de RCC como a de 30% de RCC não apresentam evidências de dispersividade, já que a porcentagem de dispersão de ambas foi inferior a 20%. Tal fato se relaciona à remoção da fração granulométrica que ocasiona o comportamento dispersivo do solo, isto é, a fração argilosa. Portela (2019) chegou à mesma conclusão para misturas com porcentagens iguais a 20%, 40% e 60% de RCC.

4.3 Densidade Real

A densidade real foi calculada para as duas misturas. Para o solo, 2,621 g/m³, e o RCC, 2,615 g/m³ foram utilizados os resultados obtidos por Portela (2019) para os mesmos materiais.

Observa-se que o valor de densidade real 2,62 g/m³ obtido para o solo aproxima-se dos valores encontrados por Carvalho (2017) e Machado *et al.* (2017) para areias siltosas, enquanto que o valor de densidade real de 2,61 g/m³ para o RCC é próximo ao valor encontrado por Silva (2018).

Os resultados encontrados para as misturas se assemelham aos obtidos por Portela (2019) que, utilizando o mesmo tipo de solo e RCC, encontrou valores iguais a 2,621 e 2,653 para misturas contendo 40% e 60% de RCC, respectivamente. Os valores obtidos para as

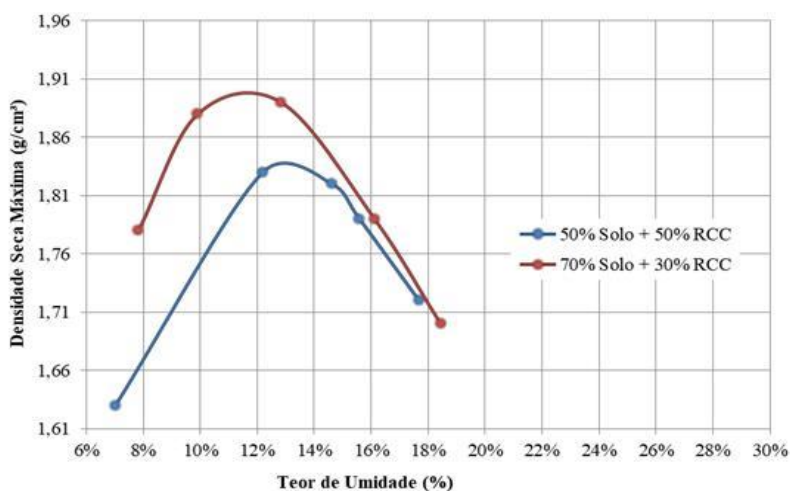
misturas mostram que há uma tendência de redução da densidade média, conforme se substitui o solo por RCC.

4.4 Compactação

Ao considerar os valores obtidos por Portela (2019) para umidade ótima e densidade seca máxima do solo, que foram iguais a 11,17% e 1,957 g/cm³, respectivamente, observou-se que eram compatíveis com os que Carvalho (2017) obteve em seus estudos com uma areia siltosa, tendo encontrado umidade ótima igual a 11,60% e densidade seca máxima igual a 1,937 g/cm³.

Para o RCC foram encontrados valores de densidade seca máxima igual a 1,892 g/cm³ e umidade ótima de 12,69%. Tais resultados se aproximam dos obtidos por Couto (2017), que utilizando um material também definido como areia bem graduada, encontrou densidade seca máxima igual a 1,88 g/cm³ e umidade ótima igual a 12,5%.

Figura 4. Curvas de compactação das misturas solo-RCC



A umidade ótima e a densidade seca máxima para a composição de 50% solo + 50% RCC foram de 13,11% e 1,83 g/cm³ respectivamente. Já para a composição de 70% solo + 30% RCC a umidade ótima e a densidade seca máxima foram de 12,24% e 1,89 g/cm³ respectivamente. Fazendo a análise das curvas de compactação das misturas e de seus respectivos valores de umidade ótima e densidade seca máxima, observa-se que à medida que há o aumento da substituição de solo por RCC, o valor para umidade ótima do material também aumenta.

Observa-se também uma redução no valor da densidade seca para a mistura cujo percentual de substituição é mais elevado, o que pode ser atribuído à presença de grãos menos densos em sua composição. Tal observação também foi feita por Portela (2019) ao analisar misturas com porcentagens de substituição de solo por RCC iguais a 20%, 40% e 60%. Matuella (2017) encontrou comportamento semelhante em seus estudos utilizando areia silto-argilosa.

No que se refere ao valor da umidade ótima da mistura 1 (50% Solo + 50% RCC) ser superior ao da mistura 2 (70% Solo + 30% RCC), deve-se considerar que, devido à substituição de 50% de solo por um material que tem como característica uma maior absorção, o aumento da umidade ótima é compatível, visto que corrobora com a necessidade de uma maior quantidade de água para viabilizar uma melhor disposição das partículas no corpo-de-prova. Em relação à densidade seca máxima, verifica-se que o comportamento de ambas as misturas é parecido, havendo uma diferença de $0,061 \text{ g/cm}^3$ entre os valores obtidos.

Tanto os valores encontrados para umidade ótima quanto para densidade seca máxima são compatíveis com os encontrados por Portela (2019) para misturas utilizando o mesmo tipo de solo e RCC, a qual obteve densidades secas máximas iguais a $1,887 \text{ g/cm}^3$, $1,884 \text{ g/cm}^3$ e $1,846 \text{ g/cm}^3$ e umidades ótimas iguais a 11,84%, 12,05% e 14,365% para misturas com substituição de 20%, 40% e 60% de RCC, respectivamente.

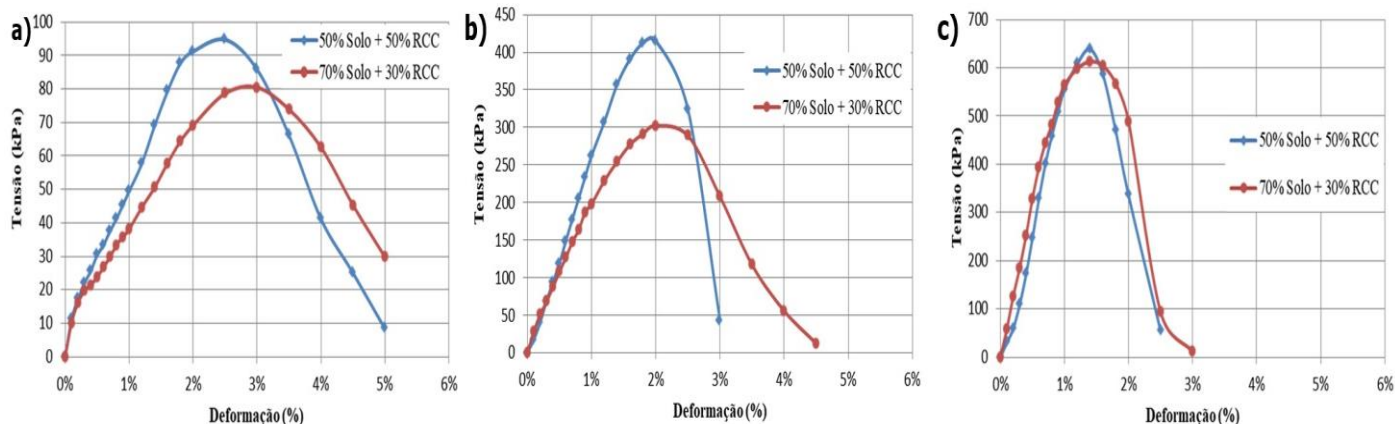
4.5 Compressão Simples

As misturas de solo e RCC foram ensaiadas para obtenção da resistência à compressão simples para as idades de 07, 28 e 120 dias. De modo geral, os corpos-de-prova apresentaram ruptura frágil, isto é, não se observou grandes deformações na ruptura.

Os resultados do ensaio de resistência à compressão dos corpos-de-prova após 07 dias de cura úmida (figura 5a). Nesta idade de ruptura, verificou-se que os valores de resistência obtidos foram de 94,7 kPa e 80,4 kPa para as misturas com substituição de 50% e 30% de RCC, respectivamente. Tais resultados se mostram inferiores aos encontrados por Portela (2019), em relação ao solo e RCC.

Também se observa que há uma tendência ao crescimento da resistência conforme se aumenta o percentual de substituição por RCC. O mesmo comportamento foi observado por Portela (2019). No entanto, a partir de aproximadamente 3,2% de deformação, os valores de tensão para a mistura de 50% Solo + 50% RCC decrescem mais rapidamente que os da mistura de 70% Solo + 30% RCC.

Figura 5. a) Resistência das misturas de solo-RCC aos 7 dias;b) Resistência das misturas de solo-RCC aos 28 dias;c) Resistência das misturas de solo-RCC aos 120 dias;



Já os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão dos corpos de prova aos 28 dias (Figura 5b) e 120 dias (Figura 5c), respectivamente, mostram os valores da tensão de ruptura média para o solo, RCC e misturas de solo-RCC.

Observa-se que as misturas de solo-RCC mantiveram a tendência na qual a resistência aumenta à medida que se eleva a substituição de solo por RCC, o que também foi observado por Portela (2019), para misturas com substituição de 20% (A), 40% (B) e 60% (C) de RCC. Entretanto, fazendo a comparação entre as curvas das misturas e a do solo puro, constata-se que os valores de resistência de ambas as misturas foram maiores que o valor obtido para o solo puro aos 28 dias, apresentando um incremento de resistência superior a 438% para a primeira mistura e 375% para a segunda mistura.

Quanto à resistência aos 120 dias, verifica-se a preservação da tendência de crescimento da resistência à compressão para ambas as misturas, sendo obtidos os resultados de 639 kPa e 613 kPa para as misturas de 50% Solo+50% RCC e 70% Solo+30% RCC, respectivamente.

Entretanto, diferentemente dos resultados obtidos para a resistência aos 28 dias, onde as misturas apresentaram resultados superiores aos obtidos para o solo e RCC, aos 120 dias, ambas as misturas voltaram a apresentar valores de resistência à compressão inferiores aos encontrados para o solo e RCC.

Observou-se também que, com o passar do tempo de cura, houve uma diminuição do deslocamento até uma determinada tensão máxima de ruptura, isto é, os rompimentos sucederam com menores deformações a partir da aplicação de carga.

Podendo assim considerar o RCC como um bom material para este fim, além de ser adequado para utilização de pavimentação permeável (GUSMÃO; PÓVOAS; OLIVEIRA JÚNIOR, 2021). Essa utilização do RCC em diversas áreas da construção civil, promove melhorias sociais, econômicas e ambientais.

5. CONCLUSÕES

Por meio dos resultados das análises feitas em laboratório com os materiais peneirados, foram obtidas algumas conclusões acerca do solo, RCC e misturas de solo-RCC avaliadas.

A análise granulométrica das misturas permitiu definir a porcentagem das frações dos materiais, sendo verificado, para todos os materiais analisados, que a maior porção é referente à areia. De acordo com o SUCS, ambas as misturas foram classificadas como uma areia siltosa (SM), indicando que a substituição de solo por resíduos de construção não alterou a classificação do solo. Verificou-se também que uma maior substituição de solo por RCC implicava no aumento da fração fina, sendo a maior porcentagem a de argila encontrada na mistura de 50% Solo+50% RCC.

No ensaio sedimentométrico comparativo, o solo estudado apresentou características dispersivas. Observa-se, no entanto, que tanto para a adição de 50% como para 30% de RCC, foram eliminadas as características dispersivas. Sendo assim, em caso de solo peneirado, a estabilização granulométrica é adequada para eliminação no caráter dispersivo do solo.

Os valores de densidade real encontrados para o solo e RCC foram muito próximos, demonstrando semelhança entre os materiais. No que se refere à umidade ótima, houve aumento conforme se substituiu o solo por RCC. Já em relação à densidade seca máxima, o comportamento observado foi o oposto, isto é, conforme se aumentou a porcentagem de RCC, menores foram os resultados obtidos.

Os resultados obtidos na compressão simples indicam que a mistura ideal foi a de 50% Solo+50% RCC obtida aos 28 dias de cura, onde apresentou um acréscimo de resistência de 43,6% em relação ao solo puro. Quanto à dispersividade, verifica-se que é viável a substituição de solo por RCC para fins de correção do solo, tanto na porcentagem de 30% quanto na de 50%.

Constata-se, pois, que é factível associar a necessidade de reciclagem e reutilização dos resíduos de construção civil com sua aplicação como agregado para estabilização granulométrica do solo, atribuindo uma destinação correta aos resíduos e, ao mesmo tempo, contribuindo para a melhoria do caráter dispersivo de um solo.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6457**: Amostra de solos – Preparação para ensaios de compactação e caracterização. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7181**: Solos – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13602**: Solo - Avaliação da dispersibilidade de solos argilosos pelo ensaio sedimentométrico comparativo - Ensaio de

dispersão SCS - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1996.

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. Abrelpe, 2020. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/download-panorama-2020/>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

AKHTAR A.; SARMAH A. K. Construction and demolition waste egeneration and properties of recycled aggregate concrete: A global perspective. **Journal of Cleaner Production**, 2018.

ANDRADE, C. R. de B.; PASSOS, B. C.; GONZAGA, N. L.; PATEZ, R. R. Redução de custos e geração de renda com a reutilização dos resíduos da construção civil. In: SILVA, T. S. da; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.) **Desmaterialização de resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade**. 1aed. Recife: EDUFRPE, 2020.

BATISTA, J. M.; LAFAYETTE, K. P. V.; SILVA, L. C. L. Geração de resíduos da construção civil e as características de obras na cidade do Recife-PEIM: SILVA, T. S.; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Desmaterialização dos Resíduos Sólidos: estratégias para a sustentabilidade**. Recife: EDUFRPE, 2020.

CABRAL, J. L.; GUEDES, F. L.; MARQUES, J. G. C.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R. Otimização na reciclagem de resíduos da construção civil: estudo de caso de uma usina de Pernambuco. IM: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. **Resíduos Sólidos: educação e meio ambiente**. Recife: EDUFRPE, 2021.

CARVALHO, M. V. **Influência do reuso de amostras no ensaio de compactação de dois latossolos de Minas Gerais**. 2017. 38 f. Trabalho (Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

COUTO, L. A. F. A. H. R. **Caracterização geotécnica de areia reciclada produzida a partir de resíduos de construção e demolição do município de Natal/RN**. 2017. 19 f. Trabalho (Conclusão de Curso) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

GUEDES, F. L.; GUSMÃO, A. C. S.; SILVA, R. S. O.; VASCONCELOS, H. M. S. Gerenciamento de resíduos da construção civil (RCC): estudo de caso das ecoestações para pequenos geradores, Recife-PE. IM: MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C.; SANTOS, J. P. O. **Resíduos Sólidos: gestão pública e privada**. Recife: EDUFRPE, 2018.

GUSMÃO, L. R. C.; PÓVOAS, Y. V. T.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. I. Viabilidade de resíduo de construção e demolição reciclado (RCD-r) em camada de base de pavimento de concreto permeável. IM: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. **Resíduos Sólidos: educação e meio ambiente**. Recife: EDUFRPE, 2021.

MACHADO, L. F. M.; CAVALCANTE, E. H.; ALBUQUERQUE, F. S.; SALES, A. T. C. Adição de uma associação polimérica a um solo argilo-arenoso com vistas à estabilização química de materiais para pavimentos. **Revista Matéria**, [S. I.], v. 22, n. 03, p. 5, 2017.

MATUELLA, M. F. **Efeitos da composição de resíduos de construção e demolição em seu comportamento mecânico para utilização em pavimentação**. 2017. 172 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

OLIVEIRA, F. M.; MEDEIROS, I. S.; DANTAS, M. S.; CLEMENTE, T. S. Geração, coleta e destinação dos resíduos sólidos no município de Lagoa de Dentro – PB. IM: MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C.; SANTOS, J. P. O. **Resíduos Sólidos: gestão pública e privada.** Recife: EDUFRPE, 2018.

PAZ, D. H. F.; VIEIRA, C. R.; LAFAYETTE, K. P. V.; SOBRAL, M. C. Diagnóstico da geração de resíduos da construção civil de obras da cidade do Recife – PE. IM: EL-DEIR, S. G.; SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P. (Org.). **Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais.** Recife: EDUFRPE, 2018.

PAZ, D. H. F.; XIMENES, T. C. F.; HOLANDA, M. J. O.; LAFAYETTE, K. P. V. Impactos ocasionados pela deposição irregular dos resíduos de construção e demolição no município de Paulista – PE. IM: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; GIOVANETTI, S. **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas.** Recife: EDUFRPE, 2019.

PEDROSA, A. de A.; LINS, E. A. M.; EL-DEIR, S. G. Gestão de resíduos no âmbito da construção civil: Estudo em Recife-PE. IM: SILVA, T. S. da; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.) **Desmaterialização de resíduos sólidos: estratégias para sustentabilidade.** 1aed. Recife: EDUFRPE, 2020.

PORTELA, M. F. A. **Avaliação da dispersividade e resistência à compressão de compósitos de um solo da formação barreiras com RCD e cal.** 2019. 148 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2019.

SILVA, A. C. **Comportamento hidromecânico de um solo areno-argiloso adicionado com resíduos de pneus e resíduos de construção e demolição.** 2018. 146f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil Escola Politécnica de Pernambuco, Recife, 2018.

SILVA, D. B. P.; PESSOA, R. G. A. Q.; SANTOS, C. R. B.; LAFAYETTE, K. P. V. Resíduos da construção civil: Análise dos impactos provenientes do regime de execução do projeto. IM: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais.** Recife: EDUFRPE, 2019.

SILVA, L. C. L.; BATISTA, J. M.; LAFAYETTE, K. P. V.; SILVA, T. A. Geração dos resíduos da construção civil em habitações de interesse social. IM: SILVA, T. S.; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Desmaterialização dos Resíduos Sólidos: estratégias para a sustentabilidade.** Recife: EDUFRPE, 2020.

VAKILI, A. H.; KAEDI M.; MOKHBERI, M.; SELAMAT, M. R. B.; SALIMI M. Treatment of highly dispersive clay by lignosulfonate addition and electroosmosis application. **Applied Clay Science**, v. 152, p. 1-8, 2018.

XIMENES, T. C. F. **Diagnóstico da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição e seus impactos ambientais no município de Paulista/Pe.** 2018. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2018.

5.4 REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS: UM APORTE TEÓRICO

TORRES, Brena Maroja
Gampe/IFPE
brenamaroja@gmail.com

EL-DEIR, Soraya Giovanetti
Gampe/UFRPE
sorayageldeir@gmail.com

RESUMO

A sociedade e a indústria necessitam dos equipamentos eletroeletrônicos, trazendo grande preocupação com a geração de resíduos eletroeletrônicos. O presente estudo visa identificar a interferência da evolução industrial (1.0 a 5.0) na quantidade desses resíduos gerados, assim como o impacto positivo do conceito de Economia Circular para minimizar o descarte inadequado desses materiais. Para tanto, foi realizado um estudo com base no levantamento bibliográfico relacionado às seguintes temáticas Revolução Industrial e Economia Circular na produção desses eletroeletrônicos e na geração desses resíduos. A evolução do processo industrial trouxe inovação nos modos de produção e, após a Indústria 3.0, foram produzidos estes equipamentos para a sociedade, como também para integrar o modo de produção que eleva a geração destes resíduos, a qual continua crescendo a cada ano, principalmente nos países pautados em modelos de produção moderno e inovador. A Economia Circular traz uma abordagem diferente, com base nas etapas produzir-consumir-descartar-recuperar, onde os resíduos podem ser recuperados como insumos à fabricação de novos, representando apenas 17,4%. A importância da circularidade na recuperação de insumos advindos desses materiais para a fabricação de novos produtos, como uma forma de mitigar a extração de recursos não renováveis, diminuir a contaminação durante e após a extração e reduzir as emissões de gases de efeito estufa, melhoram a qualidade de vida e ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Economia Circular, Indústria 4.0, REEE

1. INTRODUÇÃO

Inicialmente, o sistema de produção era baseado em processos artesanais, essencialmente manuais. Com o advento da Revolução Industrial, ocorreu a modificação no processo de produção, surgindo unidades laborais com o apoio de maquinários, estruturando-se as indústrias. Este processo produtivo inicia-se com máquinas a vapor, usando, essencialmente a lenha como insumo energético, dando início à 1ª. Revolução Industrial. Tal estrutura passou por várias modificações, gerando uma evolução tecnológica e aprimorando o uso da forma de energia para a eletricidade, sendo denominada de 2ª. Revolução Industrial. A automação dos processos produtivos, com a era da cibernética, além da posterior informatização, pautada no uso de formas energéticas mais concentradas, como os derivados de petróleo, configuram-se na 3ª. Revolução Industrial, a qual elevou ainda mais a produção e provocou a diminuição acentuada do esforço de trabalho por unidade produtiva.

Na 4ª. Revolução Industrial, digitalização com a hiperconectividade estão presentes, gerando uma nova lógica laboral, com a substituição da força de trabalho humana pelo maquinário inteligente, elevando a precisão e diminuindo o grau de desperdício antes existente, havendo tendência clara para um formato onde a customização dos produtos esteja presente. A 3ª. e a 4ª. Revolução ainda estão em curso na produção industrial, entretanto a 4ª. Revolução foi definida, ao mesmo tempo em que foi reconhecida como uma nova revolução, isso não aconteceu com as outras revoluções que só foram definidas pós-transformação no modo de produção (FONSECA; VENIR, 2020).

A 5ª Revolução Industrial, já vem a caminho com a presença de produtos e serviços personalizados de acordo com desejo do cliente (FARHAN *et al.*, 2020; SHARMA; GARG; KIRAN, 2020). Toda a evolução da indústria tem causado um crescente consumo de produtos de forma rápida, isso causa consequências ao meio ambiente, uma vez que implica no aumento da extração de recursos da natureza, provocando impactos negativos ao meio ambiente e à saúde dos extrativistas. A sociedade, cada vez mais consumista, provoca gastos desnecessários, devido à obsolescência dos produtos e à disposição inadequada dos resíduos, o que ocasiona gastos enormes com a gestão de resíduos e manutenção de aterros sanitários. Tudo isso contribui para aumentar a produtividade e gerar riquezas.

Os produtos são compostos por diversos recursos naturais e muitos não são renováveis, alguns recursos já são estratégicos e críticos. O alto consumo em uma Economia Linear onde o ciclo de vida do produto é produzir, consumir e descartar, gera os resíduos na proporção do consumo (XAVIER *et al.*, 2019). A disposição inadequada gera impactos ambientais negativos nas águas superficiais, no solo e no ar, além de interferir na qualidade de vida e na economia, gerando um gasto elevado para a gestão e o gerenciamento dos resíduos (RAUTELA *et al.*, 2021).

2. METODOLOGIA

Este estudo visa analisar a evolução do processo industrial e a transição de uma Economia Linear para a Economia Circular na produção de EEE, focando na geração de REEE, buscando vislumbrar soluções para mitigar os impactos ambientais, sociais e econômicos utilizando as ferramentas das indústrias.

3. RESULTADOS

3.1. A Evolução do Processo de Produção Industrial

Inicialmente, tudo era feito manualmente, através da manufatura artesanal. A modificação do modo de produção surgiu com a indústria. A 1ª. Revolução Industrial ou Indústria 1.0 (I 1.0) iniciou em 1750 e foi até 1850, localizada na Inglaterra, onde utilizou o processo mecânico através da criação da máquina a vapor, tornando obsoleta a manufatura artesanal e o trabalho no campo. A indústria têxtil, nesta fase aumentou a produção, devido à inserção da máquina a vapor, a máquina de fiar e o tear mecânico, utilizando o ferro, o carvão e a máquina a vapor como força motriz (PEREIRA; SIMONETO, 2018; FONSECA; VENIR, 2020; SANTOS *et al.*, 2020).

A 2ª. Revolução Industrial ou Indústria 2.0 (I 2.0) ocorreu entre 1850 e 1950, expandindo-se para os Estados Unidos, França, Rússia, Japão e Alemanha, transformando o modelo de produção para linhas de produção com a construção do Ford T, de Henry Ford, utilizando o aço, a eletricidade e o petróleo proporcionando maior produtividade e lucratividade com a produção em massa por tempo determinado (PEREIRA; SIMONETTI, 2018; FONSECA; VENIR, 2020; SANTOS *et al.*, 2020). Para alguns autores, esta revolução seguiu até 1980 (FARHAN *et al.*, 2020).

Após 1950 até os dias atuais, iniciou-se a 3ª. Revolução Industrial ou Indústria 3.0 (I 3.0), com a inserção do silício e da eletrônica, modificando novamente o modo do sistema produtivo com a robótica, a genética, a informática, a telecomunicação, a eletrônica, dentre outros. Nesta fase, ideias em relação ao trabalhador laboral são difundidas, como o conceito de trabalhador polivalente e multifuncional, o estabelecimento de competências e de facilidades, as inteligências múltiplas e os métodos de resolução de problemas, a crítica e o construtivismo (FONSECA; VENIR, 2020). Segundo Farhan (2020), segue até os anos 2000. A partir daí, os produtos eletroeletrônicos passaram a ser fabricados, desconsiderando a geração de REEE correlata ao descarte destes, sendo tratados como parte de resíduos sólidos. A I 3.0 caracteriza-se pela produção em massa (SHARMA; GARG; KIRAN, 2020).

A I 3.0 iniciou a produção de equipamentos eletroeletrônicos (EEE) e com o passar dos anos esses equipamentos foram sendo também, integrados a indústria junto à TIC. Contudo, a produção de EEE aumentou aceleradamente, tanto pela necessidade da sociedade, quanto pelo curto tempo de vida e desatualização dos produtos – devido à obsolescência. Diante de tudo, houve um aumento também na geração de REEE, oriundo do descarte do EEE. Entretanto, esses EEE são compostos por materiais tóxicos e perigosos poluindo o meio ambiente, então, necessita-se de um descarte ambientalmente

adequado para evitar custos com a coleta e manutenção de aterro sanitário, contaminação do meio ambiente e efeitos danosos a saúde humana dos catadores e moradores de áreas próximas do descarte (RAUTELA *et al.*, 2021).

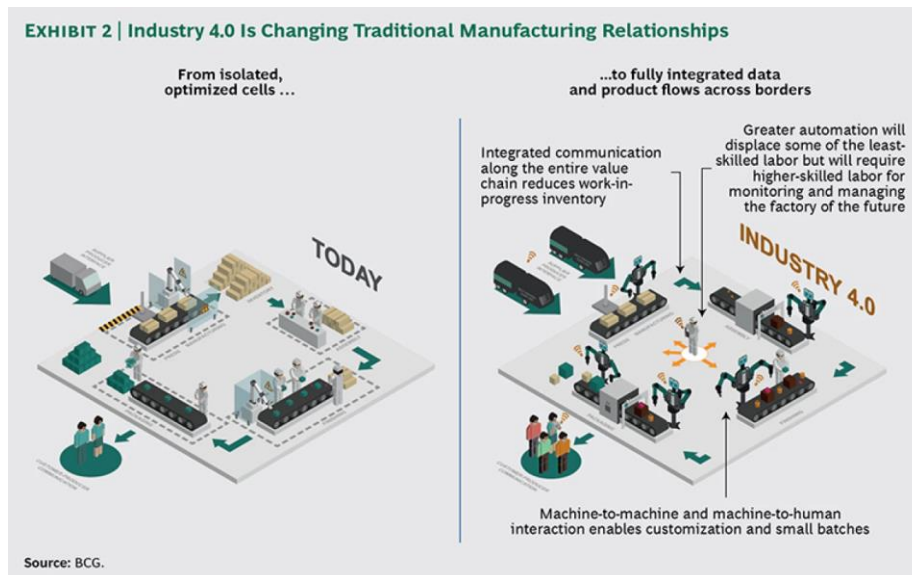
3.1.1. Indústria 4.0

No ano de 2011, em Hannover Messena, na Alemanha, iniciou a 4ª. Revolução Industrial ou a Indústria 4.0 (I 4.0) com o objetivo de alcançar segurança e precisão com alto grau de automação, sendo um processo de customização em massa (SHARMA; GARG; KIRAN, 2020). A produção industrial avançou com a introdução e disseminação da digitalização, transformando sistemas e processos de toda cadeia de suprimentos (PEREIRA; SIMONETTI, 2018; RAJPUT; SINGH, 2019; NARA *et al.*, 2021). A quarta Revolução Industrial foi definida por Schwab como um novo modelo de produção no qual máquinas, ferramentas e processos estarão conectados à internet por meio de sistemas cyber-físicos, interagindo entre si e com a capacidade de operação, de tomada de decisão e autocorreção de forma praticamente autônoma (SIMÃO; JÚNIOR MEIRELLES; MEIRELLES, 2020).

A automação das máquinas é feita por meio de sistemas cyber-físicos, cujos equipamentos são datados de uma representação virtual, conectados através da Internet das Coisas (IoT), capazes de trocar informações, acessando dados em tempo real para dispararem ações autônomas, permitindo a fusão do mundo físico, digital e biológico (PEREIRA; SIMONETTI, 2018). Processos e sistemas interligados foram estruturados para responder a todos os temas relativos às necessidades humanas. Tecnologias como a nanotecnologia, a neurotecnologia, os robôs, os veículos elétricos, a inteligência artificial, a biotecnologia, a impressora 3D e o uso de drones são avanços que estão em ampla disseminação, sendo utilizadas em diversos campos, com múltiplas finalidades (FAHAN *et al.*, 2020; FONSECA; VENIR, 2020).

A I 4.0 faz uma disrupção radical em direção a indústria inteligente, com tecnologias manufaturadas inteligentes e interconectadas, com propósito de conectar a indústria à internet, tornando mais econômica, inteligente e eficiente. Assim, pode-se modificar o *modus operandi* e, possivelmente, afetar todos os setores de transformação: projeto, operação e transporte de produtos e materiais. As tecnologias integrativas e interconectadas desta indústria otimizam a produção (Figura 1) (DANTAS *et al.*, 2021).

Figura 1 - A Indústria 4.0 está transformando o relacionamento da manufatura tradicional



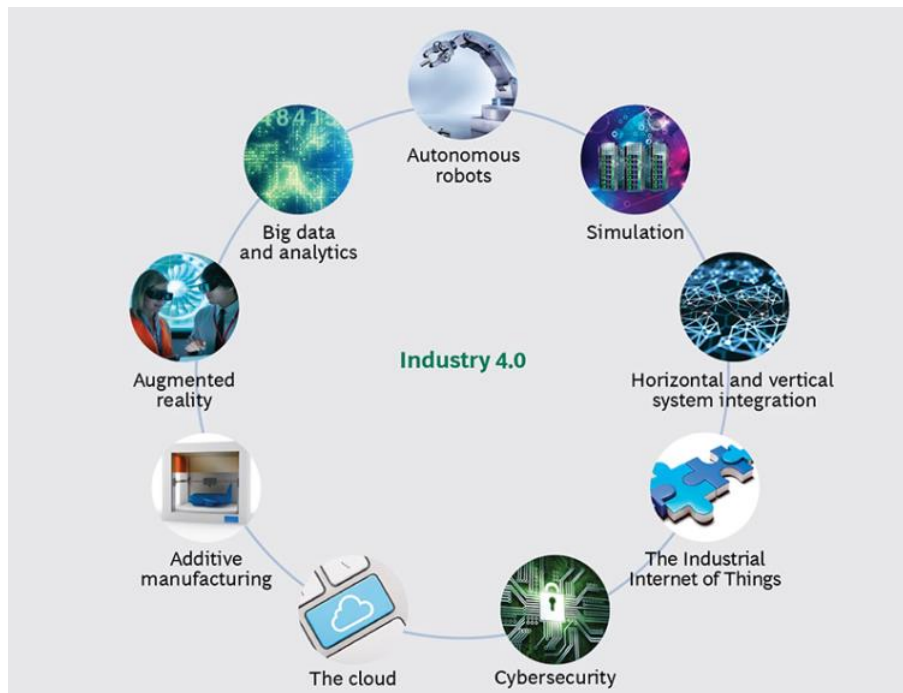
Fonte: Russmann *et al.* (2015)

Legenda: Today: Hoje; *From isolated optimized cell...*: Das células isoladas a células otimizadas; *Industry 4.0* : Indústria 4.0; *...to fully integrated data and product flows across borders*: a fluxos de produtos e dados totalmente integrados além do chão da fábrica; *Integrated communication along the entire value chain reduces work-in-progress inventor*: Comunicação integrada ao longo de toda cadeia de valor reduz o inventário do progresso do trabalho; *Greater automation will displace some of the least-skilled labor but will require higher: skilled labor for monitoring and managing the factory of the future*: Maior automação substituirá mão de obra menos qualificada, mas exigirá mão de obra mais qualificada para monitoramento e gerenciamento da fábrica do futuro; *Machine-to-machine and machine-to-human interaction enables customization and small batches*: Interação máquina-máquina e homem-máquina permitem a personalização de pequenos lotes.

A I 4.0 tem como característica conectar as atividades e os sistemas do chão de fábrica às redes inteligentes, sendo que as decisões são tomadas de forma autônoma, podendo corrigir falhas em tempo real. Estes sistemas também armazenam conhecimento e ganham meios para predição, redução da ociosidade na cadeia de valor, possibilitando o fornecimento de produtos e processos a custos menores, além de aumentar a performance e melhorar a imagem junto a sociedade, agregando valor a produtos e serviços (SANTOS *et al.*, 2020).

As tecnologias integrativas e interconectadas para a produção, otimizadas pela I 4.0, são baseadas na análise de *Big Data*, na computação nas nuvens, na IoT, na manufatura aditiva, na realidade aumentada, nos robôs autônomos, na simulação, nos sistemas integrativos e na cybersegurança (Figura 2) (RUSSMANN *et al.*, 2015). Essas tecnologias de ponta utilizadas na Indústria 4.0 são baseadas em soluções para processos de manufatura inteligente e coleta de dados, como a identificação da radiofrequência, os sistemas de produção cyber-físicos, a internet das coisas industrial e a análise voltada a dados, trazendo grande vantagem para manufatura, além de benefícios na redução de resíduos, minimização de impactos ambientais e impulso no desenvolvimento industrial para a produção mais limpa (DANTAS *et al.*, 2021).

Figura 2 - Indústria 4.0: tecnologias integrativas e interconectadas



Fonte: Russmann *et al.* (2015)

Legenda: *Autonomous robots*: Robôs autônomos, *Simulation*: Simulação, *Horizontal and vertical system integration*: Sistema integrativos horizontais e verticais, *The industrial internet of things*: Internet das coisas industrial, *Cybersecurity*: Cybersegurança, *The cloud*: Computação na nuvem, *Additive manufacturing*: Manufatura aditiva, *Argumented reality*: Realidade aumentada, *Big data and analytics*: Análise de big data.

Outras tecnologias podem estar presentes na I 4.0, como a inteligência artificial, a internet de serviços, a biologia sintética, a segurança da informação em sistemas complexos e os sistemas cyber-físicos (FONSECA; VENIR, 2020). *Big Data* e análise de dados gerenciam a grande quantidade e complexidade de dados estruturados ou não para a tomada de decisão em tempo real, mesmo que os dados estejam em diferentes equipamentos dos sistemas de produção, assim como em diferentes sistemas dos clientes (RUSSMANN *et al.*, 2015; PEREIRA; SIMONETTI, 2018; FONSECA; VENIR, 2020). Já a inteligência artificial está sendo usada para tomada de decisões em tempo real por meio de processos com a capacidade de *autopoiese*, gerando retroalimentação positiva e processos de checagem (FONSECA; VENIR, 2020). Na computação nas nuvens, os dados, os programas e os sistemas são armazenados em locais fora da indústria, havendo a disponibilidade destes de maneira virtual, mesmo que o armazenamento esteja vinculado diretamente a um sistema materializado, num *hardware*, trazendo mais rapidez e poder (RUSSMANN *et al.*, 2015; FONSECA; VENIR, 2020).

A IoT compreende os dispositivos que atuam como sistemas cognitivos, podendo realizar atividades similares à humana, ou seja, sensores e dados auto programáveis são introduzidos nos equipamentos, capazes de identificar as mudanças de situações, as condições ambientais e os possíveis defeitos e problemas para tomada de decisão autônoma (FONSECA; VENIR, 2020). Estes podem se comunicar entre si ou através de controladores centralizados, que irão analisar e tomar decisões descentralizadas, com respostas em tempo real (RUSSMANN *et al.*, 2015). Por sua vez, a Biologia sintética é

capaz de construir partes semelhantes às biológicas (FONSECA; VENIR, 2020), por meio de processos artificiais, com o uso de biotecnologias ou impressoras 3D. Esta manufatura 3D ou manufatura aditiva constrói equipamentos tridimensionais, que podem servir para simulações no chão de fábrica, para a produção descentralizada e até customizar produtos, reduzindo, portanto, despesas com estoque (PEREIRA; SIMONETTI, 2018). As fábricas podem produzir lotes pequenos ao invés de protótipos de componentes individuais (RUSSMANN, 2015).

A realidade aumentada visualiza o mundo em tempo real, através de câmaras e sensores, gerando informações adicionais para análise, além de revelar aspectos diversos aos percebidos naturalmente pela visão humana (PEREIRA; SIMONETTI, 2018; FONSECA; VENIR, 2020). Tais informações são elementos adicionais para a tomada de decisão e procedimentos, gerando uma base matricial multifatorial sobre a realidade em análise. Esta complexidade de dados pode ter robôs autônomos como suporte, que apresentam a capacidade de tomar decisão sem a necessidade de intervenção humana, por meio de processos de inteligência artificial, sendo passíveis de ajustes para elevação do grau de criticidade analítica dos dados com menores custos e maior capacidade, podendo trocar informações entre si e proporcionar maior interação com o homem (RUSSMANN *et al.*, 2015; PEREIRA; SIMONETTI, 2018).

Todos estes processos necessitam da elevação da segurança da informação, para que sejam preservados os dados da interveniência humana evitar possíveis alterações prejudiciais, as quais levam às organizações bases falsas (FONSECA; VENIR, 2020). Neste sentido, a possibilidade de realização de simulações ajuda os fabricantes na detecção e eliminação de problemas, na redução dos custos de investimento de linhas de produção, na modelagem de processos de fabricação, na simulação e análise de desempenho do sistema e na visualização dos modelos, de modo que otimize parâmetros em tempo real através de modelos virtuais (PEREIRA; SIMONETTI, 2018).

Os modelos permitem testes e otimizam configurações de uma variedade de checagem, dirigindo os passos da configuração da máquina e aumentando a qualidade (PEREIRA; SIMONETTI, 2018). Este processo ocorre por meio de sistemas cyber-físicos, que são arranjos complexos compostos por elementos computacionais colaborativos com o intuito de controlar entidades físicas. Tais sistemas necessitam estar integrados, onde subsistemas e equipamentos são articulados por um sistema único e complexo (FONSECA; VENIR, 2020). Os sistemas integrativos permitem que companhias, departamentos, funções e capacidades fiquem mais coesos, havendo inter-relação entre dados universais e integração das redes, evoluindo e habilitando a cadeia de suprimentos (RUSSMANN *et al.*, 2015).

A implantação da I 4.0 pode causar alterações como a capacitação constante do gestor e de toda equipe, a análise e otimização de dados, a possibilidade da customização de produtos conforme necessidades dos clientes, além da melhor gestão com a descentralização do trabalho. Esta tipologia de sistema levará a fabricação de produtos personalizados, a flexibilidade para modificar tarefas, a novos modelos de negócios, a serviços orientados com uso da internet e *softwares* específicos, a processos

automatizados e inteligentes e ao rastreamento remoto dos processos (FONSECA; VENIR, 2020).

Os benefícios com a implantação da I 4.0 são a redução de custos, a economia de energia, o aumento da segurança, a conservação ambiental, a redução de erros, o fim do desperdício, a transparência nos negócios, o aumento da qualidade de vida, a customização em escala sem precedentes (FONSECA; VENIR, 2020). As fábricas podem se tornar inteligentes e mais sustentáveis através da TIC. Estas unidades fabris são alimentadas através do uso de energia e do fornecimento e uso da água, por meio dos fluxos de dados que são coletados em sistemas cyber-físicos para a troca de dados inteligentes por todas as partes interessadas, sendo armazenados na nuvem (SANTOS *et al.*, 2020).

Alguns problemas potenciais com a implantação da I 4.0 são a necessidade de qualificação inovadora dos trabalhadores, além de menor emprego de mão de obra humana nas atividades operacionais. Entretanto, deve-se analisar a possível realocação dos colaboradores ao invés da demissão. Observa-se que o planejamento e a implementação de Leis e Políticas pelos governos com a inovação deste novo modelo industrial ocasionam um diferencial para a competitividade mundial (SANTOS *et al.*, 2020).

Até os dias atuais, o processo industrial visa uma maior produtividade, não sendo diferente neste período, onde a diminuição dos prazos de novos lançamentos, a inovação e a maior flexibilidade na linha de produção com aumento de produtividade e eficiência no uso dos recursos estão indo além dos portões da fábrica, ao se integrarem em cadeias de valor globais. Entretanto, com o aumento e inovação na fabricação, a tendência é a elevação na velocidade de troca de produtos, ocasionando um crescimento significativo na geração de resíduos (FONSECA; VENIR, 2020). Tal realidade poderá ser revertida com os Princípios do *Ecodesign*.

Com a evolução do processo industrial e a necessidade de fabricação de produtos, alguns recursos naturais não renováveis estão em estágio crítico ou estratégico, o que aumenta a pressão quanto à extração destes recursos. A produção de EEE necessita de recursos não renováveis tanto para a sociedade e para a indústria, por isso há um aumento na produção EEE e na geração REEE, sendo um desafio contínuo e diário para a gestão adequada destes materiais, entretanto há possibilidade de aumentar o ciclo de vida desses recursos através da reciclagem e da mineração urbana.

3.1.2. Indústria 5.0

A partir de 2016, a I 5.0, caracterizada pela sociedade digital inteligente, integração de espaços virtuais e físicos, IoT, robôs, realidade aumentada, ecossistema de inovação, interface cérebro-máquina e centralidade humana na tecnologia, surge paralela a I 4.0 com diferenças referentes ao aumento da interação homem-máquina, capacitando as pessoas a se expressarem na forma de produtos e serviços personalizados, mesmo assim,

há desafios e possibilidades na implementação. A principal diferença entre a I 4.0 e a I 5.0 consiste no aumento da interação homem-máquina de maneira que empodere pessoas para a produção personalizada de produtos e serviços (FARHAN *et al.*, 2020a). Neste sentido, a Indústria 5.0 fundamenta-se na personalização em massa (SHARMA; GARG; KIRAN, 2020).

A I 5.0 utiliza IoT, mas difere dos sistemas de automação predecessores por ter simetria tridimensional (3D) no design do ecossistema de inovação: (i) uma estratégia de saída segura embutida em caso de extinção de redes de conhecimento digital entrincheiradas hiperconectadas. É importante ressaltar que tais existências seguras são ortogonais - na medida em que permitem a “desintoxicação digital” empregando caminhos não relacionados / não afetados por redes automatizadas, por exemplo, registros eletrônicos de pacientes versus registros de materiais/artigos em informações médicas vitais; (ii) igual ênfase na aceleração e desaceleração da inovação se os retornos decrescentes se tornarem aparentes; e (iii) pesquisa de ciências sociais e humanas de próxima geração para governança global de tecnologias emergentes (OZDEMIR; HEKIM, 2018).

A Indústria 5.0 (I 5.0) representa um avanço tecnológico com alta produtividade, sendo ainda insuficiente para o sucesso industrial. Entretanto, os valores humanos são essenciais como a qualidade de vida, a inclusão e a sustentabilidade da sociedade, parâmetros que ainda estão periféricos a este conceito produtivo. A vida dos trabalhadores necessita ser mais segura e confortável para garantir o acesso às tecnologias que permitem a automação e aumentam a produtividade. As contribuições do indivíduo são valorizadas, enquanto cria um espaço mais inclusivo no mercado de trabalho e acesso a produtos e serviços. A sociedade está envolvida nas considerações desta indústria, mostrando que a tecnologia é uma ferramenta para desenvolver, e se envolver em práticas sustentáveis, cuidando do meio ambiente, protegendo os ecossistemas do mundo e fazendo o melhor uso dos recursos disponíveis para as gerações atuais e futuras (PASCHEK; MOCAN; DRAGHICI, 2019; SIGGA, 2020). Com base na análise da evolução industrial, apresenta-se um resumo referente ao início, características e finalidades de cada uma (Quadro 2-1).

Quadro 0-1 – Quadro resumo das características das Revoluções Industriais

INDÚSTRIA	INÍCIO	CARACTERÍSTICAS	FINALIDADE
I 1.0	1750	Máquina à vapor, tear mecânico e máquina de fiar	Produção mecânica na indústria têxtil
I 2.0	1850	Aço, eletricidade e petróleo	Produção por tempo determinado
I 3.0	1950	Eletrônica	Produção em massa
I 4.0	2011	Digitalização com hiperconectividade	Produção customizada em massa
I 5.0	2016	Hiperconectividade com maior interação homem-máquina	Produção personalização de produtos e serviços

3.2. Economia Circular

A partir da I 3.0 com a produção dos EEE e a I 4.0 voltada para a TIC, a sociedade cada vez mais dependente desses equipamentos. O mundo atual apresenta uma demanda crescente destes por diversas necessidades fabris e pessoais. Diante disso, os REEE gerados tornaram-se uma preocupação mundial, apresentando um crescimento acelerado no mundo, sendo estimado cerca de 53,6 milhões de toneladas (Mt) em 2019.

A presença de substâncias perigosas na composição e a necessidade de extração de matérias-primas do setor de mineração, atividade que causa impacto negativo significativo no meio natural e na saúde dos extrativistas. Além disso, há o comprometimento do estoque dos recursos naturais não renováveis, que em boa parte é utilizado como matéria-prima (XAVIER *et al.*, 2019; FORTI *et al.*, 2020).

Diante de tais problemas associados aos REEE algumas soluções devem ser encontradas, visando mitigar a extração dos recursos minerais não renováveis, a crescente geração e o excesso de descarte inadequado de resíduos, principalmente devido à presença de substâncias perigosas, além da falta de reaproveitamento dos resíduos e a transformação em matéria secundária para fabricação de outros produtos.

Tal situação vem despertando o mercado para rever o processo de mineração, buscando formas de gerenciamento de resíduos e soluções sustentáveis para o ciclo de vida dos REEE, como redução, reuso, reciclagem e a mineração urbana (ZHANG; ZHONG; GENG, 2019; KAZANÇOGLU *et al.*, 2020; ARYA *et al.*, 2021). O ciclo de vida da Economia Linear (EL) utiliza o padrão: produzir-consumir-descartar, onde a indústria utiliza os recursos, manufatura o produto, vende para o consumidor final, o qual descarta, não havendo preocupação com a forma do descarte e a contínua a extração de metais (XAVIER *et al.*, 2019). Este processo ocasiona no aumento de resíduos dispostos em aterros sanitários, nos custos com o transporte da coleta, no uso de recursos não renováveis, na emissão de gases de efeito estufa e nas mudanças climáticas, causando impactos ambientais negativos, sociais e econômicos (FONSECA; VENIR, 2020). Uma das soluções possíveis para aumentar o ciclo de vida do recurso é a mudança da EL em direção à Economia Circular (EC) (RAJPUT; SINGH, 2019).

O legado da EC emerge com a preocupação quanto à capacidade de carga ambiental (SHARIFI, 2021; SHARPE; HARWELL; JACKSON, 2021), que considera os recursos finitos para a demanda populacional. Depois foi desenvolvido o conceito de Ecologia Industrial (PEREIRA, 2017, YANG *et al.*, 2018) e de Metabolismo Industrial (AMICARELLI *et al.*, 2021), que seguiram com regras e leis relativas à gestão ambiental. Depois, surgiu o conceito de sustentabilidade social, ambiental e econômico. A responsabilidade estendida do produtor desenvolveu o aspecto social, os índices foram inseridos no aspecto ambiental para avaliar a sustentabilidade ambiental e a responsabilidade estendida do produtor e políticas para melhoria dos produtos no viés econômico da sustentabilidade (XAVIER *et al.*, 2019).

A EC consiste numa cadeia de suprimentos fechada, fundamentada no máximo aproveitamento dos resíduos e, portanto, amparado na reutilização, no reaproveitamento e na reciclagem destes materiais. A indústria utiliza o conceito de final de vida de um produto como a restauração dos produtos não consumíveis, eliminando o uso de materiais tóxicos, cujos objetivos são reutilizar e eliminar o desperdício através da implementação de modelos de projeto, sistemas de produção e projeto de materiais. Este propósito da EC pode alcançar a eficiência de recursos e o melhoramento ambiental dos diferentes níveis da cadeia de suprimentos (RAJPUT; SINGH, 2019).

Outra definição de EC consiste na otimização de produtos e processos do sistema industrial, a fim de evitar/reduzir o consumo de matérias-primas e a geração de resíduos, bem como fomentar o desperdício zero destes materiais ao longo do sistema produtivo. O modelo de EC consiste na premissa: fazer-refazer/usar-reusar, cujos recursos e produtos no sistema de produção tornam-se mais eficientes e devem ser usados de todas as formas possíveis, incentivando técnicas de reparação, reforma e reuso, produzindo matéria secundária, criando novas oportunidades de empregos e crescimento. A logística reversa e mineração urbana estão presentes na EC e contribuem para reduzir o impacto ambiental (XAVIER *et al.*, 2019).

Também, pode-se definir EC como a uma forma de uso e descarte de materiais e recursos, ao contrário dos padrões, comportamentos de produção e consumo da sociedade. Esse padrão atual do desenvolvimento industrial aumenta em grande escala a extração de recursos, o uso e a disposição final de materiais, sendo a raiz de problemas entre gerações e governos, como a disposição de resíduos em áreas naturais, a escassez de recursos e a mudança climática. Embora não haja um consenso da definição de EC, há um alinhamento entre pesquisadores quanto à insustentabilidade imposta pela EL. Nesta esteira, a EC destaca-se por promover um caminho inovador para o desenvolvimento sustentável, principalmente pela forma de percepção do valor do tratamento dos recursos naturais, sendo um modelo regenerativo, reinserindo a matéria secundária na cadeia de suprimentos através de ciclos fechados (DANTAS *et al.*, 2021).

A EC promove a minimização do consumo de recursos, da geração de resíduos e da emissão de gás de efeito estufa, enquanto assegura o desenvolvimento sustentável melhorando a escassez de recursos, os impactos ambientais e os benefícios econômicos. Os aspectos relacionados a EC são a extração de recursos, a geração de resíduos, o projeto de produto, o consenso ambiental, os modelos de negócios inovadores e as políticas integrativas (DANTAS *et al.*, 2021).

O desenvolvimento sustentável dos recursos naturais e a consolidação da EC visam o estabelecimento amplo da promoção de um ciclo fechado de produtos e materiais. O principal objetivo é coordenar os aspectos econômicos, sociais e ambientais, a fim de alcançar o benefício único. Com a demanda de produtos de alta tecnologia e o aumento da necessidade da matéria-prima crítica ou estratégica, os REEE surgem como um importante fornecedor de matéria secundária (XAVIER *et al.*, 2019).

A EC está ancorada nas três vertentes da logística reversa, os 3Rs, reduzir, reusar e reciclar e na mineração urbana. A vantagem desta mineração é dez vezes melhor que a mineração tradicional, esta necessita de estudos geológicos e após esses estudos, ainda não se sabe a exata quantidade de minérios que poderão ser extraídos da mina. A recuperação do ouro é cerca de 250-300g por tonelada de minério na mineração urbana e 1-5g por tonelada de minério na mineração tradicional (XAVIER *et al.*, 2019; ZHANG; ZHONG; GENG, 2019; KAZANÇOGLU *et al.*, 2020; ARYA *et al.*, 2021). Isso traz uma vantagem significativa ao utilizar a logística reversa ancorada nos 3Rs e na mineração urbana para alcançar a sustentabilidade como uma forma para direcionar as tecnologias emergentes como a I 4.0 e I 5.0. O objetivo principal da EC é ganhar controle na reciclagem e balancear o crescimento ambiental e econômico (RAJPUT; SINGH, 2019).

Os REEE são formados por metais, plásticos e polímeros, os metais são avaliados como: estratégicos, preciosos, bases e tóxicos. Utilizando os conceitos de EC, devem ser reutilizados e quanto não houver mais possibilidade de uso, serão reciclados por meio de técnicas de pirometalurgia e hidrometalurgia, porém estes processos causam poluição e, frequentemente, são inviáveis economicamente. Os processos biohidrometalurgia podem agregar a biolixiviação, biooxidação e bioabsorção. A biolixiviação tem sido aplicada na recuperação de metais preciosos, sendo o cobre um dos minérios mais presente nos REEE. A biooxidação é utilizada como pré-tratamento. A bioabsorção é associado a processo de ácidos lixiviados. Já a pirometalurgia é usada para recuperar e concentrar metais preciosos e minerais estratégicos (XAVIER *et al.*, 2019).

Há quatro décadas, os modelos de gerenciamento de resíduos vêm sendo discutidos. Recentemente, estudos avaliam a transição do modelo linear para uma proposta circular. A transição da EL para EC requer mudanças na cultura organizacional, modificando o processo de produção em geral, na mineração, no comportamento do consumidor e nas práticas de marketing para reduzir a obsolescência (XAVIER *et al.*, 2019).

O desenvolvimento de tecnologias de ponta, como a I 4.0 traz oportunidades para ciclos de produção fechados, onde maximiza o uso de recursos já utilizados, além de minimizar a extração de matéria-prima. Há estudos científicos convergentes entre a EC-I 4.0, analisando o potencial de implementação das ferramentas da I 4.0, a fim de aumentar a performance de cadeia de suprimentos reversa (DANTAS *et al.*, 2021). Tal questão é particularmente relevante no Brasil, visto que este é o segundo maior gerador de REEE da América, com 2,1 Quilotoneladas (kt), ficando atrás apenas dos Estados Unidos, com cerca de 7kt (FORTI *et al.*, 2020). Os resultados da mitigação da mineração urbana dos REEE podem ser traduzidos como soluções das questões ambientais e sociais (XAVIER *et al.*, 2019; ZHANG; ZHONG; GENG, 2019; KAZANÇOGLU *et al.*, 2020; ARYA *et al.*, 2021).

4. A QUESTÃO DOS REEE

A evolução das indústrias e o modelo de EL fomentam a produção de EEE. Por outro lado, a obsolescência dos produtos e equipamentos aumenta a geração de REEE,

reduzindo o ciclo de vida destes. A obsolescência do produto pode assumir várias formas: a obsolescência tecnológica ou funcional devido à inoperabilidade funcional dos produtos; a obsolescência econômica consiste nas propostas desfavoráveis de custo-benefício para estender a vida útil do produto e a obsolescência psicológica consiste na desvalorização dos produtos como moedas sociais e simbólicas. Esta última obsolescência pode ser estimulada pela obsolescência econômica ocorrendo a desestabilização de fatores e recursos, liderada pelos fabricantes que qualificam os produtos como atraentes ou pela obsolescência funcional, impulsionando os usuários finais para auto atualizar sua identidade através da compra de dispositivos atualizados ou por ambas obsolescências. Geralmente, os consumidores são manipulados para perceber os produtos de sua propriedade como obsoletos ou ficam presos a situações que não controlam nem ratificam (ECHEGARAY, 2016).

O consumo EEE está fortemente ligado ao desenvolvimento global. Esses equipamentos tornaram-se indispensáveis a sociedade moderna, melhorando os padrões de vida, entretanto a produção e uso podem demandar muitos recursos naturais. Os altos rendimentos da população, o aumento na mobilidade e na urbanização, e o alto desenvolvimento tecnológico e industrial são apontados como indutores para o aumento da produção dos EEE. A média anual do consumo global dos EEE aumenta cerca de 2,5Mt (FORTI *et al.*, 2020; RAUTELA *et al.*, 2021). Esses equipamentos dependem do funcionamento da corrente elétrica ou de campo eletromagnético (ABDI, 2013). O final de vida dos EEE ocorre quando estão desatualizados ou são descartados, sendo transformados em REEE ou lixo eletrônico, estes contém materiais valiosos e perigosos (RAUTELA *et al.*, 2021)

A maioria de REEE é descartada juntamente com outros tipos de resíduos, tais com plásticos e metais. Nos países com renda média e baixa, a infraestrutura de gerenciamento é desenvolvida parcialmente ou em alguns casos é totalmente ausente, sendo o gerenciamento de REEE um setor informal (FORTI *et al.*, 2020). Em 2014, a geração mundial de REEE era de 44,4Mt e a renda per capita de 6,4kg.hab⁻¹, já em 2019, o mundo gerou 53,6Mt e a média da renda per capita de 7,3kg.hab⁻¹, ou seja, a geração global aumentou de 9,2Mt e, em 16 anos, a previsão para 2030 será de 74,7Mt quase o dobro em relação a 2014 com renda per capita de 9,0kg.hab⁻¹ (Tabela 1).

Tabela 1 - Geração e renda per capita mundial de REEE entre 2014 e 2030

Ano	REEE gerados (Mt)	REEE gerados (por kg.hab.ano ⁻¹)
2014	44,4	6,4
2015	46,4	6,6
2016	48,8	6,8
2017	50,0	6,9
2018	51,8	7,1
2019	53,6	7,3
2020*	55,5	7,5
2021	57,4	7,6
2022	59,4	7,8
2023	61,3	8,0

2024	63,3	8,2
2025	65,3	8,4
2026	67,2	8,5
2027	69,2	8,6
2028	71,1	8,8
2029	72,9	8,9
2030	74,7	9,0

Fonte: Forti *et al.* (2020)

*Valores a partir de 2020 foi uma previsão do autor

Esse aumento deve-se a altas taxas de consumo, ao ciclo de vida curto e às pequenas opções de consertos dos EEE, sendo 82,6% equivalente a 43,3Mt de REEE gerados que são encaminhado para disposição incerta, provocando impactos ambientais negativos variados em diversas regiões. O continente asiático teve o maior aumento da geração de REEE (24,9Mt), seguido da América (13,1Mt), e da Europa (12Mt), ao passo que a África e a Oceania geraram apenas (2,9Mt) e (0,7Mt) respectivamente. Em relação à renda *per capita* a Europa lidera com 16,2kg.hab⁻¹, Oceania em segundo com 16,1kg.hab⁻¹, seguido da América com 13,3kg.hab⁻¹, enquanto que a Ásia e a África geraram apenas 5,6kg.hab⁻¹ e 2,5kg.hab⁻¹, respectivamente (Tabela 2). (FORTI *et al.*, 2020).

Tabela 2 - Produção, geração e coleta e reciclagem mundial de REEE

CONTINENTES	Produção de EEEE		Geração de REEE		Coleta e Reciclagem Formal	
	(Mt)	(kg.hab ⁻¹)	(Mt)	(kg.hab ⁻¹)	(%)	(Mt)
África	4,4	3,8	2,9	2,5	0,9	0,03
América	16,2	16,5	13,1	13,3	9,4	1,2
Ásia	42,1	9,5	24,9	5,6	11,7	2,9
Europa	13,6	18,4	12	16,2	42,5	5,1
Oceania	0,8	19,7	0,7	16,1	8,8	0,06
Totais	77,1	67,9	53,6	53,7	74,3	9,29

Fonte: Forti *et al.* (2020), Rautela *et al.* (2021)

Desde 2014, o aumento da coleta e reciclagem foi de 1,8Mt, o que equivale a um aumento anual de 0,4Mt, já a geração de REEE aumentou cerca de 9,2Mt, sendo o aumento anual de 2Mt. Assim, a atividade de coleta e reciclagem não acompanhou o aumento anual da geração de REEE. Em 2019, o percentual de 17,4% de REEE destinados a coleta e reciclagem equivale a 9,3 Mt da geração mundial. As estatísticas mostraram o continente com a maior taxa de coleta e reciclagem foi a Europa com 42,5%, Ásia em segundo com 11,7%, América e Oceania foram de 9,4% e 8,8% respectivamente, e a África com taxa menor que 0,9% (Tabela 2-2) (FORTI *et al.*, 2020; RAUTELA, 2021). Isso mostra que nos países asiáticos tiveram uma grande geração, devido a imensa população, mesmo assim grande parte da população não tem acesso a tais equipamentos e no caso da população da África, a população é grande, mas a geração não é grande devido a população não ter renda para adquirir tais equipamentos, devido as condições econômicas baixas, já o continente europeu tem uma população menor, mas uma renda maior, portanto a geração per capita é maior.

Dentre os países do mundo com maiores gerações de REEE (Tabela 3), destaca-se a China. Quanto aos países localizados no continente americano, o Brasil destaca-se pela segunda maior geração deste material. Este cenário aponta para maiores preocupações quanto à destinação adequada destes materiais.

Tabela 3 - Países com maior geração de REEE do mundo em 2019

Países	Quantidade (kt)
China	10.129
EUA	6.918
Índia	3.230
Japão	2.569
Brasil	2.143
Rússia	1.631
Indonésia	1.618
Alemanha	1.607
Reino Unido	1.598
França	1.362
México	1.220

Fonte: Forti *et al.* (2020)

Nos países desenvolvidos, a infraestrutura de reciclagem usualmente é de 8% dos REEE descartados em coleta normal que são dispostos em aterros sanitários ou incineradores. Outros REEE podem ser restaurados e reusados para serem enviados como produtos de segunda mão dos países com renda alta para países de renda média e baixa. Além disso, uma quantidade considerável de REEE é exportada ilegalmente ou disfarçada como metais sucateados. Pode-se considerar que o volume correspondente entre 7% e 20% de EEE ou REEE transferidos (FORTI *et al.*, 2020). A EC é um modelo que considera os resíduos como recursos, sendo uma forma em que diminui a extração de recursos, evitando a disposição ambientalmente adequada e melhorando a destinação ambientalmente adequada.

5. CONCLUSÃO

A evolução da indústria trouxe a produção de equipamentos eletroeletrônicos tanto para integrá-la na produção quanto para fabricação desses equipamentos para a necessidade da sociedade. Muitas vezes a aquisição da sociedade não é apenas por necessidade, mas porque o equipamento tem uma obsolescência curta, outra por modernização de equipamento em uma sociedade capitalista. Tudo isso aumentou a geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Diante disso, os recursos naturais vêm ficando escassos, uns já são estratégicos e outros críticos, a alta disposição inadequada gera custos altos com a coleta, o transporte, o armazenamento e a manutenção em aterros sanitários levando a impactos ambientais, sociais e econômicos.

A I 3.0, I 4.0 e I 5.0 trazem soluções para o gerenciamento de resíduos através de suas ferramentas de Tecnologia da Informação e Comunicação, apesar do potencial de

exclusão social que o processo de informatização gera. A gestão e o gerenciamento ambientalmente adequados utilizam a logística reversa, modificando a Economia Linear para a Economia Circular para retornar matéria secundária para fabricação de outros produtos aos invés da matéria-prima extraída da natureza, trazendo maior equilíbrio ao meio ambiente, a saúde da população direta e indiretamente e a economia quando diminui os gastos com a extração, auxiliando o manejo sustentável. Os recursos não renováveis são poupados e a matéria secundária são reutilizados e reciclados. Recomenda-se que tal tema seja aprofundado, especialmente com foco no gerenciamento dos resíduos de equipamento eletroeletrônicos, buscando internalizar os preceitos da Responsabilidade Socioambiental.

REFERÊNCIAS

ABDI. Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos - Análise de Viabilidade Técnica e Econômica**. Brasília-DF, 2013.

AMICARELLI, V.; RANA, R.; LOMBARDI, M.; BUX, C. Material flow analysis and sustainability of the Italian meat industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 229, 2021. DOI: <https://doi-org.ez360.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.jclepro.2021.126902>

ARYA, S.; PATEL, A.; KUMST, S.; PAU-LOKE, S. Urban mining of obsolete computers by manual dismantling and waste printed circuit boards by chemical leaching and toxicity assessment of its waste residues. **Environmental Pollution**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117033>

DANTAS, T. E. T.; SOUZA, E. D.; DESTRO, I.R.; HAMES, G.; RODRIGUEZ, C. M. T.; SOARES, S. R. How the combination of Circular Economy and Industry 4.0 can contribute towards achieving the Sustainable Development Goals. **Sustainable Production and Consumption**, v. 26, p 213–227, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.005>.

ECHEGARAY. F. Consumers' Reactions to Product Obsolescence in Emerging Markets: The Case of Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 134, p. 191-203, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.119>

FONSECA. E. S.; VERNI, D. E. S. Indústria 4.0: os impactos, desafios e perspectivas para o administrador. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, e2579108451, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8451>

FORTI, V.; BALDÉ, C. P.; KUEHR, R. BEL. G. The **Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential**. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam, 2020.

KAZANÇOGLU, Y.; ADA, E.; OZTURKOGLU, Y.; OZBILTEKIN. M. Analysis of the barriers to urban mining for resource melioration in emerging economies. **Resources Policy**, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101768>

NARA, E. O. B.; COSTA, M. B.; BAIERLE, I. C.; SCHAEFER, J. L.; BENITEZC, G. B.; SANTOS, L. M. A. L.; BENITEZ, L.B. Expected impact of industry 4.0 technologies on sustainable development: A study in the context of Brazil's plastic industry. **Sustainable Production and Consumption**, v. 25, p. 102-122, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.07.018> 2352-5509.

OZDEMIR, V.; HEKIM, N. Birth of Industry 5.0: Making Sense of Big Data with Artificial Intelligence, The Internet of Things'' and Next-Generation Technology Policy. **OMICS. A Journal of Integrative Biology**, v. 22, n. 1, 2018. DOI: 10.1089/omi.2017.0194.

PASCHEK, D.; MOCAN, A.; DRAGHICI, A. Industry 5.0 – The Expected Impact Of Next Industrial. *Anais... International Conference Technology Innovation and Industrial Management*. Piran, Solovenia, 15-17 maio, 2019. p. 125-132. PEREIRA, A. S. **A Ecologia Industrial**, SENAC, 2017.

PEREIRA, A.; SIMONETTO, E. O. Indústria 4.0: Conceitos E Perspectivas Para O Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, P. 1, jan./jul. 2018.

RAJPUT, S.; SINGH, S. P. Connecting circular economy and industry 4.0. **International Journal of Information Management**, v. 49, p. 98-113, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.03.002>

RAUTELA, R.; ARYA, S.; VISHWAKARMA, S.; LEE, J.; KIM, K.; KUMAR, S. E-waste management and its effects on the environment and human health. **Science of the Total Environment**, v. 773, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145623>

RUSSMANN, M.; LORENZ, M.; GERBERT, P.; WALDNER, M.; JUSTUS, J.; ENGEL, P.; HARNISCH, M. **Industry 4.0: the Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. Consulting Group, Boston, pp. 1–14, 2015.

SANTOS, J. P.; ANDRADE, A. A.; FACO, J. F. P.; SANTOS, E. B. Indústria 4.0 – Esforços para ajustar o homem a Revolução 4.0. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, e125942949, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i4.2949>.

SIGGA. Soluções integrativas para gestão de ativos. O salto da Indústria 4.0 para Indústria 5.0. **Sigga Technologies**. 11 nov. 2020. Disponível em: <https://sigga.com.br/blog/industria-4-0-para-industria-5-0/>. Acesso em: 17 dez. 2020.

SHARMA, I.; GARG, I.; KIRAN, D. Industry 5.0 And Smart Cities: A Futuristic Approach. **European Journal of Molecular & Clinical Medicine**, v. 7, p. 2750-2756, 2020. ISSN: 2515-8260.

SHARIFI, A. Urban Sustainability Assessment: An overview and bibliometric analysis. **Ecological Indicators**, v. 121, fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107102>.

SHARPE, L. M.; HARWELL, C. M.; JACKSON, A. C. Integrated stakeholder prioritization criteria for environmental management. **Journal of Environmental Management**, v. 282, 2021. DOI: <https://doi-org.ez360.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.jenvman.2020.111719>

SILVA, E.; LAKTIM, M. C.; ENGLER, R. C. Ecodesign tools as support for supplier quality engineering of automotive segment: a bibliographic study. **The Journal of Engineering and**

Exact Sciences - JCEC, v. 0, n.2, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18540/jcecv17iss2pp11933-01-10e>.

SIMÃO, A.; JUNIOR MEIRELLES, J. C.; MEIRELLES, C. D. A. A Sociedade 5.0 e as Transformações na Educação. **Congresso Internacional de Educação e Tecnologias**, UFSCar, 2020.

XAVIER, L. H.; GIESE, E. C.; RIBEIRO-DUTHIE, 9A. C.; LINS, F. A. F. Sustainability and the circular economy: A theoretical approach focused on e-waste urban mining. **Resources Polity**. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101467>.

YANG, Q.; LIU, G.; HAO, Y.; COSCIEME, L.; ZHANG, J.; JIANG, N.; CASAZZA, M.; GIANNETTI, F. Quantitative analysis of the dynamic changes of ecological security in the provinces of China through emergy-ecological footprint hybrid indicators. **Journal of Cleaner Production**, v. 184, p. 678-695, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.271>.

ZHANG, L.; ZHONG, Y.; GENG, Y. A bibliometric and visual study on urban mining **Journal of Cleaner Production**, v. 239, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118067>.

5.5 UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS LIMPAS PARA SEGURANÇA ENERGÉTICA EM MOMENTOS DE CRISE SANITÁRIA

ALENCAR, Mardiani da Silva
UFMA
mardiani.alencar@gmail.com

SILVA, Julie Brenda Santos da
UFMA
julie_brenda@hotmail.com

CRUZ, Glauber
UFMA
cruz.glauber@ufma.br

RESUMO

A pandemia da COVID-19 gerou consequências devastadoras para toda humanidade, levando a população mundial a se reinventar. A economia mundial tenta fortemente se recuperar das graves consequências causadas pela crise sanitária. O Brasil encontra-se em uma situação de constante desenvolvimento tecnológico quanto à geração energética, contudo este cenário mudou durante a pandemia do COVID-19. A biomassa com um grande potencial energético é muitas vezes descartada sem que uma análise detalhada das propriedades físico-químicas seja realizada para a possível utilização da mesma. Nesse contexto, este estudo realizou a análise da Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) para obtenção dos principais compostos presentes nas cascas de soja, com a finalidade de avaliar o potencial energético desta biomassa em sistemas de geração de energia limpa. As amostras foram divididas em dois grupos que diferiram em granulometrias ($\approx 328 \mu\text{m}$ e $\leq 300 \mu\text{m}$), as quais apresentaram um comportamento de bandas de energia semelhantes. Os resultados obtidos mostraram-se promissores do ponto de vista físico-químico e constatou-se que as duas amostras exibiram um considerável potencial de geração bioenergética devido à estrutura físico-química da composição.

PALAVRAS-CHAVE: Biomassa, bioenergia, COVID-19.

1. INTRODUÇÃO

A prosperidade socioeconômica das atividades humanas está extremamente atrelada à demanda energética. O rápido crescimento populacional, a industrialização e urbanização desenfreada trouxeram como consequência a crescente demanda por energia no decorrer das últimas décadas (MAHLIA et al., 2020).

Apesar da crescente demanda energética observada, os dados sobre o consumo de energia no ano de 2020 contrariam a tendência esperada de acordo com os anos anteriores (2015-2019). Tal fato ocorreu devido aos novos hábitos socioeconômicos adquiridos pela população mundial devido à pandemia do vírus SARS-CoV-2 declarada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (OMS, 2021). Uma das medidas de controle da disseminação do vírus SARS-CoV-2 foi a parada súbita e/ou a restrição de atividades econômicas não essenciais (comércio de produtos não essenciais, realização de jogos de qualquer modalidade esportiva, promoção de eventos culturais e entretenimento, entre outros). Dessa maneira surgiu uma significativa porcentagem da população submetida a uma redução dos hábitos rotineiros e permanência nas residências até que a pandemia do COVID-19 pudesse de alguma maneira ser controlada ou cessada em definitivo (STRIELKOWSKI et al., 2021). Tal medida impactou diversos setores da economia, por exemplo, comércio, gerenciamento de resíduos (OUHSINE et al., 2020), geração e consumo de energia elétrica (SANTIAGO et al., 2021), agronegócio (MOURA; SOUZA, 2020), entretenimento (SEETHARAMAN, 2020), esportes (RATTEN, 2020), meio ambiente (URBAN; NAKADA, 2021), entre outros.

Em 2020, por conta da realização de restrições mais severas, por exemplo, *lockdowns* (bloqueio total ou protocolo de confinamento) e da parada abrupta de diversas atividades econômicas, a capacidade gerada total de energia elétrica em todo mundo caiu 3,8% e, somente no Brasil, apresentou uma queda de aproximadamente 5% no primeiro semestre, quando comparada com o ano anterior (EPE, 2020; STRIELKOWSKI et al., 2021). Convém ressaltar que apenas as fontes renováveis de energia como a biomassa e radiação solar apresentaram crescimento na produção energética da ordem de 6,3 e 25,5%, respectivamente, quando comparadas ao ano anterior (EPE, 2020; STRIELKOWSKI et al., 2021).

Devido à tragédia causada por um vírus desconhecido e com elevado poder letal, diversos pesquisadores ao redor de mundo preveem grandes consequências geradas pelos novos hábitos adquiridos pela população mundial e a adoção de novas estratégias socioeconômicas (EL ZOWALATY; YOUNG; JÄRHULT, 2020). Esses cientistas apresentaram como uma possível solução para os problemas futuros, a importância de adotar-se um modo de vida mais sustentável e ecologicamente amigável como forma de gerar um estilo de vida que promova o bem-estar social, ao contrário das medidas tomadas nas últimas décadas que desencadearam a catástrofe atual (EL ZOWALATY; YOUNG; JÄRHULT, 2020).

Uma das medidas que estão sendo tomadas para reverter a situação ambiental atual do planeta consiste em uma maior diversificação da matriz energética, pois a fonte de energia

primária desde o século passado têm sido os combustíveis fósseis, que compõem cerca de 80% da eletricidade gerada no mundo (REN 21, 2020). Contudo reservas desses combustíveis estão em fase de esgotamento, tornando as fontes de energia renováveis são alternativas viáveis para a substituição mesmo que parcial dos mesmos (STRIELKOWSKI et al., 2021).

Há uma competição agressiva por essas reservas de petróleo que afetam diretamente o preço desses combustíveis, o que leva a uma insegurança energética já manifestada nos últimos anos e agravada com a pandemia de COVID-19 (STRIELKOWSKI et al., 2021). Ademais, os combustíveis fósseis são os maiores responsáveis pela emissão de gases do efeito estufa e poluição atmosférica, apresentando um elevado potencial para agravar a transmissão de COVID-19, bem como está diretamente associada com a incidência de doenças respiratórias, por exemplo, asma e gripe (influenza). Tais danos poderão ser erradicados por meio da substituição desses combustíveis fósseis por fontes de geração de energia limpa e renovável (BRUNEKREEF et al., 2021; STRIELKOWSKI et al., 2021).

Além da geração de energia limpa, outra atividade sustentável capaz de elevar a qualidade de vida humana é o gerenciamento de resíduos sólidos, pois o consumo excessivo da população por produtos não duráveis e/ou de obsolescência programada, o uso exacerbado de utensílios descartáveis, e uma cadeia de produção agrícola que gera desperdício são práticas que elevam consideravelmente a quantidade de resíduos gerados pela população humana; acarreta na geração de uma quantidade excessiva de agro resíduos que ocupam o solo tornando-o improdutivo; ameaçam vidas marinhas pelo despejo de plástico e papel em rios e oceanos e permitem a proliferação de agentes patogênicos devido à decomposição de material orgânico em locais inapropriados (DAS et al., 2019). Dessa maneira a excessiva produção de resíduos sólidos está intrinsecamente ligada à poluição do ar, solo e água (DAS et al., 2019; MALINAUSKAITE et al., 2017). Apesar da possibilidade de uma considerável redução na produção de resíduos sólidos, ainda existe a necessidade de novas tecnologias para erradicar os resíduos já existentes e os que ainda serão gerados.

Em 2011, a FAO (*Food and Agriculture Organization*) estimou que em torno de 33% da comida produzida no mundo era desperdiçada ou perdida ao longo da cadeia de suprimentos, o que resultou em 23% da retirada de água no mundo e 10% do consumo global de energia (GARCIA; YOU, 2017). Dessa maneira, a utilização de resíduos agroindustriais para a produção de bioenergia e/ou de biocombustíveis emerge como uma solução para o descarte inadequado uma considerável parcela dos resíduos sólidos ao mesmo tempo que uma alternativa para a substituição total ou parcial dos materiais fósseis (CRUZ et al., 2020b).

No Brasil, a segunda maior cultura é a soja, onde a safra de maio de 2021 resultou em uma produção de 132.909.904 toneladas de soja, colocando o país como o maior produtor do mundo ficando à frente dos Estados Unidos na produção (EMBRAPA, 2021; IBGE, 2021). O óleo de soja é o insumo responsável pela produção de cerca de 60% da produção

de biodiesel no Brasil, contudo, as cascas (resíduo sólido) não são utilizadas para a geração de energia renovável, e apenas 25% é destinada para a ração animal, gerando uma quantidade considerável de resíduo (EPE, 2021; SENAR-SC, 2021).

Convém incluir o Estado do Maranhão nesta circunstância pois, a maior cultura desta região é a de soja com 162.022 toneladas de soja produzidas em 2019, assim como a comunidade científica local tem concentrado esforços na caracterização de diversas biomassas sólidas genuinamente maranhenses (podas urbanas, mandioca, escamas de peixe, açaí, e outros) para geração de bioenergia por meio de conversão termoquímica (combustão e pirólise) assim como a utilização de biomassa para geração de energia no estado já é realizada por grandes corporações tais como AMBEV e Suzano Papel e Celulose, que utilizam as cascas de babaçu e covaco de eucalipto, respectivamente, para a geração de energia renovável (AMBEV, 2009; CRUZ et al., 2020a; INFOMONEY, 2013; OLIVEIRA et al., 2021; SAGRIMA, 2020; SILVA; TORQUATO; CRUZ, 2019; SILVA et al., 2021). Isto posto, a investigação de outras biomassas provenientes de resíduos do estado do Maranhão é um estudo favorável à ampliação do uso das mesmas em escala industrial.

Na perspectiva apresentada, uma alternativa promissora para o correto manuseio dos diferentes resíduos sólidos agrícolas seria convertê-los em energia limpa e sustentável por meio das diversas tecnologias existentes para a termo conversão dessas biomassas em biocombustíveis, calor e eletricidade (CRUZ et al., 2020). Dentro do panorama demonstrado, este estudo realiza uma avaliação do potencial energético e dos principais compostos estruturais presentes nos resíduos da colheita de soja do Estado do Maranhão como matéria-prima para a geração de energia limpa e renovável por meio de processos termoquímicos e gerenciamento de resíduos agrícolas durante o período da crise sanitária e socioeconômica.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Pandemia do COVID-19 e a situação energética brasileira

A pandemia do vírus SARS-CoV-2 declarada pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que causa uma grave doença respiratória popularizada como “Coronavírus”, de nomenclatura internacional COVID-19, a qual surgiu em Wuhan Hubei na China e se espalhou pelo mundo inteiro no final de fevereiro de 2020 e atualmente (julho de 2021) possui mais de 180 milhões de casos confirmados, que incluem mais de 3,9 milhões de óbitos em todo o mundo (OMS, 2021; SANTIAGO et al., 2021). As práticas de comunicação, interação e trabalho se alteraram durante a pandemia, (MARCUCCI; BORGES, 2021). Para Aquino et al. (2020), o isolamento social é uma medida de prevenção, visando separar pessoas infectadas das não infectadas e retardar a disseminação do novo vírus SARS-CoV-2, mas quando considerado o tempo de incubação do vírus (de 1 a 14 dias), a eficiência dessa medida se torna limitada. Para melhorar a eficiência dessa proposta de distanciamento social a realização da testagem

em massa da população seria impreterível e imprescindível, pois validaria o isolamento social.

Essa pandemia gerou um impacto econômico considerável em todo o mundo, principalmente nos grupos mais pobres e vulneráveis da sociedade. Somente no Brasil, os especialistas estimaram uma perda de 0,68% a 4,5% do PIB (FERREIRA; RITA, 2020). Levando em consideração o grande número de casos de pessoas infectadas e a forma como o vírus é transmitido, é necessário cuidado com os descartes dos resíduos sólidos gerados pela população (ARAÚJO et al., 2021). Considerando o cenário econômico e a situação de emergência na saúde pública, existe uma grande preocupação quanto à geração energética do país.

Segundo Silva (2015), a segurança energética pode ser definida, como toda e qualquer questão que esteja intimamente relacionada à necessidade de garantir os recursos energéticos essenciais ao desenvolvimento de um Estado e da população como um todo. Dentro do contexto de uma pandemia, a segurança energética é fundamental para o pleno funcionamento dos hospitais, que em uma crise sanitária desse porte são necessários diversos equipamentos ligados diuturnamente para o controle dos problemas respiratórios dos pacientes e da ventilação pulmonar para os casos mais complexos da doença (DE CASTRO; LOPES; BRONDIZIO, 2020).

Um acontecimento recente e marcante para o Brasil foi o ocorrido no Estado do Amapá em novembro de 2020. Em meio à pandemia, a população sofreu com um apagão que durou intensos 4 dias com total falta de energia elétrica, gerando prejuízos financeiros imensuráveis, danos no sistema de saúde pública local e impossibilitando o atendimento em hospitais. Tal fato deixou milhares de pacientes sem o pleno funcionamento de respiradores, e isso tudo foi devido a uma explosão dos transformadores de energia, os quais entraram em colapso unicamente pela falta de manutenção nesses sistemas por parte da empresa privada que administra o recebimento de energia elétrica no Estado (BARBOSA; SILVA, 2021). Esse problema demonstrou perfeitamente a deficiente e instável segurança energética brasileira.

2.2 Biomassa como fonte alternativa de energia limpa

A biomassa é proveniente de resíduos agrícolas ou até mesmo de resíduos sólidos (ALMEIDA, 2021) que podem ser reutilizados por causa do grande conteúdo de matéria orgânica e a partir disso, obter subprodutos que poderão agregar valor socioeconômico, por exemplo, os resíduos da colheita de soja contêm importantes nutrientes e não devem ser descartados inadequadamente (SILVA et al., 2017).

Por ser considerada uma fonte energética limpa e renovável, o interesse na utilização de biomassa vem se destacando no mercado de energia, tornando-se uma forma alternativa para a diversificação da matriz energética brasileira e mundial, e uma maneira de reduzir a dependência dos combustíveis fósseis, que geram problemas e passivos ambientais em grande escala (CARDOSO, 2012). Além disso, no aspecto ambiental uso dos

biocombustíveis é bastante atrativo. (PINHEIRO et al., 2015). É interessante ressaltar que utilizando a biomassa específica como matéria-prima e dependendo do processo termoquímico empregado, obtém-se diferentes biocombustíveis (sólidos, líquidos e gasosos). De acordo com o Decreto-Lei n.º 62/2006, também é considerado biocombustível: óleo vegetal puro produzido a partir de plantas oleaginosas em estado bruto ou refinado, mas quimicamente inalterado quando a utilização for compatível com os tipos de motores e respectivos requisitos ambientais relativos às emissões gasosas.

Considerando os fatores climáticos e territoriais, o Brasil exibe diversas vantagens quanto à produção de soja, tornando-se atualmente o segundo maior produtor mundial de grãos, atrás somente dos Estados Unidos (RABÊLO, 2019). E como consequência desse expressivo processo produtivo há uma geração de resíduos com potencial para ser empregado como biomassa em processos termoquímicos. Nesse sentido, uma biomassa promissora é a proveniente da produção da sojicultura (Figura 1), mais precisamente, os resíduos dessa colheita, que é uma atividade agroindustrial que mais uma vez se destaca de maneira expressiva na safra maranhense (SAGRIMA, 2014).

A soja já é bastante utilizada como fonte de energia em outros processos de produção biocombustível, contudo, este aproveitamento é considerado insuficiente, não desmaterializando totalmente estes resíduos, e como alternativa para o correto destino seria o uso deste passivo ambiental em outros processos de geração de energia, tais como, a combustão direta e pirólise (CARDOSO, 2012).

Figura 1. Vista de uma plantação de cultivo de soja no Sul maranhense



Fonte: MIRANTE (2019).

2.3 Gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil e a produção de energia limpa

Um tema que está em constante discussão no setor ambiental é a geração e gestão de resíduos sólidos, que têm aumentado exponencialmente devido ao crescimento da população urbana (SANTIAGO et al., 2015; FERREIRA et al., 2015a). O gerenciamento dos resíduos sólidos é definido como a destinação correta dos mesmos, pois a destinação incorreta destes gera degradação ambiental, e compromete a qualidade de vida (SCHALCH et al., 2002). A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é um dos principais marcos legais no que se refere à gestão de resíduos Sólidos no Brasil (VINENTE et al, 2018).

Porém, esse cenário em relação à gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil vem mudando gradativamente, com a aprovação da PNRS, instituída pela Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 (MANNARINO et al., 2016). A correta gestão dos resíduos sólidos é fundamental para garantir a sustentabilidade e preservação do meio ambiente. O gerenciamento desses resíduos está diretamente relacionado com a qualidade de vida dos indivíduos e apresenta uma grande importância socioambiental (PERSICH, 2011). Vale ressaltar que no Brasil, a problemática do descarte dos resíduos sólidos, é considerada uma questão relacionada ao saneamento básico, diretamente relacionada à saúde pública (FERREIRA et al., 2015b).

Uma das alternativas que surgiram para evitar o descarte incorreto desses resíduos e ainda usá-los para geração de energia, é a utilização destes em tecnologias limpas e inovadoras que, por sua vez, não somente tratam a poluição após a emissão das mesmas, mas evitam minimizar ou reduzi-las antecipadamente (SILVA et al., 2011). Nesse contexto, a biomassa, por exemplo, também constitui uma fonte de energia renovável de vital importância para a humanidade (SOARES et al., 2006).

2.4 Biomassa como alternativa para segurança energética

O Brasil é um dos países que mais produz energia a partir de fontes renováveis no mundo, sendo estas responsáveis por suprir boa parte da demanda energética do país (ROSA, 2017). O uso de biomassa aumenta a eficiência energética e o controle de gases do efeito estufa. Atualmente são conhecidas diversas biomassas como fontes renováveis: lenha, carvão vegetal, coco babaçu, óleos vegetais, resíduos vegetais, sisal, biogás, casca de arroz, cana-de-açúcar, etc. (SOARES et al., 2006). Entre as várias biomassas supracitadas, destacam-se os resíduos de coco babaçu (outro expoente da agroindústria maranhense), pois fornecem alimento, água, óleo de cozinha, folhas para telhados, fibras para cordas, tapetes e redes, a casca pode ser usada como utensílios e ornamentos, além de açúcar e álcool podem ser produzidos da seiva da inflorescência e inúmeros outros produtos (JERÔNIMO, 2012).

Outra biomassa de destaque no cenário energético brasileiro é o bagaço de cana-de-açúcar, que é amplamente utilizado nas usinas sucroalcooleiras para geração de energia e vapor em caldeiras, sendo uma das responsáveis por boa parte da geração de energia elétrica utilizada nesse segmento agroindustrial (ROSA, 2017).

Dentre as principais oleaginosas existentes no Brasil, a soja apresenta um elevado rendimento na produção de óleo da ordem de 0,2 a 0,4 t ha⁻¹, e é o objeto de estudo do presente artigo. A biomassa das plantas leguminosas apresenta uma alta concentração de nutrientes e essa qualidade nutricional contribui de forma efetiva com altas concentrações de massa proteica (40%) e oleosidade (20%) (MELO, 2013). A soja também possui todos os aminoácidos essenciais, em relação ao valor nutricional, cistina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano, tirosina e valina (PANIZZI, 2004). Considerando o Estado do Maranhão como um grande potencial na produção de sojicultura, a quantidade de resíduos gerados é considerável para esta leguminosa

oleaginosa e destaque para a economia do Estado, tornando-se um potencial biomassa na geração de energia limpa, cuja conversão térmica em subprodutos utiliza os diferentes processos termoquímicos.

3. METODOLOGIA

3.1 Origem e preparação das amostras

As amostras utilizadas nesta pesquisa são cascas de soja oriundas do Sul do Estado do Maranhão, mais precisamente da cidade de Balsas (MA), que se encontra localizada nas coordenadas geográficas (Latitude: 7° 31' 57" Sul e Longitude: 46° 02' 08" Oeste), com altitude de 247 m em relação ao nível do mar (RODRIGUES; TERRA, 2017), na região Sul do Estado, localizada a 815 km da capital maranhense, São Luís (MA).

O processo de preparação das amostras foi constituído de: (I) lavagem em água corrente para eliminar as sujeiras ou impurezas que tenham se misturado com os resíduos da soja; (II) secagem para remoção de umidade excedente em uma estufa (60 °C por 48 horas) e (III) moagem em um moinho de facas para reduzir a dimensão das amostras, e em seguida peneiradas para dois grupos: uma granulometria média de $\approx 328 \mu\text{m}$ (entre 300 e 355 μm) e a outra $\geq 355 \mu\text{m}$.

Figura 2. (a) Amostras dos resíduos da colheita de soja *in natura* (b) Granulometrias das amostras dos resíduos da colheita de soja com média $\approx 328 \mu\text{m}$ e (c) Amostras dos resíduos da colheita de soja com granulometria $\geq 300 \mu\text{m}$



Os dois grupos de amostras mencionados anteriormente foram denominadas de Soja_A com granulometria média ($\approx 328 \mu\text{m}$) e Soja_B (granulometria de $\geq 300 \mu\text{m}$), conforme mostrado na Figura 2b-c, respectivamente.

3.2 Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)

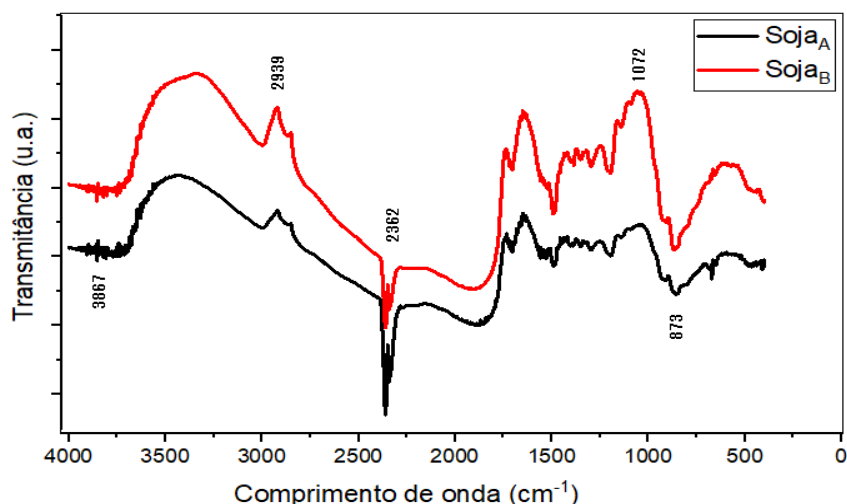
A Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) foi utilizada neste trabalho para a obtenção dos principais grupos funcionais das cascas de soja, de modo a indicar a presença de compostos orgânicos (celulose, hemicelulose e lignina) ricos em energia química que revelam o potencial energético da matéria-prima (SILVA et al., 2021).

Para melhor qualidade dos resultados obtidos nesta análise as amostras foram aglomeradas em pastilhas com o auxílio de KBr (brometo de potássio). O espectrofotômetro utilizado foi da marca *Shimadzu* e modelo *IR-Prestige-21*. Os espectros foram registrados para uma faixa de amplitude de 400 a 4000 cm^{-1} , com 40 *scans* e em modo de absorbância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os espectros de infravermelho para as duas amostras da colheita de soja estudadas (Soja_A e Soja_B) são apresentados na Figura 4, onde é possível notar o comportamento das diferentes bandas de absorção para essas amostras, as quais possuem a maioria dessas bandas com características vibracionais semelhantes.

Figura 4. Espectrômetros de Infravermelho para as duas amostras da colheita de soja (A e B).



Conforme observa-se nos picos para as duas amostras, foi possível notar os diferentes grupos funcionais na estrutura orgânica devido à interação das moléculas ou dos átomos com a radiação eletromagnética em um processo de vibração molecular (DORACI, 2017). Quando a deformação ocorre em uma direção do eixo molécula da análise, pode-se concluir que a distância interatômica aumentará ou diminuirá de maneira alternada e o modo de vibração é denominado estiramento ou deformação axial (DORACI, 2017).

A região de absorção 873 cm^{-1} , possui as bandas fortes que indicam a presença da vibração angular fora do plano de C-H de aromáticos. (DORACI, 2017). Dessa forma, pode-se observar que para as amostras de soja o comportamento no pico observado em 2362 cm^{-1} , é típico da deformação axial de O-H, (HOSPODAROVA, 2018). Devido a

existência de alongamento C-H absorções nas bandas de 2939 cm^{-1} tem sua característica forte, devido ao fato de que os principais componentes da biomassa (celulose, hemicelulose e lignina) têm grupos hidroxila e ligações C-H em suas estruturas. (ZHUANG, 2020). O alongamento das vibrações de álcoois e fenóis produz uma banda forte na região 1072 cm^{-1} , onde ocorrem as vibrações de estiramento axial da ligação C–O (DORACI, 2017). A região de absorção com pico em 3867 cm^{-1} está relacionada com a absorção de energia dos movimentos vibratórios das ligações O-H (HOSPODAROVA, 2018). E isso ocorre na presença de carboidratos e proteínas, compostos ricos em energia são propícios para gerar energia térmica energético.

Os compostos estruturais identificados nas duas biomassas de granulometrias diferentes, indicam a presença de celulose e de hemicelulose lignina que são os principais carbonatos necessários para a geração de energia química em sistemas térmicos.

5. CONCLUSÕES

As amostras para as duas granulometrias de resíduos da colheita de soja apresentaram um comportamento vibracional semelhante para a análise de infravermelho e foram compatíveis com as análises encontradas na literatura mencionada, por meio das quais foi possível identificar os principais grupos funcionais. É interessante destacar que a biomassa estudada já é um objeto de pesquisas para a obtenção de diferentes biocombustíveis, por exemplo, bio-óleo, biodiesel, bioquerosene, entre outros combustíveis necessários para a geração de energia térmica e renovável. Considerando o atual cenário socioeconômico local, os resíduos da colheita de soja tornam-se uma alternativa viável para a geração energética limpa, em vista que o Estado do Maranhão apresenta uma expressiva quantidade de resíduos durante a colheita dessa oleaginosa. A destinação adequada desses rejeitos para uma finalidade que agregue de maior benefício econômico em meio a uma crise econômica, social e sanitária, torna-se interessante para propor uma alternativa mais simples e correta para esses resíduos da produção de soja, além de beneficiar o meio ambiente e alavancar a economia, gerando insumos e renda para as populações mais vulneráveis.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA (00957/19 e 002261/20) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (426162/2018-8) pelo suporte financeiro; e também à Universidade Federal do Maranhão pelo suporte técnico e profissional.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.J.G.A.; GUEDES, F.L.; SANTOS, J.I.Jr.; TAVARES, C.M.; **Aplicação de carvão ativado proveniente de resíduos de madeira para remoção de corante têxtil através de processo de adsorção.** In: ALMEIDA, I.M.S.; GUEDES, F.L.; EL-DEIR, S.G.; MENEZES, N.S.; (Orgs) **Resíduos sólidos: Gestão e Tecnologia.** 1ª edição. Gampe/UFRPE Recife, 2021.

AMBEV. Relatório de Sustentabilidade 2009 - AMBEV. São Luís -MA. Disponível em: http://www.mzweb.com.br/ambev2012/web/arquivos/relatorio_sustentabilidade_ambev_2009.pdf.

AMORIM, F.B.Jr.; CORREIA, R.C.; DUTRA, E.D.; **Estimativa da produção de biogás na região Nordeste; Análise energética da biodigestão de dejetos animais.** In: AGUIAR, A.C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S.G.; (Orgs) **Resíduos sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas.** 1ª edição. Gampe/UFRPE Recife, 2019.

AQUINO, E.M.L.; SILVEIRA, I.H. et al. **Medidas de distanciamento social no controle da pandemia de COVID-19: potenciais impactos e desafios no Brasil.** Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal da Bahia (UFBA). Salvador, 2020.

ARAÚJO, V. G. M.; ARAGÃO, W.R.Jr; BARBOSA, G.S.; EL-DEIR,S.G; **Utilização de tecnologia das informações e comunicação (TIC) na educação para sustentabilidade em tempos da pandemia.** In EL-DEIR,S.G. (Org); **Resíduos Sólidos e COVID-19.** 1a edição EDUFRPE e Gampe/UFRPE. Recife, 2021.

BARBOSA, E.P.S; SILVA, D.J.S; **O apagão no estado do Amapá em novembro de 2020: entrevista com o professor Paulo Cambraia.** Macapá/Amapá. 19 de fevereiro de 2021.

BRASIL. Decreto-Lei n.º 62/2006. **Diário Diário da República** , 02 mar. 2006.

BRUNEKREEF, Bert; DOWNWARD, George; FORASTIERE, Francesco; GEHRING, Ulrike; HEEDERIK, Dick J. J.; HOEK, Gerard; KOOPMANS, Marion P. G.; SMITH, Lidwien A. M.; VERMEULEN, Roel C. H. **Air Pollution and COVID-19.** [s.l: s.n.]. v. 2 Disponível: <http://www.europarl.europa.eu/supporting-analyses%0ADISCLAIMER>.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE, **Sobre a doença.** Governo Federal, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br>. Acesso: 02/05/2021.

CARDOSO, B. M.; **Uso da biomassa como alternativa energética.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.

CORTEZ, L. A. B.; LARA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. Biomassa **para energia.** Editora UNICAMP, Campinas-SP, 2008.

CRUZ, Glauber; SILVA, Arthur V. S.; DA SILVA, Julie B. S.; NAZARÉ CALDEIRAS, Regina; SOUZA, Maria E. P. Biofuels from oilseed fruits using different thermochemical processes: opportunities and challenges. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 14, n. 3, p. 696–719, 2020. DOI: 10.1002/bbb.2089.

CRUZ, Glauber; RODRIGUES, Alyson da Luz Pereira; DA SILVA, Darlan Ferreira; GOMES, Wolia Costa. Physical–chemical characterization and thermal behavior of cassava harvest waste for application in thermochemical processes. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, [S. l.], n. January, 2020. a. DOI: 10.1007/s10973-020-09330-6. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10973-020-09330-6>.

DAS, Subhasish; LEE, S. H.; KUMAR, Pawan; KIM, Ki Hyun; LEE, Sang Soo; BHATTACHARYA, Satya Sundar. Solid waste management: Scope and the challenge of sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 228, p. 658–678, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.04.323.

DHENIN, M. P. P. **A Segurança Energética do Brasil: Ameaças, Perspectivas e Desafios para 2022**.

DE CASTRO, Fabio; LOPES, Gabriela Russo; BRONDIZIO, Eduardo Sonnewend. The Brazilian Amazon in times of COVID-19: From crisis to transformation? **Ambiente e Sociedade**, v. 23, p. 1–13, 2020. DOI: 10.1590/1809-4422ASOC20200123VU2020L3ID.

DORACI, G.R.; **Espectroscopia na região infravermelho** . Cap. 8 . São Paulo, 2017.

Disponível: <https://www.doraci.com.br/downloads/engenharia/espectroscopia-infravermelho.pdf>

EL ZOWALATY, Mohamed E.; YOUNG, Sean G.; JÄRHULT, Josef D. Environmental impact of the COVID-19 pandemic—a lesson for the future. **Infection Ecology and Epidemiology**, v. 10, n. 1, 2020. DOI: 10.1080/20008686.2020.1768023.

EPE, Brazil. COVID-19 OUTLOOK BRAZIL **Impacts on energy markets in Brazil**. [S. l.], n. June, 2020.

EMBRAPA. **Soja em números safra 2020/2021**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 2 jul. 2021.

EPE, Brazil. **Relatório Síntese Balanço Energético Nacional Relatório Síntese**. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/>.

FERRARESI, M.T.; FERREIRA, E. P. B.; SILVA, W. T. L.; NETO, L. M. **Aplicação da espectroscopia no infravermelho próximo e médio na avaliação da biomassa microbiana do solo**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Santo Antônio de Goiás, 2012.

FERREIRA, Jr. R. R; ROSA, L. P. S. **Impactos da Covid-19 na Economia: limites, desafios e políticas**. Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, 2020.

FERREIRA, J.V.C.; SILVA, A.S.F.; FIGUEIREDO, R.A.; MENEZES, R.S.C.; **Caracterização e quantificação da biomassa residual de parques e jardins no Campus Recife da UFPE** In EL-DEIR, S.G.; GUIMARÃES, E.S. (Orgs) **Resíduos sólidos: Tecnologias limpas e boas práticas** .1ª. edição Gampe/UFRPE Recife, 2015a.

FERREIRA, E.P.; MOURA, A.S.; PNTALEÃO, F.S.; MORAIS, M.M.; **Caracterização dos resíduos sólidos urbanos gerados nas estações de metrô na região metropolitana do Recife-Linha Sul**

In EL-DEIR,S.G.; GUIMARÃES, E.S. (Orgs) **Resíduos sólidos: Tecnologias limpas e boas práticas** .1ª. edição Gampe/UFRPE Recife, 2015b.

GARCIA, Daniel; YOU, Fengqi. Systems engineering opportunities for agricultural and organic waste management in the food–water–energy nexus. **Current Opinion in Chemical Engineering**, v. 18, p. 23–31, 2017. DOI: 10.1016/j.coche.2017.08.004.

HOSPODAROVA, V.; SINGOVSKA, E.; STEVULOVA, N.; **Characterization of Cellulosic Fibers by FTIR Spectroscopy for Their Further Implementation to Building Materials.** American Journal of Analytical Chemistry > Vol.9 No.6, June 2018
DOI: 10.4236/ajac.2018.96023

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - maio 2021.** 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: 2 jul. 2021.

INFOMONEY. **Suzano faz 1a queima de biomassa em caldeira de fábrica no Maranhão.** 2013. Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/negocios/suzano-faz-1a-queima-de-biomassa-em-caldeira-de-fabrica-no-maranhao/>. Acesso em: 5 jul. 2021.

JERÔNIMO, C. E.M.; **Tecnologias limpas aplicadas a gestão dos resíduos do coco.** Revista Qualidade Emergente, v. 3, n. 1: 20-29, 2012.

LENZEN, Manfred et al. Global socio-economic losses and environmental gains from the coronavirus pandemic. **PLoS ONE**, v. 15, n. 7 July, p. 1–13, 2020. DOI: 10.1371/journal.pone.0235654.

MAHLIA, T. M. I.; SYAZMI, Z. A. H. S.; MOFIJUR, M.; ABAS, A. E. P.; BILAD, M. R.; ONG, Hwai Chyuan; SILITONGA, A. S. Patent landscape review on biodiesel production: Technology updates. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 118, n. October 2019, p. 109526, 2020. DOI: 10.1016/j.rser.2019.109526.

MALINAUSKAITE, J. et al. Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe. **Energy**, v. 141, p. 2013–2044, 2017.

DOI: 10.1016/j.energy.2017.11.128.

MANNARINO, C. F.; FERREIRA, J. A.; GANDOLLA, M.; **Contribuições para a evolução do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil com base na experiência Européia.** | v.21 n.2 Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 2016 DOI: 10.1590/S1413-41522016146475.

MARCUCCI, J.C.; BORGES, A.C.G. **Sustentabilidade e resíduos sólidos urbanos no cenário d pandemia da COVID-19** In EL-DEIR, S.G. (Org); Resíduos Sólidos e COVID-19. 1a edição EDUFRPE e Gampe/UFRPE. Recife, 2021.

MATOS, R. A. S.; **Balanco Energético Nacional, manual metodológico.** BEN 1ª ed. 2021.

MELO, J. P. R.; **Técnicas de cultivo para produção da biomassa e grãos de soja.** Garanhuns. 2013.

MENDES, F. H.; LINO, C. M. **Os Impactos da Covid-19 no tripé social, econômico e ambiental.** Vol.:07, |Nº.: 19|Ano:2021|ISSN:2446-5763 Universidade de São Paulo. 2021.

MIRANTE, **Agricultores aceleram o plantio da safra de soja no sul do Maranhão.** São Luís, 2019

MOURA, Jadson Belém De; SOUZA, Rodrigo Fernandes De. **IMPACTS OF SARS-COV-2 ON BRAZILIAN AGRIBUSINESS** Jadson Belem de Moura 1 Rodrigo Fernandes de Souza 2. **Cambridge Open Engage**, 2020. DOI: 10.33774/coe-2020-kp2rd-v2.

OLIVEIRA, Luciano dos Santos; SILVA, Arthur Vinicius Sousa; CONCONI, Charles Correa; GOMES, Edelvio de Barros; BIZZO, Waldir Antônio; CRUZ, Glauber. THERMAL DEGRADATION OF AÇAÍ SEEDS AND POTENTIAL APPLICATION IN THERMOCHEMICAL PROCESSES. **Revista Produção e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 7, n. 531, p. 1–18, 2021. DOI: doi.org/10.32358/rpd.2021.v7.531.

OMS, Organização Mundial da Saúde. **HO Coronavirus (COVID-19) Dashboard**. 2021. Disponível: <https://covid19.who.int/>. Acesso: 11 abr. 2021.

OUHSINE, O.; OUIGMANE, A.; LAYATI, El; ABA, B.; ISAIFAN, R. J.; BERKANI, M. Impact of COVID-19 on the qualitative and quantitative aspect of household solid waste. **Global Journal of Environmental Science and Management**, v. 6, p. 41–52, 2020. DOI: 10.22034/GJESM.2019.06.SI.05.

PANIZZI, M. C. C.; MANDARINO, J. M. G. **Soja: Potencial de Uso na Dieta Brasileira**. EMBRAPA-CNPSo. Documento, 113 ISSN 01015494, Londrina, 2004.

PERSICH, J. C. **Gerenciamento de resíduos sólidos - a importância da educação ambiental no processo de implantação da coleta seletiva de lixo - o caso de Ijuí/RS**. Monografia de especialização. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2011.

PINHIEIRO, R.L.S.; GRANGEIRO, R.V.T.; SCHULER, A.R.P.; MENEZES, R.S.C.; **Diagnóstico da geração de óleo de fritura do Campus Recife da UFPE para produzir biodiesel**. In EL-DEIR, S.G.; GUIMARÃES, E.S. (Orgs) **Resíduos sólidos: Tecnologias limpas e boas práticas**. 1ª. edição Gampe/UFRPE Recife, 2015.

RABÊLO, W. P. S.; **Investigação dos Aspectos sócio-ambientais e econômicos dentro da cadeia produtiva do cultivo da soja no estado do Maranhão: do plantio ao descarte dos resíduos**. Dissertação (Pós-Graduação em Meio Ambiente). Universidade Ceuma. São Luís, 2019.

RATTEN, Vanessa. Coronavirus disease (COVID-19) and sport entrepreneurship. **International Journal of Entrepreneurial Behaviour and Research**, v. 26, n. 6, p. 1379–1388, 2020. DOI: 10.1108/IJEBr-06-2020-0387.

REN21. **RENEWABLES 2020 GLOBAL STATUS REPORT**. 2020. Disponível: https://www.ren21.net/gsr-2020/chapters/chapter_01/chapter_01/. Acesso: 15 mar. 2021.

REVISTA ABRIL, **Quais são os sintomas do coronavírus?**. São Paulo, 1 jun 2020. Disponível: <https://saude.abril.com.br/medicina/quais-sao-os-sintomas-do-coronavirus/>.

RODRIGUES, V. V.; TERRA, A.; **Conflitos socioespaciais entre os agricultores tradicionais e sojicultores no município de Balsas no Maranhão**. SINGA. Curitiba, 2017.

ROSA, A. A.; **Conversão termoquímica de biomassas residuais em gás combustível**.

Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília, 2017.

SÁ, M.A.; NOVAES, A.S.R.; **Qual o destino dos resíduos sólidos nas escolas estaduais de Florestas-PE?** In EL-DEIR,S.G.; GUIMARÃES, E.S. (Orgs) **Resíduos sólidos:Tecnologias limpas e boas práticas** .1ª. edição Gampe/UFRPE Recife, 2015.

SAGRIMA, Secretaria do Estado da Agricultura, Pecuária e Pesca. Maranhão é destaque na produção de soja. São Luís, 2014 Disponível: <<https://sagrima.ma.gov.br/maranhao-e-destaque-na-producao-de-soja/>>.

SILVA, A. C. Jr; ANDRADE, J. C. S. FARIAS, L. G. Q.; TELÉSFORO, A. . O.; SOUZA, A. L. R.; RAMOS, E. J. Políticas **Públicas, tecnologias limpas e sustentabilidade: MDL em parques eólicos no Brasil**. Universidade Federal da Bahia. v. 16, n. 2, p. 103-120, Belo Horizonte, 2011.

SILVA, T. S.; MATSUDA, C. K.; COELHO, T. M.; BELINE, E. L. **Desenvolvimento de materiais produzidos com os resíduos de madeira, soja, milho e aveia**. XI EEPA. Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial. UNESPAR, Campo Mourão, 2017.

SILVA SEGUNDO, V.B.; FREITAS, G. P.; COELHO, L.M.Jr.; CARVALHO, M.; **Pegada de carbono da geração de eletricidade com bagaço de cana-de-açúcar na usina sucroalcooleira**. In: AGUIAR, A.C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S.G.; (Orgs) **Resíduos sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª edição. Gampe/UFRPE Recife, 2019.

SILVA, M. S.; NAVES, M.M.V.; OLIVEIRA, R.B.; LEITE, O.S.M.; **Composição química e valor proteico do resíduo de soja em relação ao grão de soja**. Ciência Tecnologia Aliment. Campinas, 2006.

SANTIAGO, I.; MORENO-MUNOZ, A.; QUINTERO-JIMÉNEZ, P.; GARCIA-TORRES, F.; GONZALEZ-REDONDO, M. J. **Electricity demand during pandemic times: The case of the COVID-19 in Spain**. *Energy Policy*, v. 148, n. May 2020, 2021. DOI: 10.1016/j.enpol.2020.111964.

SANTIAGO, N.O.; LIMA, V.E.; OLIVEIRA, D.F.; SOUSA, A.A.P.; Levantamento dos resíduos industriais gerados em um condomínio de indústrias no estado da Paraíba In EL-DEIR,S.G.; GUIMARÃES, E.S. (Orgs) **Resíduos sólidos:Tecnologias limpas e boas práticas** .1ª. edição Gampe/UFRPE Recife, 2015.

SCHALCH, V.; LEITE, W. C. A.; FERNANDES, Jr J. L.; CASTRO, M. C. A. A.; **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2002.

SEETHARAMAN, Priya. Business models shifts: Impact of Covid-19. **International Journal of Information Management**, v. 54, n. June, p. 1–4, 2020. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2020.102173.

SILVA, H. I. P; **As dimensões militares, ambientais e econômicas da segurança energética: análise a partir dos desafios e oportunidades do Brasil no contexto internacional**. Unicamp. Campinas, 2015.

SILVA, D. L.; FONSECA, J.M.M; SILVA, D.G.C; MONTEIRO, R.C.B.; **Considerações sobre o concreto produzido com resíduo do bagaço da cana-de açúcar** In BEZERRA, R.P.L.;

- AGUIAR, W.J.; EL-DEIR, S.G. (Orgs); **Resíduos Sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. 2ª edição Gampe/UFRPE Recife, 2ª. Edição, 2017.
- SILVERSTEIN, R.M.; WEBSTER F.X.; **Spectrometric Identification of Organic Compounds**. 6ªed. John Wiley & Sons Inc. State University of New York, 1996.
- SOARES, T. S.; CARNEIRO, A. C. O.; GONZALVES, E. O.; LELLES, J. G.; **Uso da biomassa florestal na geração de energia**. Ano IV, N. 8, Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- STRIELKOWSKI, Wadim; FIRSOVA, Irina; LUKASHENKO, Inna; RAUDELIŪNIENĖ, Jurgita; TVARONAVIČIENĖ, Manuela. **Effective Management of Energy Consumption during the COVID-19 Pandemic: The Role of ICT Solutions**. *Energies*, v. 14, n. 4, p. 893, 2021. DOI: 10.3390/en14040893.
- SAGRIMA. **Dados da Agricultura Maranhense**. São Luís -MA. Disponível em: <https://sigite.sagrима.ma.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/PERFIL-DA-AGROPECUÁRIA-2020.pdf>.
- SENAR-SC. **Utilização da casca de soja na formulação de ração para bovinos**. 2021. Disponível em: <http://www2.senar.com.br/Noticias/Detalhe/13500>. Acesso em: 1 jul. 2021.
- SILVA, Arthur Vinicius Sousa; TORQUATO, Lilian D. Moura; CRUZ, Glauber. Potential application of fish scales as feedstock in thermochemical processes for the clean energy generation. *Waste Management*, [S. l.], v. 100, n. September, p. 91–100, 2019. DOI: 10.1016/j.wasman.2019.09.007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.09.007>.
- SILVA, Julie Brenda Santos Da; TORQUATO, Lilian D. Moura; CRNKOVIC, Paula Manoel; CRUZ, Glauber. Investigation of the Urban Pruning Wastes As Biofuels and Possible Utilization in Thermal Systems / Investigação Dos Resíduos Da Poda Urbana Como Biocombustíveis E Possível Utilização Em Sistemas Térmicos. *Brazilian Journal of Development*, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 24730–24750, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n3-265
- TOCCHETTO, M. R.L.; Gerenciamento de resíduos sólidos industriais, Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Química. Santa Maria, 2005.
- TOLMASQUIM, M.T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. **Matriz energética brasileira**. 2007.
- URBAN, Rodrigo Custodio; NAKADA, Liane Yuri Kondo. COVID-19 pandemic: Solid waste and environmental impacts in Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 755, p. 142471, 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.142471.
- VINETE, T.B.; BARBOSA, N.C.; CASTILHOS, A.B.Jr.; FERREIRA, A.E.M.; **Desafios e oportunidades para a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos nos municípios do baixo Amazonas** In MELLO, D.P.; EL-DEIR, S.G.; SILVA,R.C.P.; SANTOS, J.P.O. (Orgs); **Resíduos Sólidos: gestão pública e privada**. 2ª edição Gampe/UFRPE Recife, 1ª. Edição, 2018.

ZHUANG, J.; LI, M.; PU, Y.; RAGAUSKAS, A. J.; YOO, C. G.; **Observation of Potential Contaminants in Processed Biomass Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy.** Applied Sciences. Received: 2 June 2020; Accepted: 22 June 2020; Published: 24, USA, June 2020.

5.6 TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÉPTICOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS POR CORONAVÍRUS (SARS-COV-2) ATRAVÉS DE ESTERILIZAÇÃO POR MICROONDAS

ARAÚJO, José Antônio Ribeiro de Araújo
GRS/UFPE
joseantonioengenergia@gmail.com

GUEDES, Flávio Leôncio
Gampe/UFRPE, GRS/UFPE
f_1_guedes@hotmail.com

COSTA, Amanda Rodrigues Santos
GRS/UFPE
amandarsc@gmail.com

JUCÁ, José Fernando Thomé
GRS/UFPE
jftjucah@gmail.com

RESUMO

A pandemia do novo coronavírus (Sars-Cov-2) tem provocado inúmeros desafios para as sociedades, dentre eles, a gestão dos resíduos sólidos, especialmente os resíduos gerados nas atividades de saúde. O objetivo do estudo é analisar o potencial do método de desinfecção por micro-ondas no tratamento de resíduos de saúde. Para tanto foi realizado estudo de caso do método de tratamento de esterilização de resíduos por micro-ondas e análise comparativa com outros métodos de desinfecção. A desinfecção por micro-ondas é um método eficaz de tratamento, eliminando diversos agentes infecciosos, evitando a contaminação cruzada e promove rápido processo de esterilização. Também tem a vantagem de não eliminar resíduos tóxicos para a atmosfera, ao contrário da incineração. Apesar da diversidade de formas de tratamento dos resíduos sépticos, essas devem ser analisadas de forma objetiva, considerando os custos, a tecnologia, os impactos negativos e o momento atual de emergência sanitária.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos hospitalares, COVID-19, Resíduos de serviço de saúde.

1. INTRODUÇÃO

A segregação, coleta, tratamento e disposição final dos Resíduos de Serviço de Saúde (RSS), também denominado lixo hospitalar – têm sido alvo de grande preocupação da sociedade devido às suas características de periculosidade. São materiais como seringas, agulhas, bisturis, curativos e bolsas de sangue contaminadas, tecidos e partes anatômicas de corpos humanos, bem como remédios e drogas vencidos, dentre outros, todos integrantes de uma grande lista de resíduos gerados nos estabelecimentos de saúde e similares e que devem ser descartados de maneira adequada (BRASIL, 2005).

A pandemia do COVID-19 provocou desafios sem precedentes em todo o mundo e em todos os aspectos: sociais, econômicos e ambientais. Diante da crise sanitária e o aumento da demanda dos serviços de atendimento à saúde, surge a preocupação com a crescente geração dos resíduos hospitalares e de materiais potencialmente contaminados pelo novo coronavírus (Sars-Cov-2). Seguido pelas recomendações de proteção à saúde, teve o crescimento do uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) como máscaras, luvas e outros materiais mais comuns em hospitais, como kits de testes, seringas, utensílios de uso único (HAQUE et al., 2021).

A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) verificou que na primeira quinzena de abril de 2020 houve uma redução média na geração de resíduos de saúde de 17%. A tendência mundial é de crescimento, por isso, a entidade considerou esse dado um alerta, pois pode indicar uma deficiência no país na segregação desses materiais e destinação a locais inadequados (ABRELPE, 2020). O gerenciamento inadequado desses resíduos representa graves riscos à saúde pública e ao meio ambiente e na pandemia do COVID-19, mais uma forma de propagação do vírus.

Nesse sentido, considerando a importância da gestão sustentável dos resíduos potencialmente infecciosos, inclusive as formas de tratamento e eliminação, o presente estudo tem o objetivo de analisar o potencial do método de desinfecção por micro-ondas no tratamento de resíduos de saúde.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1.A Pandemia da COVID-19

A pandemia do novo coronavírus (Sars-Cov-2) provocou profundas alterações em diversos aspectos da sociedade e, nesse sentido, surgiram perspectivas desafiadoras para os municípios brasileiros, não somente na gestão da saúde pública, como também na gestão dos resíduos sólidos, as formas de tratamento e disposição final adequada (MARCUCCI; BORGES, 2021). No Brasil, o primeiro caso confirmado de COVID-19 se deu em 25 de fevereiro de 2020 e o estado de calamidade pública foi decretado em 20 de março de 2020. A partir de então, estados e municípios adotaram como medidas de combate à disseminação do vírus o distanciamento e isolamento social, além do uso obrigatório de máscaras.

As recomendações iniciais da ABRELPE sobre a gestão de resíduos durante a pandemia de coronavírus trataram do caráter essencial dos serviços de coleta, transporte e tratamento dos resíduos sólidos urbanos e de saúde, que devem ocorrer inclusive como medida preventiva à transmissão do vírus (ABRELPE, 2020). A publicação da ABRELPE alertou também sobre o potencial crescimento considerável na geração de resíduos hospitalares durante a pandemia. Assim como Yang et al. (2021) afirmam que durante a pandemia deverá ocorrer um grande crescimento de RSS devido ao elevado uso de insumos nas atividades essenciais de saúde, como também de EPIs em todas as atividades humanas.

O desafio dos resíduos já é uma realidade brasileira, devido à ausência de ações voltadas para a gestão (ARAÚJO et al., 2021). Durante a pandemia, soma-se o risco decorrente da persistência do vírus em diversas superfícies: em metal por 5 dias, em plástico por até 5 dias, em papel por 4 a 5 dias, em vidro por 4 dias e em alumínio por até 8 h (KAMPF et al., 2020; FREITAS et al., 2021). O descarte inadequado de resíduos torna-se ainda mais preocupante nesse cenário e, no Brasil, foram relatados pela imprensa o descarte incorreto de máscara faciais em diversas cidades (URBAN; NAKADA, 2021). Dessa forma, a pandemia do coronavírus provocou diversos problemas sanitários, sociais e econômicos, e também agravou questões ambientais, tal como as rotas tecnológicas da gestão de resíduos, especialmente em países de renda média (MENDONÇA; OLIVEIRA; LIMA, 2021; URBAN; NAKADA, 2021).

2.2. Resíduos de Serviço de Saúde

Os resíduos sólidos constituem materiais, substâncias, objetos ou bens descartados resultantes das atividades humanas em sociedade. Muitas das atividades desenvolvidas em sociedade sofreram alterações sem precedentes devido à Pandemia do novo coronavírus. O uso de EPIs foi bastante difundido como medida de combate à transmissão do vírus, não só para aqueles que estão na linha de frente, nos serviços de saúde, como também para toda a população. Dessa forma, o surto de COVID-19 provocou também impactos na gestão dos resíduos de saúde e domésticos, com elevado potencial de contágio (ALVES et al., 2021).

Os Resíduos de Serviço de Saúde (RSS) são aqueles gerados no atendimento à saúde humana ou animal, inclusive na assistência domiciliar e estabelecimentos de ensino e pesquisa na área de saúde (BRASIL, 2005). Menezes *et al.* (2021) afirmam que os RSS são resíduos gerados em todas as atividades de atenção à saúde, independente destas estarem sendo realizadas nos centros hospitalares. Os autores afirmam também que o gerenciamento desses resíduos é uma problemática muitas vezes negligenciada, o que pode trazer forte insegurança sanitária para a população, uma vez que apresentam elevado potencial de risco à saúde pública.

O aumento da geração dos RSS suscita, dessa forma, a discussão das boas práticas no gerenciamento desses materiais. A má gestão desses resíduos, devido aos problemas

operacionais e os custos elevados, provoca impactos negativos no meio ambiente e na saúde humana, especialmente no contexto da pandemia da COVID-19, em que o contágio pode se dar através do contato com materiais contaminados (REIS NETO et al., 2021). No Brasil, apesar de existir um amparo legal, através das Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) N° 358, de 29 de abril de 2005 (BRASIL, 2005) e Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) N° 222, de 28 de março de 2018 (BRASIL, 2018), ainda há muito o que avançar no gerenciamento eficiente dos RSS, principalmente na conscientização e ferramentas de gestão.

Resíduos perigosos, por suas características, necessitam de um processo diferenciado de manejo. Alguns grupos dos RSS são classificados como de alto potencial de periculosidade por possuir característica de patogenicidade ou toxicidade, por exemplo, e essas peculiaridades tornam-se preocupantes quanto aos impactos negativos que podem causar (OLIVEIRA; PEREIRA; SOUSA, 2021; SANTOS JÚNIOR et al., 2021). Os resíduos de serviços de saúde do Grupo A são aqueles com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características, podem apresentar risco de infecção e devem passar por tratamento antes da disposição final (BRASIL, 2005).

As diretrizes estabelecidas por essas resoluções buscam reduzir a produção de resíduos e orientar a um destino final seguro e ambientalmente adequado para os que são gerados. O eficiente gerenciamento envolve desde a geração até a disposição final, de modo que se atenda a todos os requisitos ambientais e de saúde pública e ocupacional, inclusive o tratamento, que deve seguir as leis pertinentes e bases científicas e técnicas (AZEVEDO et al., 2021).

2.3. Tratamento de resíduos por micro-ondas

Existem vários tipos de tratamentos de RSS, sendo o mais utilizado a incineração (PENG et al., 2020; SOUZA; CANGIOLIERI JUNIOR, 2021). A incineração utiliza altas temperaturas (900 a 1200°C) para destruição dos patógenos, mas tem como desvantagem a emissão de gases prejudiciais, como as dioxinas. Tratamentos químicos e a autoclavagem constituem, devido a não liberação de resíduos tóxicos, métodos mais sustentáveis no tratamento dos RSS (BEHERA, 2021). O tratamento por micro-ondas, por sua vez, foi recomendado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) como um método de tratamento adequado para resíduos infecciosos (VAVERKOVÁ et al., 2020). Segundo Zimmermann (2017), a tecnologia do micro-ondas tem grande potencial no tratamento de resíduos biológicos, incluindo material de instalações de saúde, podendo ser especialmente útil na solução de problemas de resíduos em países em desenvolvimento.

Os processos de esterilização promovem a completa destruição das formas de vida microbiana e têm a vantagem de alcançar alto grau de eficiência, é seguro e não produz produtos tóxicos (CANTARINI; ROCHA, 2018). A utilização da tecnologia de micro-ondas para inativação de resíduos infectantes consiste na esterilização térmica gerada

através da interação molecular direta entre o material e ondas eletromagnéticas. O tratamento por micro-ondas é um tipo de tratamento térmico, no entanto, se diferencia do aquecimento convencional, uma vez que o aquecimento por micro-ondas envolve uma conversão de energia (energia eletromagnética para energia térmica), enquanto o tratamento convencional realiza transferência de calor (PINHO, 2019). Previamente, os resíduos são triturados, misturados com água e aquecidos internamente, para neutralizar a matéria biológica existente (LIU; RANI; MISHRA, 2021)

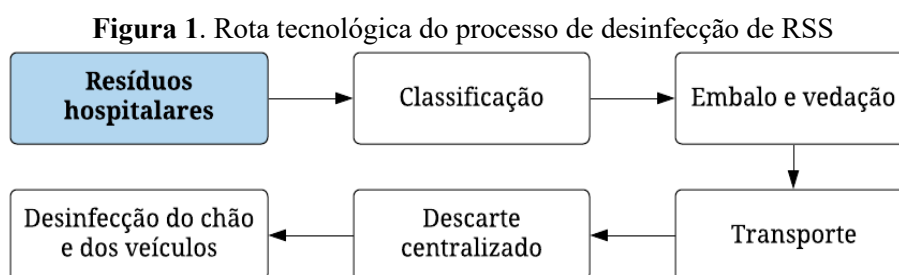
A técnica de tratamento por micro-ondas tem como vantagens o uso de energia e temperatura relativamente mais baixas; perda de calor limitada e menos carga ambiental, sem resíduos tóxicos, após o processo de desinfecção. Os dispositivos especialmente projetados sob processo estritamente controlado podem inativar de forma satisfatória o novo coronavírus. Também no contexto da pandemia, o tratamento por micro-ondas tem a vantagem de promover a desinfecção no local, o que evita os riscos pelo transporte dos resíduos, o que também economiza tempo (ILYAS; SRIVASTAVA; KIM, 2020; YANG et al., 2021).

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi estruturada de forma descritiva e comparativa. Do ponto de vista de Gil (2007), uma pesquisa é descritiva quando visa à identificação de fatores que descrevem um fenômeno e a pesquisa bibliográfica utiliza-se como base em instrumentos já executados. Estudos do tipo descritivo analisam como objeto um fenômeno ou situação específica (RICHARDSON, 2012).

O foco do trabalho foi um estudo de caso sobre a técnica de esterilização por micro-ondas de Resíduos Sépticos ou Resíduos de Serviços de Saúde ou Resíduos Hospitalares, que são classificados quanto à sua natureza, riscos ao meio ambiente e à saúde pública, para que tenham gerenciamento adequado, conforme preconiza a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2016).

Após a análise da tecnologia estudada foi realizado um estudo comparativo entre outras tecnologias de desinfecção de Resíduos Sépticos, no qual são geralmente classificados antes da desinfecção (WAHNG et al., 2020). Assim, foram analisados os principais tipos de tecnologias de desinfecção, incluindo incineração, desinfecção química e desinfecção física, indicando as tecnologias de desinfecção adequadas usadas em diferentes situações, sendo considerados fatores como vantagens e desvantagens (Figura 1).



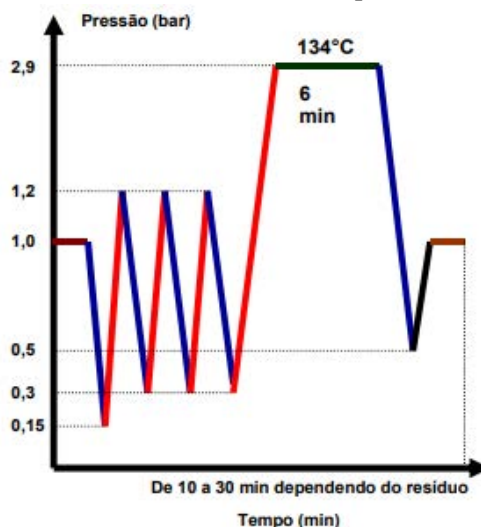
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Esterilização por Micro-ondas

O processo de carregamento se inicia com aproximação do RSS dentro da câmara de esterilização. A partir deste momento o equipamento passa a ter autonomia executando as seguintes etapas da programação:

- Eliminação do ar atmosférico (vácuo a 760 mm Hg). Acionamento do esterilizador de expurgo e do ar contido no interior do equipamento;
- Elevação da pressão até 2,8 BAR por vapor 6 - Eliminação do vapor e vácuo até 760 mm Hg;
- Acionamento conjunto do esterilizador de expurgo e do ar contido no interior do equipamento;
- Integração dos dados de pressão e temperatura para acionamento dos Magnetrons.
- O equipamento elimina o ar atmosférico e saturação do resíduo com umidade, através de múltiplos estágios de vácuo e vaporização (Figura 2).

Figura 2. Gráfico de esterilização por micro-ondas



Fonte: Quadex (2021)

Seguindo a sequência, há um aquecimento com vapor saturado, homogeneização, estabilização da temperatura, e inativação final dos resíduos com potencial contaminação através de micro-ondas. Em seguida, o processo de filtragem do vapor e secagem do resíduo, através de vácuo e retorno à pressão atmosférica. Todo esse processo pode durar de 10 a 30 minutos dependendo do resíduo e, não ocorrendo estabilização da temperatura, os passos anteriores são repetidos.

Segundo Gerba et al. (2014), tecnologias de desinfecção de RSS como esterilização por micro-ondas são eficazes para evitar a contaminação cruzada, a qual é considerada um

dos principais fatores ligados aos surtos de doenças oriundas por microrganismos patogênicos em sua estrutura, permitindo a sua multiplicação e disseminação.

A capacidade de esterilização inclui níveis de resistência I, II, III e IV, ou seja, significa que todo fungo, vírus, bactéria e esporo, em qualquer estado (seco ou molhado), tendo uma contagem inicial de germes de 10^6 kbe/mL, serão exterminados. Com a estabilização da temperatura o equipamento segue as seguintes etapas:

- O sistema eleva a pressão até 3,0 Bar;
- Acionamento automático dos magnetrons;
- Controle de emissão da Rádio Frequência, através da análise de pressão e temperatura;
- Desligamento dos magnetrons e acionamento da bomba de vácuo até 760 mm Hg, o *software* gerenciador mantém a bomba de vácuo acionada até não haver mais oscilações de pressão no interior da câmara.
- O retorno à pressão ambiente através da abertura de válvula controlada pelo sistema.

O equipamento (Figuras 3a e 3b) garante através do vácuo que o resíduo seja igualmente umedecido, sendo o vapor distribuído uniformemente devido aos difusores dispostos no interior da câmara de esterilização. Assim, os micro-ondas iniciam o aquecimento do RSS pelo seu interior, penetrando os diversos materiais, desinfetando microrganismos encontrados mesmo nas cavidades mais estreitas.

Figura 3. Equipamento de esterilização de RSS



(a)

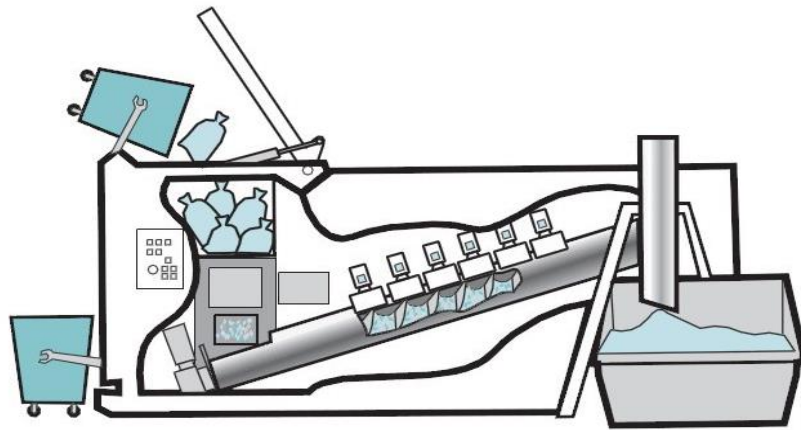


(b)

Fonte:Quadex (2021)

No geral, todo tipo de resíduo pode ser esterilizado sem a necessidade de pré-tratamento do RSS, incluindo todo tipo de material sintético (mangueiras, diálises, frascos, pequenos tubos, seringas), bandagens, metais (agulhas), vidro, papel, papelão, etc. (Figura 4).

Figura 4. Esquema de equipamento de tratamento de RSS por micro-ondas.



Fonte: Portal de Resíduos Sólidos (2021)

O equipamento processa em conjunto com vapor e micro-ondas, sendo mais rápido que as autoclaves convencionais. A rapidez no tratamento dos RSS tem grande peso, pois um paciente hospitalizado gera, em média, 1,4 kg de resíduos.dia⁻¹, sendo que as atuais medidas de controle da pandemia da COVID-19 podem aumentar de 10 a 20 vezes a quantidade de resíduos RSS gerados diariamente (PENG et al., 2020).

A pandemia do coronavírus gerou encargos financeiros para os sistemas de saúde, o que vem provocando consequências devastadoras. Assim, soluções de baixo custo na gestão hospitalar podem amenizar esse impacto, além de contribuir com a redução da produção de RSS (BAKER et al., 2020).

Segundo Zand e Heir (2020), a existência de correlação direta entre o número de casos de pacientes hospitalizados devido à COVID-19 e a quantidade de RSS. Além disso, os autores ressaltaram a grande necessidade de elaborar e implantar regulamentos rígidos sobre a gestão de resíduos potencialmente contaminados, como EPIs descartados e RSS.

4.2 Análise comparativa

Segundo Wang et al. (2020), é possível comparar diferentes tecnologias de tratamento de RSS de acordo com vantagens e desvantagens, a fim de ajudar no processo de tomada de decisão (Tabela 1).

Tabela 1. Comparação de tecnologias para desinfecção de RSS

TECNOLOGIA DE DESINFECÇÃO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Incinerador de vaporização de pirólise	Destruição completa de componentes tóxicos e perigosos.	Altos custos de investimento e demanda estrita por valor calorífico de resíduos.
Incinerador de forno rotativo	Alta eficiência de incineração com ampla gama de aplicações e boa adaptabilidade.	Alto teor de poeira no escapamento, alta demanda de ar, altos custos de investimento e manutenção e baixo investimento de recuperação.
Incineração de plasma	Alta eficiência energética sem produtos intermediários.	Alta exigência de pessoal técnico e altos custos.

Desinfecção química	Ação rápida, desempenho estável e amplo espectro de esterilização.	Desinfetantes residuais após a desinfecção.
Desinfecção por micro-ondas	Economia de energia, temperatura de ação baixa, perda de calor lenta, ação rápida, danos à luz e baixa poluição ambiental sem resíduos ou resíduos tóxicos.	Espectro de desinfecção estreito relativo e fatores de impacto complexos da desinfecção.
Desinfecção a vapor de alta temperatura	Baixo investimento e custos de operação, gerenciamento de operação simples e baixa poluição secundária.	Fraco controle de odores.

Fonte: Adaptado de Wang et al. (2020)

Dentre as características de tratamento de RSS por micro-ondas, alguns fatores contribuem para que o material receba uniformemente a radiação, tendo como principais vantagens no processo a ausência de emissão de efluentes de qualquer natureza e processo contínuo. Já as desvantagens são representadas pelo custo operacional relativamente alto, porém utilizando um triturador auxiliar opcional, o volume do lixo poderá ser reduzido em 90%.

Segundo o fabricante, em relação aos impactos ambientais o equipamento, por ser um sistema fechado, não existe perigo de emissão de gases poluentes ou água contaminada, bem como utiliza apenas uma pequena quantidade de energia e água (QUADEX, 2021).

5. CONCLUSÕES

A pandemia da COVID-19 afetou a geração de RSS nas esferas envolvidas nos sistemas de gestão de resíduos hospitalares. Considerando não só o aumento da produção de RSS, como também o impacto no meio ambiente, visto que o manejo inadequado dos resíduos contaminados pode levar ao aumento do número de casos.

Dentre as tecnologias disponíveis, o tratamento de RSS através de micro-ondas apresentou vantagens como economia de energia, temperatura de ação baixa, perda de calor lenta, ação rápida, danos à luz e baixa poluição ambiental sem resíduos ou resíduos tóxicos. Já as principais desvantagens estão relacionadas com espectro de desinfecção estreito relativo e fatores de impacto complexos da desinfecção.

Diversas tecnologias de desinfecção estão disponíveis para o tratamento de RSS, portanto há necessidade de se avaliar a melhor tecnologia de forma objetiva, sobretudo em relação ao custo, impactos negativos e características técnicas.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12808**: Resíduos de serviços de saúde — Classificação, elaborada pela Comissão de Estudo Especial de Resíduos de Serviços de Saúde. Rio de Janeiro, 2016.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Recomendações para a gestão de resíduos sólidos durante a pandemia de Coronavírus (Covid-19)**. ABRELPE, São Paulo/SP. 2020. <Disponível em: <https://abrelpe.org.br/recomendacoes-para-a-gestao-de-residuos-solidos-durante-a-pandemia-de-coronavirus-covid-19/>>. Acesso em: 25 abr. 2021.

ALVES, N. B. P.; SÁ, A. C. N.; SILVA, T. A. S. S.; EL-DEIR, S. G. Influência da pandemia por COVID-19 na geração de resíduos de serviços de saúde: uma revisão. In: EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos e COVID-19**. Edição especial. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 242-252.

ARAÚJO, J. A. R.; GUEDES, F. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. I.; SANTOS, M. F. Análise da utilização de sistemas automatizados de separação de resíduos sólidos urbanos em

AZEVEDO, A. M.; SILVA, M. G. E.; AZEVEDO, A. M.; MORAIS, J. C. Percepção ambiental sobre a compreensão e práticas da população relativas ao descarte de materiais utilizados na prevenção ao COVID-19. In: EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos e COVID-19**. Edição especial. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 276-286.

BAKER, N.; DULFANO, R.B.; CHAN, J.; GUPTA, A.; HERMAN, L.; JAIN, N.; TAYLOR, A. L.; LU, J.; PANNU, J.; PATEL, L.; PRUNICKI, M. **COVID-19 Solutions Are Climate Solutions: Lessons From Reusable Gowns**. *Frontiers in Public Health*, v. 8, 2020. doi: 10.3389/fpubh.2020.590275.

BEHERA, B. C. Desafios no manuseio de resíduos contaminados com COVID-19 e seu mecanismo de gestão sustentável. **Nanotecnologia Ambiental, Monitoramento e Gestão**, p. 100432, 2021.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RDC nº 222 de 29 de março de 2018**. Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde e dá outras providências. 2018.

BRASIL. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA no 358, de 29 de abril de 2005**. Publicada no DOU no 84, de 4 de maio de 2005, Seção 1, páginas 63-65.

CANTARINI, K. B.; ROCHA, S. S. Resíduos de serviços de saúde e periculosidade: uma análise de suas formas de tratamento e do procedimento de coleta-disposição/final de uma empresa em Fortaleza/CE. **Anais...Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. São Bernardo do Campo/SP, 2018.

Disponível em: <<https://portalresiduossolidos.com/tratamento-de-residuos-de-servicos-de-saude/>>. Acesso em: 29 de Abr 2021

FREITAS, B. D. L. C.; TAVARES, C. M.; OLIVEIRA, S. A.; MENDONÇA, A. T.; Potencial contágio dos transeuntes por COVID -19 nos shopping centers da RMR, Pernambuco. In: EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos e COVID-19**. Edição especial. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 74-83.

GERBA, C. P.; TAMIMI, A.H.; MAXWELL, S.; SIFUENTES, L.Y.; HOFFMAN, D.R.; KOENING, D.W. **Bacterial occurrence in kitchen hand towels**. *Food Protection Trends*, v. 34, n.5, p. 312-317. 2014.

- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- HAQUE, M. S.; UDDIN, S.; SAYEM, S. M.; MOHIB, K. M. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) induced waste scenario: A short overview. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, p. 104660, 2020.
- ILYAS, S.; SRIVASTAVA, R. R.; KIM, H. Disinfection technology and strategies for COVID-19 hospital and bio-medical waste management. **Science of the Total Environment**, v. 749, p. 141652, 2020.
- KAMPF, G.; TODF, D.; PFAENDER, S.; STEINMANN, E. Persistence of Coronaviruses on Inanimate Surfaces and Their Inactivation with Biocidal Agents. **Journal of Hospital Infection**, 2020, vol.104, p. 246-251.
- LIU, P.; RANI, P.; MISHRA, A. R. A novel Pythagorean fuzzy combined compromise solution framework for the assessment of medical waste treatment technology. **Journal of Cleaner Production**, v. 292, p. 126047, 2021.
- MARCUCCI, J. C.; BORGES, A. C. G. Sustentabilidade e resíduos sólidos urbanos no cenário da pandemia da COVID-19. In: EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos e COVID-19**. Edição especial. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 11-25.
- MENDONÇA, E. A. S.; OLIVEIRA, F. C. S. F.; LIMA, I. L. P. Relação entre COVID-19 e resíduos sólidos em localidades de menor IDH de Recife-PE. In: EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos e COVID-19**. Edição especial. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 53-54.
- MENEZES, N. S.; FREITAS, B. D. L. C.; SILVA, L. C.; SOARES, G. B. Avaliação das políticas públicas brasileiras quanto a resíduos de serviço de saúde gerados em residências. In: EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos e COVID-19**. Edição especial. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 253-263.
- OLIVEIRA, F. M.; PEREIRA, C. D. S.; SOUSA, T. M. I. Análise do processo de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde em instituição de ensino superior (IES). In: EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos e COVID-19**. Edição especial. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 264-275.
- PENG, J.; WU, X.; WANG, R.; LI, C.; ZHANG, Q.; WEI, D. **Medical waste management practice during the 2019-2020 novel coronavirus pandemic: Experience in a general hospital**. American journal of infection control, v. 48, n. 8, p. 918-921, 2020. doi: 10.1016/j.ajic.2020.05.035.
- Pernambuco. In: ALMEIDA, I. N. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 387-400
- PINHO, Y. K. R. **Tecnologia micro-ondas no tratamento dos resíduos de serviço de saúde: Estudo de caso no município de Macaé-RJ**. 2019. 48 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência, Tecnologia Fluminense. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Campo de Goytacazes, 2019.
- PORTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. **Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde**. 2021.

QUADEX TECHNOLOGY. **Equipamento de esterilização de Resíduo Séptico Hospitalar**. Manual Técnico QDX 2000. São Paulo.2021. Disponível em: <<https://quadex.com.br/>>. Acesso em: 29 de Abr 2021

REIS NETO, A. F.; PEREIRA, B. C.; MORGADO, D.; SILVA, R. N. Resíduos sólidos de saúde no IFPI/campus corrente; perspectivas para integração da A3P com a “Indústria 4.0”. In: ALMEIDA, I. N. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 592-605.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3ed. São Paulo: Atlas, 2012.

SANTOS JÚNIOR, J. I.; GUEDES, F. L.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. I. Panorama da coleta, da disposição final e das tecnologias de resíduos de serviço de saúde no nordeste brasileiro. In: ALMEIDA, I. N. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 579-591.

SOUZA, M. R. C.; CANCEGLIERI JUNIOR, O. Práticas sustentáveis em gestão de resíduos de serviços de saúde: uma revisão. **MIX Sustentável**, v. 7, n. 2, p. 41-56, 2021.

URBAN, R. C.; NAKADA, L. Y. K. COVID-19 pandemic: Solid waste and environmental impacts in Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 755, p. 142471, 2021.

VAVERKOVÁ, M. D. et al. Municipal solid waste management under COVID-19: challenges and recommendations. **Environmental Geotechnics**, v. 40, n. XXXX, p. 1-16, 2020.

WANG, J.; SHEN, J.; YE, D.; YAN, X.; ZHANG, Y.; YANG, W.; LI, X.; WANG, J.; ZHANG, L.; PAN, L. **Disinfection technology of hospital wastes and wastewater: Suggestions for disinfection strategy during coronavirus Disease 2019 (COVID-19) pandemic in China**. **Environmental Pollution**. v. 262, 114665. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114665>.

YANG, L.; YU, X.; WU, X.; WANG, J.; YAN, X.; JIANG, S.; CHEN, Z. Emergency response to the explosive growth of health care wastes during COVID-19 pandemic in Wuhan, China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 164, p. 105074, 2021.

ZAND, A. D.; HEIR, A. V. **Emanating challenges in urban and healthcare waste management in Isfahan, Iran after the outbreak of COVID19**. **Environmental Technology**, p. 1-26, 2020.

ZIMMERMANN, K. Microwave as an emerging technology for the treatment of biohazardous waste: A mini-review. **Waste Management & Research**, v. 35, n. 5, p. 471-479, 2017.

5.7 TECNOLOGIAS DE DESINFECÇÃO DE RESÍDUOS HOSPITALARES DURANTE A PANDEMIA DA COVID-19 NO BRASIL

GUEDES, Flávio Leôncio
Gampe/UFRPE, GRS/UFPE
f_1_guedes@hotmail.com

ALMEIDA, Irene Maria Silva de
Gampe/UFRPE, Gpesa/ UFRPE, ELO Ambiental
irenealmeida@live.com

MENDONÇA, Amanda Tavares
Gampe/UFRPE
amandatavaresme@gmail.com

ARAGÃO JÚNIOR, Wilson Ramos
Gampe/UFRPE, GEGEP/UFPE
wilsonramosaragao@hotmail.com

RESUMO

A situação brasileira frente à Covid-19 é preocupante, dada a crise sanitária que se instalou no país. Embora não haja relatos científicos de pessoas contaminadas através de superfícies inanimadas, é necessário lidar com essa fonte de disseminação, visto que o vírus persiste em superfícies com características distintas e por períodos variados, podendo permanecer por horas ou até dias. O manuseio seguro e a desinfecção dos resíduos para a disposição final ambientalmente adequada são elementos essenciais para uma resposta efetiva a emergências como uma pandemia. Assim, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre a temática relacionada ao gerenciamento de RSS no Brasil, e analisadas as tecnologias de desinfecção foram considerados fatores como quantidade de resíduos, custos, manutenção e tipos de resíduos. O objetivo dessa pesquisa foi discorrer a respeito das tecnologias de desinfecção de resíduos hospitalares e destacar a importância destes frente ao cenário pandêmico no Brasil, com o objetivo de se obter um conjunto ordenado de procedimentos de busca por soluções, atento ao objeto de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de Serviço de Saúde, Coronavírus, RSS.

1. INTRODUÇÃO

Em dezembro de 2019, na Cidade de Wuhan, província de Hubei, na China, foi identificado o novo coronavírus *SARS-CoV-2*, agente etiológico da Covid-19, responsável por causar a Síndrome Respiratória Aguda Grave (ALMEIDA, 2020; ABREU; GOMES; TAVARES, 2021). Embora o epicentro da pandemia tenha ocorrido neste local, o risco de contágio não se limita à região e, em 11 de março de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) classificou a Covid-19 como uma pandemia após acometer 118.000 indivíduos e se espalhar em mais de 114 países (SHEREEN *et al.*, 2020). Para Iqbal *et al.* (2020), devido à disseminação contínua, o coronavírus é considerado o vírus mais impactante e letal ao qual o ser humano já foi exposto.

Devido ao vírus persistir em diferentes superfícies por até 9 dias, a sua inativação em superfícies inanimadas através de processos de desinfecção é essencial para diminuição do contágio (KAMPF *et al.*, 2020), visto que o *SARS-CoV-2* possui alta capacidade de transmissão e representa um alto risco de disseminação na comunitária. Para Medeiros, Gouveia e Guedes (2021), e Freitas *et al.* (2021), esse contexto se configura como um desafio adicional para o estabelecimento de rotas tecnológicas que levem em consideração a segurança sanitária e ambiental de todo o processo de destinação dos RSS. Logo, é notório que o manuseio seguro e a desinfecção dos resíduos para a disposição final ambientalmente adequada são elementos essenciais para uma resposta efetiva a emergências como a pandemia da Covid-19 (MARCUCCI; BORGES, 2021).

Diante disso, objetivou-se discorrer a respeito das tecnologias de desinfecção de resíduos hospitalares e destacar a importância destes frente ao cenário pandêmico no Brasil, com o objetivo de se obter um conjunto ordenado de procedimentos de busca por soluções, atento ao objeto de estudo. A temática é justificada pela importância do direcionamento à sustentabilidade mediante um contexto complexo que engloba as esferas ambiental, social e econômica.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Panorama da Covid-19

O coronavírus 2, causador da Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS-CoV-2), foi relatado pela primeira vez em Wuhan, província de Hubei, na China e declarado como o patógeno da doença do coronavírus 2019 (Covid-19) em janeiro de 2020. Posteriormente, atingiu diversas regiões da China e de outros 37 países, dos quais fazem parte Estados Unidos, Japão, Austrália e França (WU *et al.*, 2020). A SARS-CoV-2 é um tipo de coronavírus, esses, por sua vez, são vírus de RNA que estão presentes em humanos, mamíferos e aves e podem causar doenças respiratórias, entéricas, hepáticas e neurológicas.

Dentre as espécies de coronavírus, seis são conhecidas por causar doenças em humanos. Os vírus 229E, OC43, NL63 e HKU1 são mais frequentes, causando resfriados comuns em pessoas imunocompetentes, ou seja, indivíduos que produzem normalmente sua

resposta imune. As cepas da síndrome respiratória aguda grave (SARS-CoV) e síndrome respiratória do Oriente Médio (MERS-CoV) são zoonóticas, responsáveis por surtos de síndrome respiratória aguda grave em 2002 e 2003 na província de Guangdong na China e em 2012 no Oriente Médio, respectivamente. A qualquer momento podem surgir novas cepas, por causa da alta taxa de casos nas regiões, da presença do coronavírus em diversas áreas, da grande variabilidade genética e aumento do contato dos humanos com os animais hospedeiros do vírus (ZHU *et al.*, 2020).

A situação brasileira, frente à Covid-19, é preocupante dada a crise sanitária que se instalou no país. O cenário continua piorando com o aumento contínuo de infectados, caracterizando as circunstâncias atuais como caóticas, sendo registrados, até 28 de abril de 2021, 14.521.289 casos e 398.185 mortes (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020). Essa crescente levou muitos hospitais a ultrapassarem 100% de sua capacidade, gerando filas de espera e mortes por falta de leito disponível para internação. Além disso, há escassez de respiradores mecânicos, cilindros de oxigênio e sobrecarga física e mental dos profissionais da saúde (MARSON, 2020).

No dia 3 de fevereiro de 2021 completou um ano da declaração da Emergência de Saúde Pública de Importância Nacional (ESPIN), gerada diretamente por causa da Covid-19 e o país vive a pior fase, pois as decisões de enfrentamento ao vírus ficaram dependentes de questões políticas e econômicas dos governos das esferas federal, estadual e municipal. Além disso, o processo lento de vacinação, a demora para elaborar o plano de vacinação nacional, a extensão territorial do país, a lentidão nos acordos comerciais para compra das vacinas, o posicionamento de médicos em defesa de fármacos sem comprovação científica de eficiência para tratamento precoce da doença são fatores adicionais que contribuíram para o cenário de colapso em que se encontra o sistema de saúde (BOSCHIERO; PALAMIM; MARSON, 2021; SILVA, 2021).

A Covid-19 desencadeia sintomas que já foram identificados em influenza e vírus sincicial respiratório, a saber tosse, febre, infecção pulmonar grave e insuficiência respiratória que pode ocasionar morte (CHEN *et al.*, 2020). De acordo com Yang *et al.*, (2020) febre 91,3%; tosse 67,7%, fadiga 51,0% e dispneia 30,4% são os sintomas mais frequentes, mas também foram identificados diarreia, mudanças no paladar e olfato nos acometidos por Covid-19 (VETTER *et al.*, 2020). A presença de dispneia e comorbidades (hipertensão e diabetes) podem ser associadas a casos mais graves da infecção, onde os pacientes contraem Síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA). Assim, dependendo do sintoma que se estabeleça inicialmente, a gravidade da doença pode ser impactada, servindo de alerta para o indivíduo fazer o exame de diagnóstico (WU *et al.*, 2020).

A principal via de transmissão da Covid-19 é associada a pacientes infectados, não sendo exclusiva dos pacientes em estágio grave, indivíduos com sintomas leves ou assintomáticos também podem disseminar o vírus através de gotículas por aerossóis. Embora não haja relatos científicos de pessoas contaminadas através de superfície inanimada (CARRATURO *et al.*, 2020), é necessário lidar com essa fonte de disseminação pois, o vírus persiste em superfícies, com características distintas, por horas

até dias, dependendo do tempo de liberação do inóculo (KAMPF *et al.*, 2020). Aço inoxidável, alumínio e papel cartão são as superfícies onde o vírus mais resiste (MARQUÈS; DOMINGO, 2021).

Nessa perspectiva, os resíduos sólidos, em especial os Resíduos de Serviço de Saúde (RSS) merecem atenção especial, devido ao aumento acentuado dos mesmos entre a sociedade civil, a exemplo de máscaras, luvas, equipamentos de proteção individual, etc. As pessoas, por falta de conhecimento ou de interesse em descartar da maneira correta, misturam os RSS com os resíduos domésticos, criando uma rota possível de transmissão e facilitando a propagação da infecção (GANGULY; CHAKRABORTY, 2021).

2.2. Resíduos de Serviço de Saúde (RSS)

Os RSS são provenientes das atividades hospitalares, centros de saúde, farmácias e laboratórios. Dentre esses, demanda maior atenção os resíduos patogênicos, produtos químicos, farmacêuticos, quimioterápicos e materiais radioativos. Os resíduos dos serviços de saúde, também denominados de resíduos hospitalares, podem ser sólidos, líquidos ou gasosos (RAMBO; DUTRA; CUBAS, 2020). É necessário o gerenciamento correto desses resíduos, para diminuir a geração, garantir a segurança dos trabalhadores, não comprometendo a saúde pública e a qualidade dos ambientes naturais e realizando a destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2018, SILVA; RODRIGUES, 2020, SANTOS *et al.*, 2020).

Os RSS são enquadrados na classificação de resíduos perigosos de acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004), pois conferem risco à saúde pública e ao meio ambiente saudável. Essa separa os resíduos em duas classes: Classe I para resíduos perigosos e Classe II para resíduos não perigosos. Os resíduos rotulados como não perigosos são subdivididos em Classe II A, quando são não inertes e Classe II B, para os inertes.

São considerados geradores desses resíduos os serviços que lidam com a saúde humana ou animal, podendo ser assistência domiciliar, laboratórios analíticos de produtos para saúde, necrotérios, funerárias e serviços que realizam embalsamento, atividade de medicina legal, drogarias e farmácias, locais de ensino e pesquisa voltados à saúde, centros de zoonoses, distribuidoras de mercadorias farmacêuticas, importadores, distribuidores de materiais e controles para diagnóstico *in vitro*, unidades móveis de atendimento à saúde, serviços de acupuntura, piercing e tatuagem, salão de beleza e estética e outros afins. Todas as atividades devem possuir o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde, e após o início do funcionamento do estabelecimento têm um prazo de 180 dias para apresentar o plano ao órgão responsável. O plano é um documento que descreve e direciona o gerenciamento dos RSS (BRASIL, 2018; SILVA; RODRIGUES, 2020).

Os processos de manejo, incluindo desde a coleta até a destinação, se forem efetuados de maneira inadequada tem potencial para gerar diversos danos que afetam a saúde populacional e do ecossistema, como a contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, do solo, da atmosfera e desencadear a proliferação de vetores, afetando

principalmente a saúde dos trabalhadores que têm contato direto com esses resíduos (PEREIRA; MAZZURANA, 2017; SANTANA *et al.*, 2020; REIS NETO *et al.*, 2020; ALBUQUERQUE *et al.*, 2019). Sendo imprescindível a existência e utilização na prática de plano de gerenciamento de resíduos sólidos para prevenir a existência desses riscos e para liberação de licenças ambientais junto aos órgãos responsáveis, adequando o funcionamento do estabelecimento conforme as exigências legais (OLIVEIRA; PEREIRA; SOUSA, 2020; SANTOS JÚNIOR *et al.*, 2020).

Implementar um correto manejo dos resíduos de serviço de saúde para lidar desde a segregação, acondicionamento, identificação, transporte interno, armazenamento temporário, armazenamento externo, coleta externa, transporte externo até a destinação e disposição final ambientalmente adequados, (BRASIL, 2018) contribui para atenuar os passivos ambientais, provenientes das atividades geradoras, evitando impactos ao meio ambiente e à saúde pública (HRENOVIC *et al.*, 2019; NITIKA *et al.*, 2017).

2.3. Tratamentos para resíduos hospitalares

A classificação é o primeiro passo para a gestão correta dos resíduos provenientes de pacientes com Covid-19, todos são resíduos perigosos. O melhor local para classificar é onde ocorre a geração, assim, economiza tempo em etapas posteriores e evita a disseminação da doença para as pessoas responsáveis pela coleta.

Esses resíduos devem ser colocados em sacos separados dos resíduos domésticos e sinalizados sobre o conteúdo que abrigam. No momento da classificação dos resíduos, os sacos devem ser desinfetados e lacrados antes de serem transportados do local de origem para as próximas etapas. A etapa de identificação facilita a segregação e o armazenamento separado dos resíduos. Os locais de armazenamento e os veículos que transportam precisam ser desinfetados também, para que então ocorra o tratamento dos resíduos de Covid-19. Para a desinfecção desses, vários fatores como a quantidade, tipo de resíduos e custos devem ser considerados para selecionar a tecnologia de desinfecção apropriada (ILYAS; SRIVASTAVA; KIM, 2020).

As tecnologias de desinfecção que são comumente utilizadas para tratar os resíduos hospitalares incluem a incineração, desinfecção químicos e desinfecção física. Essas tecnologias de desinfecção são aplicadas em várias etapas do gerenciamento dos resíduos. A incineração pode ser a tecnologia mais eficiente, com características de adaptabilidade para tratar esses resíduos. As técnicas de incineração possuem desvantagens, como a liberação de toxinas no meio ambiente e impacto negativo ao sistema imunológico de seres vivos. A desinfecção química é uma alternativa de uso em pequenos hospitais, podendo ser combinada com outras tecnologias, como técnicas de desinfecção por microondas ou vapor nas fases finais (DHARMARAJ *et al.*, 2021).

Na incineração, o processo de combustão, ocorre com temperaturas altas, na faixa de 800 °C a 1200 °C, que elimina completamente o patógeno e até 90% da matéria orgânica, mas a maior parte dos resíduos de Covid-19 são incinerados em temperaturas superiores a 1100°C (WANG *et al.*, 2020). Às vezes, é necessário reincinerar o produto residual,

depende da eficiência da primeira etapa na redução do volume dos resíduos. Devido às substâncias tóxicas liberadas no processo, é necessário tratar os gases liberados na combustão, aumentando os custos da tecnologia. Portanto, a instalação da técnica é inviável para tratar pequenas quantidades de resíduos, sendo imprescindível, nesse caso, tecnologias alternativas (DHARMARAJ *et al.*, 2021).

A desinfecção química é frequentemente utilizada no pré-tratamento dos resíduos, mas antes esses precisam ser triturados para diminuir o tamanho das partículas e aumentar a área de contato. Essa técnica além de ser eficiente contra os microrganismos, também inativa os esporos bacterianos e pode ou não utilizar substâncias cloradas. No processo à base de cloro, pode ser utilizado NaOCl ou ClO₂, onde a propriedade de eletronegatividade do elemento cloro age na oxidação das ligações peptídicas e desnaturação das proteínas. Nos casos que não utilizam substâncias cloradas, o H₂O₂ é utilizado como desinfetante, oxidando e desnaturando proteínas e lipídios. Iodopovidona, formaldeído, isopropanol e álcool etílico são outras soluções químicas utilizadas na inativação do vírus (WANG *et al.*, 2020).

A desinfecção física pode ocorrer por microondas ou vapor de alta temperatura. As microondas agitam as moléculas que vibram e colidem, entre si, bilhões de vezes por segundo, gerando calor e efetuando a desinfecção. A tecnologia demanda pouca energia, baixa temperatura, liberação lenta de calor, resultado rápido e gera poucos impactos ambientais. Na desinfecção por vapor de alta temperatura, é utilizado o tratamento úmido com temperaturas superiores a 100°C. Os resíduos são expostos ao vapor e devido ao calor latente liberado, os microrganismos desnaturam e coagulam as proteínas, causando a morte do patógeno. A temperatura fica em torno de 134°C, com variação de 3°C, nessa temperatura o processo dura menos de 20 minutos. Vale salientar, que a técnica é pouco eficiente na redução do volume dos resíduos e gera compostos orgânicos voláteis, sendo inviável para tratar todos os tipos de resíduos hospitalares (WANG *et al.*, 2020).

3. METODOLOGIA

A pesquisa se estruturou de forma analítica descritiva, visto que, de acordo com Richardson (2012), estudos do tipo descritivo analisam como objeto um fenômeno ou situação específica. O foco do trabalho foi as tecnologias de desinfecção dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) - ou hospitalares - definidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que classifica os RSS quanto à sua natureza e riscos ao meio ambiente e à saúde pública, para que tenham gerenciamento adequado (ABNT, 2016).

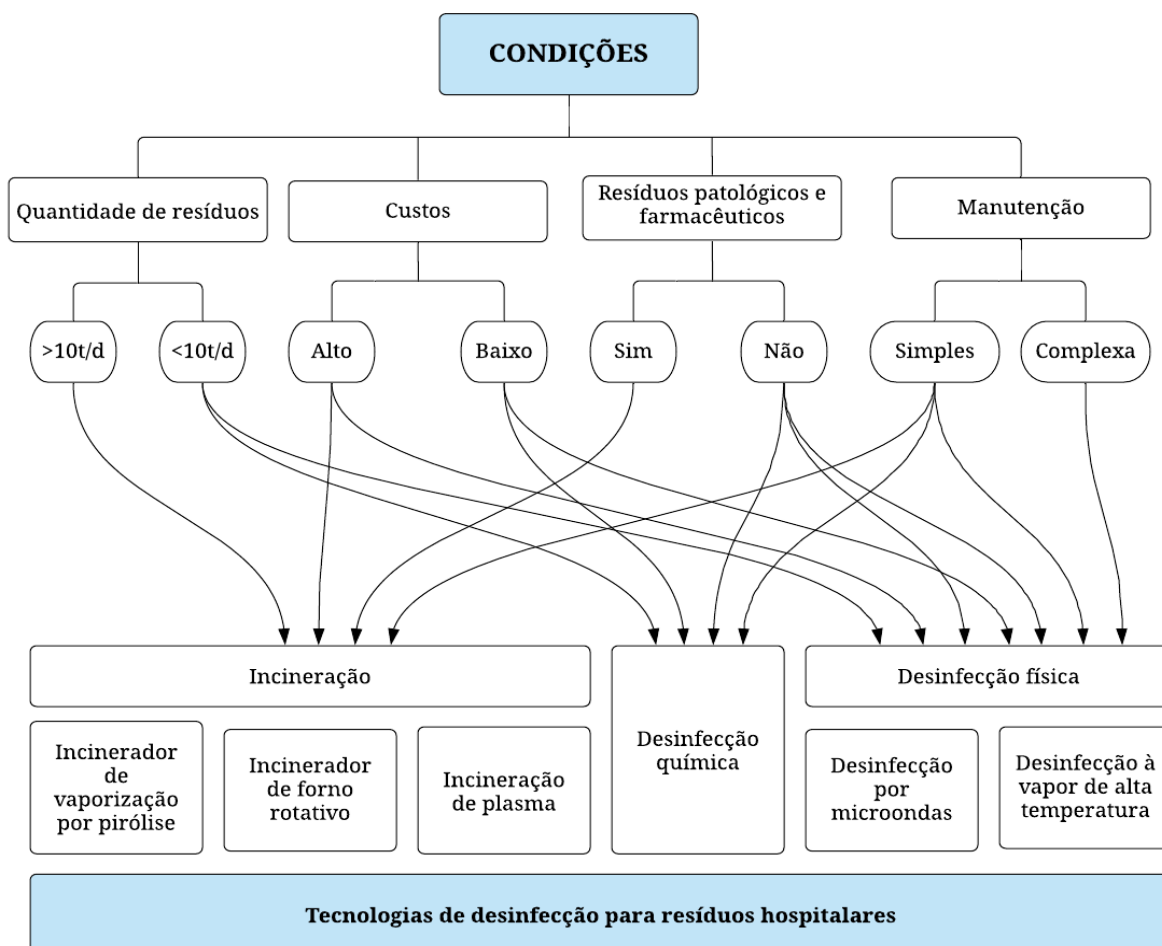
Foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre a temática associada à Pandemia da Covid-19, a qual foi relacionada ao gerenciamento de RSS no Brasil, a fim de se obter um conjunto ordenado de procedimentos de busca por soluções, atento ao objeto de estudo (LIMA; MIOTO, 2007).

A coleta de dados relacionados à geração RSS no Brasil foi feita através da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), referente

ao ano de 2019, onde foram coletadas as informações sobre disposição final dos resíduos sólidos no país.

Alinhado ao estudo de Wang *et al.* (2020), para análise das tecnologias de desinfecção foram considerados fatores como quantidade de resíduos, custos, manutenção e tipos de resíduos (Figura 1).

Figura 1. Tecnologias de Desinfecção de RSS



Fonte: Adaptado de Wang *et al.* (2020)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Classificação

A classificação dos RSS é realizada pela NBR 12.808 (ABNT, 2016), no qual também atualiza os tipos de resíduos e as possíveis formas de destinação de cada um deles, alinhados com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em três grandes grupos (Quadro 1).

Quadro 1. Classificação dos RSS

CLASSE	TIPOLOGIA
--------	-----------

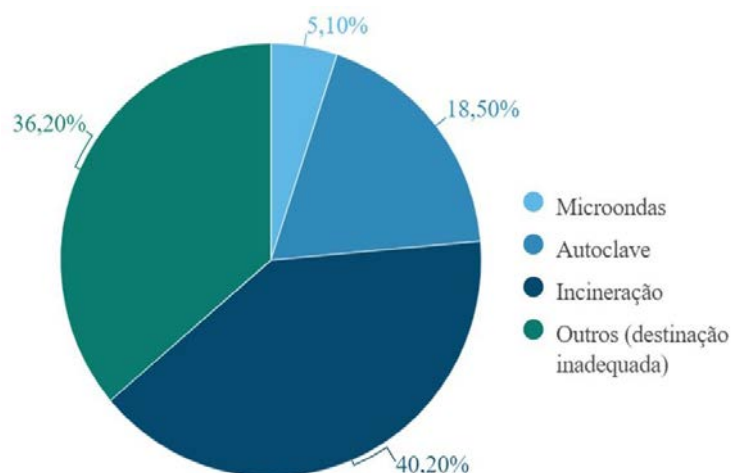
Classe A	Resíduos infectantes – vacinas vencidas, materiais com sangue, tecidos humanos e animais, órgãos humanos e animais, animais contaminados, fluidos orgânicos, secreções e matéria orgânica humana em geral.
Classe B	Resíduos especiais – materiais contaminantes, restos de remédios, resíduos químicos e radioativos em geral.
Classe C	Resíduo comum – Material de escritório, jardinagem, conservação e materiais comuns às demais organizações.

Fonte: Adaptado ABNT (2016)

É importante destacar que a falta de informações dos profissionais da saúde a respeito da classificação dos RSS pode prejudicar o descarte correto, além de onerar algumas das etapas da rota tecnológica: separação, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final. Assim, torna-se imprescindível a discussão do tema durante a formação acadêmica dos profissionais da área da saúde, além da realização de constantes treinamentos ao longo do exercício da carreira.

De acordo com a ABRELPE (2020), em 2019, o volume coletado de Resíduos de Serviço de Saúde (RSS) foi de 253 mil toneladas. Dentre as tecnologias de desinfecção empregadas no Brasil, tem-se que a principal é a incineração (40,20%), seguida da autoclave (18,50%) e, por fim, a micro-ondas (5,10%). Além disso, apesar dos avanços observados no período analisado, 36,20% dos municípios brasileiros destinam inadequada, ou seja, não realizam nenhum tratamento prévio para disposição final em lixões, aterros, valas sépticas, entre outros (Figura 2).

Figura 2. Tipos de destinação final dos RSS coletados no Brasil, ano-base 2019



Fonte: Adaptado de ABRELPE (2020)

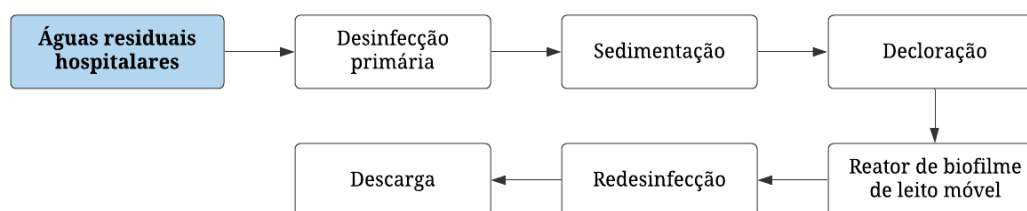
Nota-se que muitos municípios ainda fazem o gerenciamento inadequado dos resíduos hospitalares gerando impactos ambientais que podem atingir grandes proporções, levando a contaminações e elevados índices de infecção hospitalar, ou até mesmo à geração de epidemias devido a contaminações do lençol freático pelos diversos tipos de RSS. Ademais, além dos riscos diretos aos trabalhadores, à saúde pública e ao meio ambiente,

não direcionar esses materiais a unidades de tratamento contraria as normas vigentes e a legislação (CAFURE; PATRIARCHA-GRACIOLLI, 2015).

4.2 Desinfecção de águas residuais hospitalares

Segundo Chen *et al.* (2014), as tecnologias mais utilizadas para desinfecção de águas residuais hospitalares são: ozônio, radiação ultravioleta, cloro líquido, dióxido de cloro e desinfecção com hipoclorito de sódio e seguem uma rota tecnológica específica (Figura 3).

Figura 3. Rota tecnológica do processo de desinfecção de águas residuais hospitalares



Fonte: Adaptado de Wang *et al.* (2020)

A escolha das técnicas que podem ser utilizadas depende de um conjunto de variáveis, tais como: econômicos, operacionais, logística e segurança. Com isso, as comparações dessas tecnologias resultam em um conjunto de vantagens e desvantagens (Quadro 2).

Quadro 2. Comparação de tecnologias de desinfecção para águas residuais hospitalares

TECNOLOGIA DE DESINFECÇÃO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Cloro líquido	Baixo consumo de energia.	Alto risco de armazenamento.
Luz ultravioleta	Baixo investimento e custos de operação.	Profundidade de penetração inadequada e riscos para a saúde ocupacional.
Dióxido de cloro	Alta eficiência e baixos custos de operação.	Armazenamento e transporte inconvenientes.
Hipoclorito de sódio	Baixa toxicidade, equipamento simples, operação estável, fácil controle e baixos custos de operação e preparação.	Alto consumo de energia, forte corrosividade e alta poluição.
Ozônio	A capacidade de descolorir e desodorizar e decomposição rápida de microrganismos.	Altos custos de operação e subprodutos perigosos.

Fonte: Adaptado de Wang *et al.* (2020)

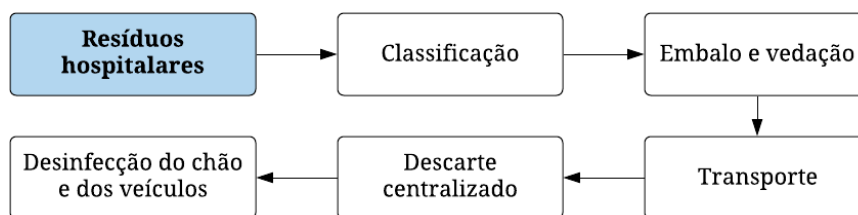
Além dos aspectos econômicos, operacionais, logística e segurança, deve-se levar em consideração o ambiente que ocorreu a desinfecção, visto que cada área hospitalar tem sua particularidade em relação ao nível de criticidade do risco de transmissão de doenças em decorrência de materiais utilizados, dos procedimentos invasivos realizados, das

patologias dos pacientes atendidos, das internações de pessoas com menor imunidade, o que impacta diretamente nos patógenos que podem estar presentes na desinfecção do ambiente e, conseqüentemente, nas águas residuais hospitalares.

4.3. Desinfecção de RSS

De acordo com Wang *et al.* (2020), os RSS são geralmente classificados antes da desinfecção. Assim, a rota tecnológica analisa os principais tipos de tecnologias de desinfecção, incluindo incineração, desinfecção química e desinfecção física, indicando as tecnologias de desinfecção adequadas usadas em diferentes situações (Figura 4).

Figura 4. Rota tecnológica do processo de desinfecção de resíduos hospitalares



Fonte: Adaptado de Wang *et al.* (2020)

Independente da tecnologia empregada para a desinfecção de RSS existem requisitos mínimos que devem ser considerados e atendidos, como por exemplo: reduzir a carga biológica dos resíduos, e atender aos padrões estabelecidos pelo órgão de controle ambiental do estado para emissões dos efluentes líquidos e gasosos.

Assim como a escolha das técnicas para desinfecção de águas residuais hospitalares, a desinfecção de RSS também depende de um conjunto de fatores, que resultam em vantagens e desvantagens quando realizada uma comparação das tecnologias disponíveis (Quadro 3).

Quadro 3. Comparação de tecnologias para desinfecção de RSS

TECNOLOGIA DE DESINFECÇÃO	VANTAGENS	DESvantagens
Incinerador de vaporização de pirólise	Destruição completa de componentes tóxicos e perigosos.	Altos custos de investimento e demanda estrita por valor calorífico de resíduos.
Incinerador de forno rotativo	Alta eficiência de incineração com ampla gama de aplicações e boa adaptabilidade.	Alto teor de poeira no escapamento, alta demanda de ar, altos custos de investimento e manutenção e baixo investimento de recuperação.
Incineração de plasma	Alta eficiência energética sem produtos intermediários.	Alta exigência de pessoal técnico e altos custos.
Desinfecção química	Ação rápida, desempenho estável e amplo espectro de esterilização.	Desinfetantes residuais após a desinfecção.
Desinfecção por	Economia de energia, temperatura de	Espectro de desinfecção estreito

microondas	ação baixa, perda de calor lenta, ação rápida, danos à luz e baixa poluição ambiental sem resíduos ou resíduos tóxicos.	relativo e fatores de impacto complexos da desinfecção.
Desinfecção a vapor de alta temperatura	Baixo investimento e custos de operação, gerenciamento de operação simples e baixa poluição secundária.	Fraco controle de odores.

Fonte: Adaptado de Wang *et al.* (2020)

Com isso, nota-se que diversos critérios devem fazer parte da escolha da tecnologia utilizada para desinfecção dos resíduos hospitalares, tais como: destruição de microrganismos infecciosos, impactos no meio ambiente, redução do peso e/ou do volume dos resíduos tratados, custo de capital inicial e custo operacional, manuseio dos resíduos tratados, tratamento adicional necessário antes da disposição final.

5. CONCLUSÕES

A situação do Brasil frente à Pandemia da Covid-19 é preocupante, dada a crise sanitária que se instalou e o atual cenário de gerenciamento de resíduos no país. O manuseio de Resíduos Sólidos pode se tornar fonte de disseminação da Covid-19 devido à persistência do vírus em superfícies.

Em 2019, o volume coletado de Resíduos de Serviço de Saúde foi de 253 mil toneladas. Dentre as tecnologias de desinfecção empregadas no Brasil, tem-se que a principal é a incineração com 40,20%, seguida da autoclave com 18,50% e, por fim, a micro-ondas 5,10%. Além disso, apesar dos avanços observados no período analisado, 36,20% dos municípios brasileiros destinam em lixões.

Através do estudo, foi observado que a escolha das técnicas para desinfecção de águas residuais hospitalares e a desinfecção de RSS também depende de um conjunto de fatores que resultam em vantagens e desvantagens quando se compara as tecnologias disponíveis.

Nesse contexto, a desinfecção dos resíduos para a disposição final ambientalmente adequada é um elemento essencial e diversos critérios devem compor o processo decisório para a escolha da tecnologia utilizada, tais como destruição de microrganismos infecciosos, impactos ao meio ambiente, redução do peso ou do volume dos resíduos tratados, custo, manuseio, e tratamento adicional antes da disposição final.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Poscivil/UFPE), Engenharia Ambiental (PPEAMB/UFRPE) e Engenharia Agrícola (PGEA/UFRPE), aos Grupos de Pesquisa em Resíduos Sólidos (GRS/UFPE), Gestão Ambiental em Pernambuco (Gampe/UFRPE) e ao Grupo de Pesquisa Ambiência (Gpesa/UFRPE) pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa. Agradecem também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES – Código de

Financiamento 001) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelos financiamentos das bolsas de estudo e produtividade.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos — Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12808**: Resíduos de serviços de saúde - Classificação, elaborada pela Comissão de Estudo Especial de Resíduos de Serviços de Saúde. Rio de Janeiro, 2016.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. ABRELPE, São Paulo/SP. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2020>>. Acesso em: 05 abr. 2021.

ABREU, R. E. O.; GOMES, E. S.; TAVARES, C. M. Risco de contágio por Covid-19 no descarte de resíduos sólidos no litoral de Pernambuco. In: EL-DEIR, S. G. **Resíduos Sólidos: Covid-19**. Recife: EDUFRPE/Gampe, 2021. Cap. 1.5. p. 63-71.

ALBUQUERQUE, E. V. R.; BEZERRA, M. G. S.; SILVA, A. P. O. L. EL-DEIR, S. G. Potenciais riscos na gestão de resíduos de serviços de saúde num pronto socorro infantil da RMR – PE. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 539-550.

ALMEIDA, I. M. S. **Plano de Contingenciamento**: prevenção e combate à Covid-19. Caruaru: Grupo Provider, 2020. 26 p.

BOSCHIERO, M. N.; PALAMIM, C. V. C.; MARSON, F. A. L. COVID-19 vaccination on Brazil and the crocodile side-effect. **Ethics, Medicine and Public Health**, v. 17, June 2021, 100654. <https://doi.org/10.1016/j.jemep.2021.100654>.

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada Nº 222, de 28 de março de 2018. **Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá Outras Providências**.

CAFURE, V. A.; PATRIARCHA-GRACIOLLI, S. R. Os resíduos de serviço de saúde e seus impactos ambientais: uma revisão bibliográfica. **INTERAÇÕES**, v. 16, n. 2, p. 301-314. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/151870122015206>

CARRATURO, F.; GIUDICE, C.D.; MORELLI, M.; CERULLO, V.; LIBRALATO, G.; GALDIERO, E.; GUIDA, M. Persistence of SARS-CoV-2 in the environment and COVID-19 transmission risk from environmental matrices and surfaces. **Environmental Pollution**, v. 265, Part B, October 2020, 115010. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115010>.

CHEN, L.; ZHOU, H.; YU, B.; HUANG, ZW. **Estudo de comparação sobre tecnologia de desinfecção de águas residuais hospitalares**. Adv. Mater. Res. , 884-885 (2014) , pp. 41 - 45. 2014.

CHEN, N.; ZHOU, M.; DONG, X.; QU, J.; GONG, F.; HAN, Y.; QIU, Y.; WANG, J.; LIU, Y.; WEI, Y.; XIA, J.; YU, T.; ZHANG, X.; ZHANG, L. Epidemiological and clinical characteristics

of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. **The Lancet**, v. 395, Issue 10223, February 2020, p. 507-513. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30211-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30211-7).

DHARMARAJ, S.; ASHOKKUMAR, V.; PANDIYAN, R.; MUNAWAROH, H.S.H.; CHEW, K.W.; CHEN, W.; NGAMCHARUSSRIVICHAI, C. Pyrolysis: An effective technique for degradation of COVID-19 medical wastes. **Chemosphere**, v. 275, July 2021, 130092. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130092>.

Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rk/v10nspe/a0410spe>>. Acesso em: 07 de Abr 2021.

FREITAS, B. D. L. C.; TAVARES, C. M.; OLIVEIRA, S. A.; MENDONÇA, A. T. Potencial contágio dos transeuntes por Covid -19 nos shopping centers da RMR, Pernambuco. In: EL-DEIR, S. G. **Resíduos Sólidos: Covid-19**. Recife: EDUFRPE/Gampe, 2021. Cap. 1.6. p. 72-81.

GANGULY, R.K.; CHAKRABORTY, S.K. Integrated approach in municipal solid waste management in COVID-19 pandemic: Perspectives of a developing country like India in a global scenario. **Case Studies in Chemical and Environmental Engineering**, v. 3, June 2021, 100087. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100087>.

HRENOVIC, J.; DURN, G.; KAZAZIC, S.; DEKIC, S.; MUSIC, M. S. Untreated wastewater as a source of carbapenem-resistant bacteria to the riverine ecosystem. **Water AS**, v. 45, n. 1, January 2019, p. 55-62. <https://doi.org/10.4314/wsa.v45i1.07>.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114665>.

ILYAS, S.; SRIVASTAVA, R.R.; KIM, H. Disinfection technology and strategies for COVID-19 hospital and bio-medical waste management. **Science of The Total Environment**, v. 749, December 2020, 141652. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141652>.

IQBAL, M. M.; ABID, I.; HUSSAIN, S.; SHAHZAD, N.; WAQAS, M. S.; IQBAL, M. J. The effects of regional climatic condition on the spread of COVID-19 at global scale. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 739, p. 140101, out. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140101>.

KAMPF, G.; TODT, D.; PFAENDER, S.; STEINMANN, E.. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. **Journal Of Hospital Infection**, [S.L.], v. 104, n. 3, p. 246-251, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2020.01.022>.

LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. **Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica**. Revista Katál. Florianópolis v. 10 n. esp. p. 37-45. 2007.

MARCUCCI, J. C.; BORGES, A. C. G. Sustentabilidade e resíduos sólidos urbanos no cenário da pandemia da covid-19. In: EL-DEIR, S. G. (org.). **Resíduos Sólidos e covid-19**. Ed. Especial. Recife: EDUFRPE, 2021. cap. 1, p. 9-23.

MARQUÈS, M.; DOMINGO, J. L. Contamination of inert surfaces by SARS-CoV-2: Persistence, stability and infectivity. A review. **Environmental Research**, v. 193, February 2021, 110559. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110559>.

MARSON, F. A. L. COVID-19 – 6 million cases worldwide and an overview of the diagnosis in Brazil: a tragedy to be announced. **Diagnostic Microbiology and Infectious Disease**, v. 98, Issue 2, October 2020, 115113. <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2020.115113>.

MEDEIROS, R. Y. S.; GOUVEIA, T. X.; GUEDES, F. L. Potencial contágio da Covid-19 e outras doenças pelos catadores em Recife-PE. In: EL-DEIR, S. G. **Resíduos Sólidos: Covid-19**. Recife: EDUFRPE/Gampe, 2021. Cap. 3.2. p. 177-188.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020. **Covid-19 no Brasil**. Disponível em: <https://qsprod.saude.gov.br/extensions/covid-19_html/covid-19_html.html>. Acesso em: 28 abr. 2021.

NITIKA, N.; LOHANI, P.; MISHRA, S. S.; MANDAL, S. A Country Level Situational Analysis of Biomedical Waste Management: Evidence from DLHS-4. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 11, Issue 12, 2017, p. LC01–LC04. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2017/28391.10968>.

OLIVEIRA, F. M.; PEREIRA, C. D. S.; SOUSA, T. M. I. Análise do gerenciamento de resíduos de serviços de saúde em Instituição de Ensino Superior (IES). In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE: Gampe/UFRPE, 2020. p. 551-563.

PEREIRA, A. L. H. X.; MAZZURANA, E. R. Quantificação, classificação e disposição final de resíduos de serviço de saúde (RSS) em uma unidade hospitalar em Caçador-SC. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**, v. 6, n. 1, Fevereiro 2017, p.30-38. <https://doi.org/10.33362/ries.v6i1.861>.

RAMBO, A. A.; DUTRA, A. R. A.; CUBAS, A. L. V. Resíduo hospitalar e seu impacto: uma revisão da literatura. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. especial, Agosto 2020, p. 341-371. <http://doi.org/10.19177/rgsa.v9e0I2020341-371>.

REIS NETO, A. F.; PEREIRA, B. C.; MORGADO, D.; SILVA, R. N. Resíduos sólidos de saúde no IFPI/Campus Corrente; perspectivas para integração da A3P com a “Indústria 4.0”. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE: Gampe/UFRPE, 2020. p. 592-605.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3ed. São Paulo: Atlas, 2012.

SANTANA, C. G.; LIRA, M. S.; MELO-NASCIMENTO, A. O. S.; PIMENTEL, Patrícia Carla Barbosa. Conhecimentos de graduandos do curso de farmácia sobre descarte de medicamentos. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE: Gampe/UFRPE, 2020. p. 535-550.

SANTOS JÚNIOR, J. I.; GUEDES, F. L.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. I. Panorama da coleta, da disposição final e das tecnologias de resíduos de serviço de saúde no nordeste brasileiro. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE: Gampe/UFRPE, 2020. p. 579-591.

SANTOS, J. J. S.; SILVA, A. D. F.; MELO, B. H. A.; MENEZES, T. M. Análise da viabilidade de reaproveitamento e tratamento dos resíduos químicos gerados na UFRPE. In: ALMEIDA, I.

M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE: Gampe/UFRPE, 2020. p. 564-578.

SHEREEN, M. A.; KHAN, S.; KAZMI, A.; BASHIR, N.; SIDDIQUE, R. COVID-19 infection: Origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses. **Journal of Advanced Research**, [S.L.] v. 24, pp. 91-98, July 2020. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2020.03.005>.

SHI, W.; LU, R.; NIU, P.; ZHAN, F.; MA, X.; WANG, D.; XU, W.; WU, G.; GAO, G.F.; PHIL, D.; TAN, W. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. **The New England Journal of Medicine**, v. 382, Issue 8, January 2020, p. 727-733. <https://doi.org/10.1056/nejmoa2001017>.

SILVA, H. M. Medicines and illusions in the fight against COVID-19 in Brazil. **Ethics, Medicine and Public Health**, v. 16, March 2021, 100622. <https://doi.org/10.1016/j.jemep.2020.100622>.

SILVA, L. S.; RODRIGUES, M. S. Diagnóstico dos resíduos de serviço de saúde gerados em uma unidade básica de saúde, à luz da resolução ANVISA - RDC Nº 222/2018. **ScientiaTec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS**, v. 7, n. 2, Julho 2020, p. 78-112. <https://doi.org/10.35819/scientiatec.v7i2.3448>.

VETTER, P.; VU, D. L.; L'HUILLIER, A. G; SCHIBLER, M.; KAISER, L.; JACQUERIOZ, F. Clinical features of covid-19. **British Medical Association**, 369: m1470. <https://doi.org/10.1136/bmj.m1470>.

WANG, J.; SHEN, J.; YE, D.; YAN, X.; ZHANG, Y.; YANG, W.; LI, X.; WANG, J.; ZHANG, L.; PAN, L. **Disinfection technology of hospital wastes and wastewater: Suggestions for disinfection strategy during coronavirus Disease 2019 (COVID-19) pandemic in China. Environmental Pollution**. v. 262, 114665. 2020.

WU, C.; CHEN, X.; CAI, Y.; XIA, J.; ZHOU, X.; XU, S.; HUANG, H.; ZHANG, L.; ZHOU, X.; DU, C.; ZHANG, Y.; SONG, J.; WANG, S.; CHAO, Y.; YANG, Z.; XU, J.; ZHOU, X.; CHEN, D.; XIONG, W.; XU, L.; ZHOU, F.; JIANG, J.; BAI, C.; ZHENG, J.; SONG, Y. Risk factors associated with acute respiratory distress syndrome and death in patients with coronavirus disease 2019 pneumonia in Wuhan, China. **JAMA Internal Medicine**, v. 180, Issue 7, May 2020, p. 934-943. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.0994>.

YANG, J.; ZHENG, Y.; GOU, X.; PU, K.; CHEN, Z.; GUO, Q.; JI, R.; WANG, H.; WANG, Y.; ZHOU, Y. Prevalence of comorbidities and its effects in patients infected with SARS-CoV-2: a systematic review and meta-analysis. **Internacional Journal of Infectious Diseases**, v. 94, May 2020, p. 91-95. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.03.017>.

ZHU, N.; ZHANG, D.; WANG, W.; LI, X.; YANG, B.; SONG, J.; ZHAO, X.; HUANG, B.;

5.8 QUALIDADE QUÍMICA DO SOLO EM CERRADO MARANHENSE SOB RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS

MARTINS, Ana
UFMA
karolmartins92@gmail.com

PIRES, Isabela
USP
icgpires@yahoo.com.br

FERRÃO, Gregori
UFMA
gregori.ferrao@ufma.br

ALMEIDA, Edmilson
UFMA
edmilson.igor@ufma.br

RESUMO

O solo vem sofrendo significativas mudanças, principalmente, pela expansão da agricultura no Brasil nas últimas quatro décadas. A fronteira agrícola, Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, é um dos principais alvos do agronegócio brasileiro. As mudanças do uso da terra e o seu manejo inadequado têm ocasionado degradação e perdas de solo, principalmente, na fertilidade dos mesmos. Então, assim como o cenário do Covid-19, evidência a necessidade de pesquisa que proporcione opções pautadas em bem-estar para a sociedade, a forma de manejar o solo para produzir alimentos e fibras também possui esta demanda. Nesse contexto, objetivou-se neste trabalho, avaliar a fertilidade do solo sob diferentes sistemas de manejo do solo, ou seja, com ou sem resíduo agropecuário sobre o solo, denominados de: plantio convencional (sem resíduo sobre o solo), vegetação nativa (testemunha) e integração lavoura pecuária (ILP) com resíduo de lavoura sobre o solo em Brejo-MA. Notou-se que o manejo com ILP apresentou os melhores valores de fertilidade do solo dentre os manejos observados para produção da soja em solos de Cerrado maranhense. Portanto, ILP é o manejo indicado no Cerrado maranhense na busca da sustentabilidade pela perspectiva de qualidade química do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo agrossilvipastoril, Destinação ambientalmente adequada, Reciclagem.

1. INTRODUÇÃO

No mundo, a maior utilização de área ocupada é pela agricultura mundial. No Brasil, nas últimas quatro décadas a área de cultivo aumentou aproximadamente 53%, com 851 milhões de hectares ocupados por propriedades rurais. Logo, estas atividades antrópicas intensa atinge as áreas de vegetação nativa, levando a diminuição de matéria orgânica e a degradação dos recursos naturais, e conseqüentemente a diminuição dos nutrientes e da fertilidade do solo. (FREITAS et al., 2017).

A mais recente fronteira agrícola, denominada de MATOPIBA composta por 4 estados sendo eles, Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, estão sobre áreas territoriais de bioma “Cerrado”, se expandindo em pecuária extensiva, agricultura mercantil simples e extrativismo dirigido à exportação apresentando-se como um dos principais alvos do agronegócio brasileiro e responsável pela grande expansão da produção (SANTOS, 2018, RADA, 2013). Segundo Almeida (2019), este bioma que estar inserido o MATOPIBA é favorecido por possuir terrenos planos e extensos, com solos de potenciais a produção, a disponibilidade de água, do clima e a dinâmica de comercialização.

A máxima produção agrícola e ocupações de terras têm voltado olhares para práticas de manejos que mitiga alguns dos danos provocados pela agricultura convencional, a exemplo de sistema de plantio direto (SPD) e a Integração Lavoura Pecuária (ILP), que são técnicas baseadas em manter o resíduo agrossilvipastoril sobre o solo e usar a terra para a produção animal e vegetal ao mesmo tempo respectivamente. A ILP atrelada ao SPD que junto com algumas características adotadas podem proporcionar menores perdas de resíduos do solo, melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, maior incremento de resíduos da lavoura no solo e aumento na população de microrganismo. Tais práticas, além de melhorar a sustentabilidade do solo, favorecem os fatores econômicos e sociais (BORGES, 2013).

Ao contrário do plantio convencional (SPC), sendo o modelo que ainda é o mais utilizado pela agricultura e que não há permanência de resíduos de lavoura sobre o solo, que o protege, além de requerer seu maior revolvimento, grandes quantidades no uso de insumos externos como fertilizantes inorgânicos e agrotóxicos para sua manutenção ocasionando uma maior degradação e compactação do solo e, grandes perdas de nutrientes, deixando o solo impróprio para o uso. Por meio da análise química sabe-se como estar a fertilidade do solo, seguida da avaliação pode-se determinar a quantidade, o tipo e quando utilizar corretivo, fertilizantes e os tipos de manejos a serem empregados no solo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. COVID, resíduos e pesquisa científica

O COVID-19 é uma doença causada pelo coronavírus (SARS-CoV-2), que vem causando vários impactos negativos diretamente na saúde das pessoas e indiretamente na economia, relações sociais e de trabalho, aspectos culturais e psicológicos, entre outros, de maneira

global. Não existiam planos estratégicos prontos para serem aplicados a esta pandemia de coronavírus, assim tudo é novo, neste contexto, entra a importância da comunidade científica e das equipes nacionais e internacionais de vigilância epidemiológica (FREITAS; NAPIMOGA; DONALISIO, 2020).

Esta pandemia vem com a lição de enfatizar a relevância da pesquisa em um país, desse modo, se evidencia a necessidade de fomentar e incentivar pesquisas científicas em diferentes campos da vida humana, seja na área de saúde, de resíduos ou de produção agropecuária, as quais são chaves no desenvolvimento sustentável e de bem-estar em uma nação, e também pela perspectiva de sobrevivência.

Neste sentido, a pesquisa agropecuária com ênfase no gerenciamento de seus resíduos se faz importante na expectativa de planejamento e desenvolvimento territorial bem como em situações de emergência. Os resíduos agropecuários (MARTINS FILHO et al., 2018; NEVES et al., 2019; MARTINS FILHO et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2019a; LUZ; MEDEIROS, 2019, COSTA NETA et al., 2020) ou agrossilvipastoris são aqueles gerados “nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades”.

O manejo conservacionista do solo é aquele que causa a menor perturbação neste sistema como, por exemplo, o uso do resíduo cultural (*i.e.* resíduo da lavoura) para cobertura do solo, evitando assim degradação e erosão do solo protegido. Esta lógica de manejo do solo está coerente com a ordem de prioridade de destinação final ambientalmente adequada recomendada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos como a reutilização do resíduo cultural, agropecuário, orgânico ou agrossilvipastoril (BRASIL, 2010; LEITE; MARTINS, 2019; MELO, 2019; ARAÚJO et al., 2019; SILVA SEGUNDO et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2019b). Estas prerrogativas estão associadas aos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) a saber: ODS 2- fome zero e agricultura sustentável, ODS 12- produção e consumo responsáveis (CUNHA; CARDOSO; ALVES, 2019), ODS 13- ações contra as mudanças climáticas e ODS 15- vida terrestre que almeja combater a degradação da terra e sua perda (ONU, 2015).

2.2. Cerrado Maranhense

O segundo maior bioma do Brasil em área é o Cerrado, com maiores concentrações nos estados do Piauí e Maranhão, sendo que sua extensão em área apresenta aproximadamente 22% do território nacional (SOARES et al., 2020), além de apresentar um terço da biodiversidade brasileira, onde 5% da flora e fauna mundial se encontra nesse bioma.

O Maranhão apresenta uma rica diversidade de vegetação com presença predominante do bioma Cerrado no Centro Sul compondo aproximadamente 64% de todo o estado (EMBRAPA, 2016). Possui clima predominantemente quente, semiúmido e sazonal. (FRANCA, 2020), com estações bem definidas inverno seco e verão chuvoso que se inicia no mês de janeiro e vai até o mês de maio (OLIVEIRA, 2016). Esse bioma apresenta uma grande expansão de lavouras, principalmente para a produção de Soja no que compreende

como Cerrado MATOPIBA (Maranhão – Tocantins – Piauí - Bahia) (PIRES, et al., 2019), promovendo alterações químicas no solo e impactos ambientais (GUALBERTO et. al., 2017).

Para Ozorio et al., 2020, os solos do Cerrado apresentam um constante crescimento por serem facilitadores produtivos apresentando áreas com topografias favoráveis, mecanização e solos profundos. Dentre os biomas que se estende pelo estado do Maranhão o Cerrado é o que menos apresenta áreas sob proteção integral aos *hotspots* mundiais com apenas 8,2% do território protegido por unidade de conservação (ARAUJO, 2016).

2.3. Sistemas de manejo do solo

Sistema de Preparo convencional - SPC

O sistema de preparo convencional é um sistema predominante no país (SILVA et al., 2018) e que se baseia no não uso de resíduo da lavoura sobre o solo, ou seja, não há preocupação de utilizar este tipo de resíduo como proteção do solo contra a ação de vento e água da chuva, por exemplo.. Este, por mais que possua o objetivo em controle de plantas invasoras bem como a melhoria dos atributos do solo, visando a maior produtividade de culturas implantadas. (MACHADO, 2017). Resulta em características que decorrem em rompimento dos agregados na camada, por meio do arado de discos, grade aradora e/ou grade niveladora, proporcionando redução do nível da taxa de infiltração de água, bem como carregamento de nutrientes e a aceleração da decomposição da matéria orgânica. (FORTE et al., 2018; SIMON et al., 2019).

Sistema de Plantio direto - SPD

O plantio direto (SPD) é considerado um manejo conservacionista e é pautado no uso de resíduo de lavoura como forma de cobrir o solo e protegê-lo. Também possui outras características, como o não revolvimento do solo, proporcionando menores perdas dos resíduos da lavoura e a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, resultando em um acúmulo maior de carbono, (FORTE et al., 2018; FREITAS, 2017) efeito protetor contra os ventos e raios solares, redução de plantas invasoras e, implemento da microbiota do solo (THEODORO et al., 2018).

Integração Lavoura Pecuária - ILP

A ILP é um sistema que estimula o uso da terra tanto para a produção animal como vegetal simultaneamente, fomentando o uso mais racional do solo. Este sistema de integração tem se mostrado rentável, pois o incremento de renda do produtor pela área proporciona melhoria nos atributos do solo. Com esse sistema é possível produzir culturas anuais de grãos consorciadas a espécies forrageiras. Dentre as qualidades que o ILP proporciona estão: as melhorias das qualidades químicas, físicas e biológicas do solo, conservação dos recursos hídricos e a biodiversidade, promovendo o sequestro de carbono e evitando a erosão (SERRA, 2019).

2.4. Indicadores químicos da qualidade do solo

O solo é um dos recursos naturais, vitais, para o ecossistema (VIDALETT, 2018; ELIAS, 2016), o conhecimento de suas qualidades é essencial para contribuição com a sustentabilidade dos sistemas agropecuários. Um solo com qualidade está sujeito aos seus indicadores químico, físico e biológico, (LAGES, 2018), em conjunto com as práticas de uso e manejo bem como as interações com o ecossistema.

Os Indicadores químicos são obtidos por meio de análise química básica, obtendo assim o: PH do solo, Capacidade de troca catiônica, matéria orgânica, disponibilidade de nutrientes, como fosforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e a Saturação por base (V%) (SILVA et al., 2020).

O pH do solo (potencial hidrogênico) por meio de parâmetros fornecerá o conhecimento se o solo é ácido ou alcalino, em uma proporção de 0-14 solos que apresentam pH 7,0 são considerados solos neutros, abaixo de 7,0 solos ácidos e maiores que 7,0 são solos básicos. Para a grande maioria das plantas pH entre 5,5 e 6,5, são favoráveis ao cultivo (BARROS, 2017). Quanto aos solos brasileiros em sua quase totalidade são conhecidos como solos ácidos, tidos como solos não férteis, onde a grande maioria das culturas não consegue se desenvolver.

A CTC é a capacidade de troca catiônica (CTC) e é dividida em CTC potencial e a CTC efetiva, onde a CTC potencial ou valor (T) é dado pelo valor total de cargas permutáveis positivas que o solo pode adsorver, na qual é dada pela seguinte equação: CTC total (T) = SB + (H⁺ - Al⁺³). Enquanto que a CTC efetiva é obtido através de quantidades de cátions trocáveis Ca²⁺ + Mg²⁺, K⁺ e Al⁺³, pela seguinte equação: CTC efetiva (t) = SB + Al⁺³. Quanto mais ácido o solo é menor a CTC, quanto maior a CTC melhor a capacidade de retenção e troca de cátions, de prevenir lixiviação de nutrientes e fornecer nutrição adequada a planta. (BARROS, 2017).

A saturação por bases (V%) é obtida através da formula: $V = (SB/T) * 100$. Somas de bases trocáveis (SB) representa a soma dos cátions permutáveis, com exceções do H⁺ Al³, sendo sua formula: (SB = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺).

3. METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado na propriedade rural, denominada de Fazenda Barbosa (3° 42' 01"S, 42° 56' 24"W - 100 m de altitude) localizado no município de Brejo, leste do Maranhão, na microrregião de Chapadinha. A região apresenta temperaturas médias anuais entre 26,9 a 29,3 °C, com presenças de chuva restrita entre os meses de janeiro a maio, com precipitações de 1600 mm por ano. (PASSOS et al., 2016). Segundo Ferrão et al. (2018) classificou este solo como Argissolo Amarelo Distrocoeso, profundo endurecido (coeso), bem drenado, com baixa fertilidade natural e textura franco arenosa. A Fazenda Barbosa possui uma área total de aproximadamente 1150 há, onde 60 há são utilizados para pastagem plantada, 950 há esta localizado junto á sede da fazenda, onde 230 há é mantido a reserva legal e os 720 há campos de cultivo agrícola. Antes todas as áreas eram feitas agricultura convencional, mas na safra de 2011/2012 foi convertida em

plantio sucessivo e Integração Lavoura Pecuária (ILP) cultivando culturas alternadas de milho/soja/milheto, introduzindo a cada quatro anos o Milho/braquiária, com o gado em uma proporção de aproximadamente 0,8 unidades animal ha⁻¹. O plantio da soja foi feito em 08/01/2019 no ILP e, 03/02/2019 no PC onde foi feita aplicação de fertilizante NPK (300 Kg.ha) em semeadura e sulfato em superfície. Já o milho que é utilizado como palhada na conservação do solo sendo semeado a lanço, com uso de grade e niveladora de disco sem uso de fertilizante, com germinação ocorrendo entre nov/2018 e maio/2019. Na presente safra não foram feitas aplicações de calcário dolomítico.

Foram coletadas amostras de solo em diferentes sistemas de manejo, as amostras foram feitas em 5 trincheiras em cada área amostral em 3 diferentes usos de terra, sendo eles 1) Vegetação Nativa (VN) representando a condição natural, 2) Plantio Convencional (PC) monocultivo com a soja e sem uso dos resíduos de lavoura para cobertura do solo, e a ILP implantada sobre a palhada do milho, que posterior a colheita da Soja procede novamente com a plantação do milho, caracterizando como área de produção animal e de lavoura ao mesmo tempo e com uso do SPD (*i.e.* utilização de resíduo sobre o solo). Para cada trincheira foram coletadas 4 amostras, em profundidades de 0-20 e 20-40 centímetros. As amostras foram secas ao ar e destorroadas em peneiras a 2mm, logo enviadas devidamente ao Laboratório de Solos da ESALQ (USP) para análise de solo, que após pode-se determinar o pH em água, CTC e a Fertilidade em macro e micronutrientes. A classificação de cada manejo quanto a sua classe textural ficou sendo de 00-20 cm solos arenosa e de 20-40 cm média arenosa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do pH do solo, ficou evidenciado que a área de VN se manteve na faixa de 5 caracterizando-o com um solo que apresenta acidez em alumínio trocável, com baixa disponibilidade de nutrientes, que são típicos dos solos do Cerrado (FARIA et al., 2020). O excesso de acidez por alumínio reduz o crescimento radicular da planta, com engrossamento da raiz, apresentando uma menor ramificação, resultando na diminuição da absorção de água bem como os nutrientes ocasionando uma perda na produtividade das culturas. A calagem e a fertilização feitas no subsolo resultam em melhor desenvolvimento do sistema radicular e maiores produções para o plantio convencional (REETZ, 2017). Segundo Fernandes (2000), a acidez ativa é maior mediante a menores valores de pH. Como não foi efetuada a calagem nessa safra, mas em safras anteriores, ficou evidente que no PC e ILP, os teores de pH estão acima dos de VN, também observados por Matias, (2009). Contudo que no ILP a calagem foi mais eficiente com efeitos decrescentes nas profundidades das camadas 20-40 cm.

Dentre os teores de alumínio (Al³⁺), nota-se que na VN em relação aos demais sistemas de uso, tais teores ficou sendo classificado como médio, ou seja, entre 0,51 e 1,00 cmol_c dm⁻³ (RIBEIRO et al., 1999). Enquanto que nos demais sistemas ficaram classificados como muito baixo. Estes resultados podem ser explicados devido ao manejo da fertilidade do solo, mas especificamente pelos efeitos proporcionados pela elevação do pH na correção com a calagem, resultando na neutralização deste elemento.

Os valores de fósforo de apresentaram maiores em ILP 64,3 mg.kg⁻¹, seguido do PC com 53,4 mg.kg⁻¹, e na VN <5 mg.kg⁻¹ (Tabela 1) nas camadas de 00-10 cm, caracterizando o ILP com melhores valores em fosforo, corroborando com Shneider (2018), ao estudar diferentes aplicações de fosforo no solo, concluiu independentemente da fonte de adubação fosfatada aumenta a disponibilidade de fosforo no solo, além do aumento proveniente da calagem.

Tabela 1. Análise química do solo

Camadas	pH KCl	K	Ca ⁺	Mg ⁺	H+Al	Al ³⁺	SB	CTC	CTC	V	m	P	M.O.
	-	mmolc.kg ⁻¹							%		mg.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹	
A1 00-10 cm	6,6	1,2	30	8	15	1	39,5	54,2	54,5	72	2	64,3	23
A1 10-20 cm	6,7	0,9	16	4	29	1	21,1	49,9	50,1	42	5	16,1	15
A1 20-30 cm	6,7	0,7	14	3	23	1	17,9	40,7	40,9	44	5	26,6	9
A1 30-40 cm	6,7	0,6	7	3	24	5	10,8	34,6	34,8	31	32	5	13
A2 00-10 cm	4,9	0,2	4	2	21	3	6,4	27,2	27,4	23	32	<5	7
A2 10-20 cm	3,9	<0,2	2	1	25	5	3,3	28,1	28,3	12	60	<5	11
A2 20-30 cm	4,1	<0,2	3	2	23	8	5,3	28,1	28,3	19	60	<5	8
A2 30-40 cm	4,1	<0,2	2	1	22	5	3,3	25,1	25,3	13	60	<5	6
A3 00-10 cm	4,8	1,5	10	2	11	<0,1	13,7	24,5	24,7	55	0	53,4	18
A3 10-20 cm	4,5	0,5	9	2	18	<0,1	11,6	29,5	29,6	39	0	35,7	16
A3 20-30 cm	4,2	0,2	8	3	22	2	11,4	33,2	33,4	34	15	15,9	19
A3 30-40 cm	4,2	0,2	7	2	20	3	9,4	29,2	29,4	32	24	5,8	18

A1= área de manejo Integração lavoura e pecuária; A2 = Vegetação Nativa; A3 = Plantio Convencional.

As camadas de diferentes manejos se encontram com valores de potássio baixo, apenas o ILP apresenta valores médio na camada de 00-20 cm, resultados semelhantes observados por Balmant (2019), que afirma que mesmo após doses anuais de P, pouco se conseguiu aumentar as formas de P mais disponível do solo. Os valores de mata nativa se assemelham aos demais sistemas e novamente com exceção do ILP com duas rotações, que com o efeito da palhada o solo sofre menos por lixiviação. Fatores de perdas de P no solo, resulta em perdas na produtividade.

Ficou evidente que os resultados da VN apresenta uma baixa CTC, e a ILP ficou com valores de CTC melhor que os demais sistemas de manejo, conseqüentemente, esses solos detêm de mais cargas negativas, proporcionando maiores valores de bases adsorvidas em seus coloides, onde a cobertura com a palhada e a diminuição do revolvimento do solo, foram fatores positivos que contribui para esse melhor resultado.

Os valores de matéria orgânica na mata nativa, na parte superficial do solo é bem mais presente no tocante aos demais sistemas, o que explica que os resultados dos demais manejos, o revolvimento do solo, a retirada da mata virgem reduz em quantidade estatística a MOS diminuindo assim o resíduos culturais presente no solo, no entanto, esses resultados também Freitas (2017) observou nos teores de matéria orgânica na análise de solo da propriedade que ele estudou, contestando valores semelhantemente decrescentes.

Na área de ILP com duas rotações a presença de matéria orgânica se sobressaiu em meio aos demais sistemas, a matéria orgânica estar intimamente relacionado a CTC do solo, haja vista que ela apresenta cargas negativas que varia em função do pH. OLIVEIRA et al., (2017), comenta que em sistemas onde não ocorre o revolvimento do solo, e a rotação de cultura e resíduos culturais na superfície, proporciona maiores valores de nutrientes. Ao contrário ao PC que resultou em decréscimo da matéria orgânica do solo. Os teores mais baixos de matéria orgânica em solos cultivados, quando comparados com a mata nativa se deve a uma decomposição maior da matéria orgânica, e ao desequilíbrio ocasionado por esse tipo de cultivo. (FARIA et al., 2010).

Quando o solo dispõe de baixas quantidades de atividade microbiana, afeta os ciclos bioquímicos, pois diminui a síntese e mineralização da matéria orgânica, consequentemente, os restos de resíduos deixados pela lavoura (VASCONCELOS, 2020). Considerada como um indicador chave de qualidade do solo (CONCEIÇÃO, 2005).

Tabela 2. Teores de micronutrientes em amostras de diferentes manejos, vegetação nativa, plantio convencional e integração lavoura pecuária, em Brejo – MA.

Camadas	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	Mg.dm ³				
A1 00-10 cm	0,26	0,7	19	1,6	1,8
A1 10-20 cm	0,19	0,5	37	0,8	0,3
A1 20-30 cm	0,24	0,5	48	0,6	0,3
A1 30-40 cm	0,22	0,5	59	0,5	0,2
A2 00-10 cm	<0,15	0,6	50	1	0,3
A2 10-20 cm	0,15	0,6	61	0,7	0,3
A2 20-30 cm	0,15	0,6	65	0,7	0,4
A2 30-40 cm	0,34	0,6	46	0,7	0,4
A3 00-10 cm	0,24	1	43	2,6	2
A3 10-20 cm	<0,15	0,9	52	1,8	1,3
A3 20-30 cm	<0,15	0,8	61	1,2	0,5
A3 30-40 cm	0,19	0,8	41	1	0,3

A1= área de manejo Integração lavoura e pecuária; A2 = Vegetação Nativa; A3 = Plantio Convencional. Cu, Fe, Mn e Zn determinados com o extrator DTPA, B = água quente.

Os valores de B, Cu, Fe Mn e Zn (Tabela 2), mostraram melhores valores nos manejos de PC e ILP em comparação a VN, esses micronutrientes são importantes no desenvolvimento e sobrevivência dos vegetais bem como nos aparatos de atividades metabólicas (CARVALHO et al, 2012). Ressaltando que o manejo de ILP se sobressai em comparação aos demais manejos.

5. CONCLUSÕES

A ILP com o uso de resíduo de lavoura sobre o solo demonstrou melhores valores quanto à qualidade química em relação ao SPC, sendo aquele manejo do solo o mais propício para o bioma Cerrado maranhense. Evidenciando a importância da pesquisa no manejo de solo, que destaca a ILP como um potencial de manejo do solo para produção de alimentos, contribuindo para a gestão sustentável dos solos do Cerrado brasileiro.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. G.; SODRÉ, R. B.; MATTOS JUNIOR, J. S. de. *O MATOPIBA nas chapadas maranhenses: impactos da expansão do agronegócio na microrregião de Chapadinha*. Rev. NERA, Presidente Prudente, v. 22, n. 47, p. 248-271, 2019.

ARAÚJO, Y. R. V. A.; SOARES, H. C. C.; COELHO JUNIOR, L. M.; CARVALHO, M. Geração de energia dos resíduos da arborização urbana de João Pessoa: uma estratégia de MDL. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DIER, S.G. **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 524-537. 2019.

ARAUJO, L.S.; SILVA, G. B.; TORRESAN, F.E.; VICTORIA, D.; VICENTE, L. E.; BOLFE, E.L.; MANZATTO, C. Conservação da Biodiversidade do Maranhão: Cenário Atual em Dado Geoespaciais. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente-Documents (INFOTECA-E), 2016.

BARROS, Carlos Eduardo. Indicadores de qualidade do solo de parte dos lotes do assentamento rural companheiro Keno, Jacarezinho/PR: uma síntese inacabada. 2017. 143 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, campus experimental de Ourinhos, 2017. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/156328>>.

BRASIL. **Lei nº 12.305 de 2 agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: DOU, 2010.

CUNHA, A. G. M.; CARDOSO, P. H. S.; ALVES, J. L. Consumo e Produção Responsáveis na ótica do objetivo do Objetivo do Desenvolvimento Sustentável. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 326-341. 2019.

DA SILVA, R.F.; PORTILHO, I. I. R.; AQUINO, A. M.; OTSUBO, A. A.; GUIMARÃES, M.F. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema plantio direto no Cerrado Acta Iguazu, Cascavel, v.7, n.1, p. 60-74, 2018.

FRANÇA, K. M. A.; ROCHA, L. F. C. S.; SOUSA, L. F. C.; MELO, R. S.S.; DANTAS, A. C. A. Caracterização morfológica de cajuí (*Anacardium sp.*) do Cerrado Sul Maranhense. **ACTA TECNOLÓGICA** v.14, nº 1, 2020.

FREITAS, A.R.R.; NAPIMOGA, M.; DONALISIO, M.R. Análise da gravidade da pandemia de Covid-19. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 29, n. 2, Epub, abr, 2020. Disponível em:

https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2237-96222020000200900. Acesso em: 20 abril. 2020.

FREITAS, L. OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S.; FRARE, C.V. - Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. UNIMAR CIÊNCIAS-ISSN 1415-1642, Marília/SP, V. 26, (1-2), pp. 08-25, 2017.

FERRÃO G. E, ARAÚJO, R. B.; FERNANDES, M. H.; FERREIRA, A. G. C. Descrição dos solos por estes na vista técnica do AMAZON SOIL 2018: o solo e seu papel na sustentabilidade dos agroecossistemas. Universidade Federal do Maranhão campus Chapadinha em 28 mar. 2018.

FREITAS, G. P.; SILVA SEGUNDO, V. B.; COELHO JUNIOR, L. M.; CARVALHO, M. Pegada de carbono da geração de eletricidade com bagaço de cana-de-açúcar na usina sucroalcooleira. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DIER, S.G. **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 538-546. 2019.

FORTE C. T.; GALON. L.; BEUTLER. A. N. PERIN. G. F.; PAULETTI. E. S. S.; BASSO. F. J. M.; HOLZ, C. M.; SANTINN, C. O. Coberturas vegetais do solo e manejo de cultivo e suas contribuições para as culturas agrícolas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 13: e5501, 2018.

GUALBERTO, A.V.S.; SOUZA, H. A.; VOGADO, R. F.; LEITE, L. F. C.; CUNHA, J. R. Atributos químicos do solo sob sistemas de manejo integrados no Cerrado maranhense. III Jornada Científica, Embrapa Meio-Norte, 2017.

LEITE, I. R. G.; MARTINS, M. F. Minimização da geração de resíduos pela produção mais limpa em engenho produtor de cachaça na paraíba. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 263-276. 2019.

LUZ, E. L. P.; MEDEIROS, M. C. Economia circular aplicada à agroindústria canavieira; sustentabilidade e inovação na cadeia produtiva. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 240-250. 2019.

MACHADO, Ângela Franciely. Dissolução, doses de calcário, métodos e disponibilidade de nutrientes em cinco solos do Tocantins.2017.61f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Gurupi, 2017.

MARTINS FILHO, J. B.; NEVES, R. A.; ARAÚJO, J. S.; FERRÃO, G. E.; PIRES, I. C. G. Resíduos orgânicos agropecuários e biodigestores: análise sobre a produção bibliográfica do período de 2000-2017. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 5, p. 281-293, 2018.

MARTINS FILHO, J. B.; CUNHA, A. J. S.; PIRES, I. C. G. FERRÃO, G. E. Compostagem de resíduos orgânicos nos planos estaduais de resíduos sólidos. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 41-52. 2019.

MELO, Will Sandes de. Análise das diretrizes e estratégias para redução da geração de resíduos orgânicos nos planos de resíduos sólidos. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 342-351. 2019.

NEVES, R. A.; MARTINS FILHO, J. B.; FERRÃO, G. E.; PIRES, I. C. G. Diagnóstico do resíduo de poda: estudo de caso do campus de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DIER, S.G. **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 516-523. 2019.

OLIVEIRA, J. C.; LIRA, R. C.; BARBALHO, A. S. S.; FREITAS, S. S. Gerenciamento e impacto ambiental e socioeconômico do coco nas praias do Cabo Branco, Manaíra e Tambá, João Pessoa – PB. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DIER, S.G. **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 240-253. 2019a.

OLIVEIRA, V. M.; SILVA, Q. J.; SILVA, J. C.; PORTO, A. L. F. Uso de resíduos orgânicos do pescado como ferramenta de aprendizado em aulas práticas de bioquímica. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 185-194. 2019b.

OLIVEIRA, R. S. Variação estacional e anual da precipitação e da temperatura do ar na cidade de barreirinhas/MA. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Maranhão, Curso de Agronomia, 2016.

OZÓRIO, J. M. B.; ROSSET, J. S.; SCHIAVO, J. A.; PANACHUKI, E.; SOUZA, C. B. S.; MENEZES, XIMENES. T. S.; CASTILHO, S. C. P.; MARRA, L. M. Estoque de carbono e agregação do solo sob diferentes sistemas de uso no Cerrado. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)**, v. 55, n. 2, p. 242-255, 2020.

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço Hídrico e Classificação Climática para uma Determinada Região de Chapadinha-Ma. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, Fortaleza, v.10, n.4, p.758-766, 2016.

PIRES, I. C. G.; FRAZÃO, L. A.; FERRÃO, G. E.; CAMARGO, P. B. Qualidade Química do Solo sob manejo conservacionista no Cerrado maranhense. IN:MENEZES, N. S; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L. ALMEIDA, I. M. S. **Resíduos sólidos: Educação e meio ambiente**. – 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2021, p. 491-508.

RADA, N. Assessing Brazil's Cerrado agricultural miracle: na update. *Revista de Economia e Agronegócio*. Vol. 11, nº 1, 2013, p. 1-38.

SANTOS, C.C.M. MATOPIBA: Um nova fronteira agrícola ou um reordenamento geográfico do agronegócio e dos espaços produtivos de “Cerrados”? **Cadernos do CEAS**, v. 245, p. 570-600, 2018.

SERRA, A. P.; de ALMEIDA, R. G.; LAURA, V.; FERREIRA, A. Fundamentos técnicos para implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto. **Embrapa Gado de Corte-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2019.

SILVA, A. R.; SCHWARTZ, G. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies florestais em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta no leste da Amazônia. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.12, p.45-63, 2019.

SILVA, G. R.; PAULETTO, DA.; SILVA, A. R. Dinâmica sazonal de nutrientes e atributos físicos do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 63, 2020.

SIMON, C.P.; VITÓRIA. E. L.; LACERDA, E. G.; AVANCINI, Y. S.; RODRIGUES, T. F.; SIMON, C. A. Emissão de CO₂, atributos físicos e carbono orgânico total em diferentes sistemas de preparo do solo. **Nativa, Sinop**, v. 7, n. 5, p. 494-499, set./out. 2019.

SOARES, F. I. L.; SOARES, L. A. DA L.; REIS, L. DA L. DOS; MARTINS, A. E. DE S.; RODRIGUES, J. C.; BRESCOVIT, A. D.; FORMIGA, L. D. A. DA S. Estudo da composição e abundância de aranhas (*arachnida: araneae*) de solo em duas fitofisionomias do Cerrado, Maranhão, Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 6, n. 2, p. 95-105, 10 set. 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. (2010). *Plant Physiology*. Massachusetts: Sinauer Associates, 5 ed. p.782.

THEODORO, G. F.; GOLIN, H. O.; REZENDE, R. P.; ABREU, V. L. S.; SILVA, M. S. Influência de sistemas de preparo na manutenção da palhada e resistência do solo à penetração. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 2, p. 25-30, abr./jun. 2018.

VIDALETT, S. F. **Caracterização dos atributos químicos e físicos de solos em diferentes sistemas de manejo no município de conceição – PB**. 2018. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2018.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Agenda 2030: Objetivo do Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

5.9 POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE RECIFE, PERNAMBUCO

SILVA, Anna Cecília Ribeiro Alves da
UFRPE
cecilia.ribeiro.414@gmail.com

OLIVEIRA, Julia Gabriela de
UFRPE
juliagabrielaeng@gmail.com

GUEDES, Flávio Leôncio
GRS/UFPE; Gampe/UFRPE
f_l_guedes@hotmail.com

RESUMO

A necessidade de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos de forma ambientalmente adequada, como também a busca por novas matrizes energéticas, apontam à necessidade que os municípios busquem alternativas para destinação final dos resíduos. A fim de contribuir com a matriz energética do município de Recife, Pernambuco, e realizar uma destinação correta para os resíduos sólidos, objetivou-se verificar o potencial dos RSU produzidos em Recife para o aproveitamento energético, através da análise da produção, características e destinação dos resíduos, a fim de sugerir recomendações para gestão municipal. Para isso, foram analisadas a rota tecnológica atual, três métodos de aproveitamento energético e a composição gravimétrica dos RSU. Os RSU apontam uma considerada fração de materiais com elevado PCI, tornando o tratamento térmico uma alternativa que proporciona o maior aproveitamento energético, levando em consideração a redução de volume presente nos aterros e a provável quantidade de energia gerada, além do aumento de vida útil dos aterros. As demais rotas tecnológicas não devem ser descartadas, visto que é necessário fazer avaliações econômicas e ambientais detalhadas, que não foram objeto de estudo do presente trabalho. Além disso, em comparação com a rota do GDL, a rota da digestão anaeróbica traz como benefício a redução de volume, o que ocasiona um prolongamento da vida útil do aterro. A utilização deste método é de grande valia visto que, na análise gravimétrica, há uma considerável fração de matéria orgânica.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos Energéticos; Energia de Resíduos; Rotas Tecnológicas.

1. INTRODUÇÃO

Entre os anos de 2010 e 2019, devido ao crescimento urbano, o Brasil apresentou um acréscimo de 10% na geração total de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), atingindo a marca de 79 milhões de toneladas, de acordo com dados obtidos pela Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020). Destes, 40,5% tiveram uma destinação considerada inadequada. Tratando-se especificamente da Região Nordeste, segunda maior região produtora de RSU com cerca de 16 milhões de por t/ano, 35,6; 32,9 e 31,5% destes resíduos foram destinados a aterros sanitários, aterros controlados e lixões, respectivamente.

Apesar da instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) pela Lei nº 12.305/10 (BRASIL, 2010), o gerenciamento brasileiro dos RSUs, segundo Soares, Miyamaru e Martins (2017), ainda necessita de maior incentivo econômico e estrutural para a reciclagem e o aproveitamento energético destes resíduos no Brasil, através de políticas públicas mais rigorosas.

O processo de recuperação energética dos resíduos sólidos não é uma realidade no Brasil. De acordo com Soares (2017), resíduos sólidos de origem urbana podem ser mais eficientemente destinados e reaproveitados para a produção de energia elétrica. Existem alternativas tecnológicas para tais processos de destinação e reaproveitamento energético que merecem ser estudadas e avaliadas, considerando os seus processos dissipativos e seus impactos ambientais durante os ciclos de vida.

Em Pernambuco, apesar de grande parte dos municípios ainda utilizarem os lixões para destinarem os resíduos (80%), de acordo como o Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Pernambuco (2012), a mesma proporção não se mantém quando avaliada a disposição em termos quantitativos, cerca de 58% dos resíduos produzidos no estado são destinados a aterros sanitários. Numa avaliação em 2011, foram identificados 39 lixões inativos (municípios que possuem ou compartilham aterros sanitários) e 145 lixões ativos, no estado de Pernambuco. Dos 39 (trinta e nove) lixões inativos, 5 (cinco) encontram-se em remediação, com Autorização Ambiental (AA): Mirueira, em Paulista; Cabo de Santo Agostinho; Aguazinha, em Olinda; Muribeca, em Jaboatão dos Guararapes; e, Raso da Catarina, em Petrolina (PERNAMBUCO, 2012).

Em termos de avaliação do panorama da composição de resíduos sólidos urbanos no estado de Pernambuco, foram analisados os percentuais de vidro, metal, plástico e papel, de forma a identificar o potencial de material reciclável encontrado na massa de resíduos produzidos, assim como os valores equivalentes à matéria orgânica e a rejeitos. Essa avaliação é importante para a valorização da coleta seletiva, uma vez que o estado perde cerca de R\$ 40 milhões/mês (valores estimados para 2012) com a falta de comercialização dos produtos recicláveis, assim como perde bastante espaço com a destinação final inadequada, uma vez que apenas os rejeitos devem ser dispostos adequadamente na natureza. (PERNAMBUCO, 2012).

Os resíduos sólidos em Recife são coletados pelo sistema de coleta convencional e

dispostos em aterro sanitário (RECIFE, 2014). Em virtude da ineficiência das políticas de incentivo no tocante à estruturação de sistemas de coleta seletiva e de triagem eficientes, os resíduos sólidos são direcionados para o aterro sanitário sem tratamento preliminar, tornando-os desvalorizados e inaproveitados, gerando sérios entraves gerenciais, como a redução da vida útil do aterro sanitário e elevados custos para o município (SILVA, 2017). Desta forma, o objetivo desta pesquisa é verificar o potencial dos Resíduos Sólidos Urbanos do município de Recife para o aproveitamento energético, através da análise da produção, características e destinação dos resíduos, a fim de sugerir recomendações para gestão municipal.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

Os RSU, de acordo com a Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), englobam os resíduos domiciliares originários de atividades domésticas em residências urbanas e os de limpeza urbana oriundos da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza na cidade. A população mundial está aumentando de forma acelerada. Posto isto, a geração de RSU e os seus problemas sociais, econômicos e ambientais também se intensificaram, ao longo dos anos. A deficiência de aplicação dos serviços de gestão integrada de resíduos sólidos tem gerado diversos impactos negativos na sociedade e no meio ambiente (VIEIRA et al., 2017, SILVA, 2019).

O processo de crescimento demográfico urbano gera a expansão da população nas cidades e ocasiona um fenômeno comum que demanda atenção a estes espaços urbanos, por causarem um crescimento desordenado decorrente do processo de globalização (QUEIROZ; GOMES-JUNIOR, 2018, PINHEIRO et al., 2019, BORGES et al., 2020). É cediço que a análise da temática ambiental acerca de resíduos sólidos envolve necessariamente a questão do consumo natural do ser humano, para sua sobrevivência, e cultural, estimulado pelo capitalismo contemporâneo e incrementado pelo desenvolvimento tecnológico (SILV et al., 2018, RAMOS, 2020).

Uma política pública importante para o aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos no país é a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que traça os objetivos gerais da intervenção estatal referente ao setor, os recursos e os instrumentos passíveis de ser mobilizados com tal intuito e os atores relevantes em sua implementação, onde se destacam os governos locais (OLIVEIRA, 2020). Nas últimas décadas foram desenvolvidas diversas tecnologias que permitem que os resíduos sólidos possam ser transformados em algo útil à sociedade, passando a ter um valor econômico, acarretando diminuição do material destinado ao aterro e mitigando impactos ambientais (GUEDES et al., 2019).

2.2 Resíduos Sólidos Urbanos Energéticos (RSUE)

No Brasil, a prática tradicional adotada para o gerenciamento dos RSU consiste na disposição final em aterros sanitários (RIBEIRO et al., 2018). Por outro lado, em países

desenvolvidos, destacam-se as inovações e evoluções tecnológicas importantes, que têm acompanhado as demandas energéticas, materiais e ambientais (SOLIANI; KUMSCHLIES; SCHALCH, 2019, SANTOS JUNIOR et al., 2020). O gerenciamento da destinação final de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) não tem recebido notória importância por parte dos governantes nos últimos anos, por isso a associatividade entre municípios ou consórcios públicos tem se mostrado uma alternativa emergente, não só pela economia de custos, mas também visando um possível aproveitamento energético (NASCIMENTO et al., 2018, FOLLETO, GOMES, CAETANO, 2020).

Os RSU oriundos de atividades domésticas em residências urbanas podem ser elegíveis para recuperação energética. Esses resíduos possuem alto poder calorífico, sendo uma das possibilidades de tratamento a recuperação de energia através de processos termoquímicos (DRUDI, 2019). A NBR 16.849 (ABNT, 2020) estabelece os requisitos para o aproveitamento energético de RSU, promovendo a utilização de forma segura e sustentável, por meio do uso racional de RSU na preparação e o emprego de tecnologias adequadas de queima. O sistema de classificação do RSUE determina os valores limites de três características do resíduo: PCI na base seca; teor de cloro, como recebido; e teor de mercúrio, como recebido (Tabela 1).

Tabela 1. Limites para classificação dos RSUE

Características de classificação				
Unidade	Medida estatística	Classes		
	PCI (base seca)	P1	P2	P3
kcal/kg	Limite inferior da média ($P \geq 95\%$)	$PCI \geq 4750$	$4750 > PCI \geq 3580$	$3580 > PCI \geq 2390$
	Teor de cloro	C1	C2	C3
%	Limite Superior da média ($P \geq 95\%$)	$CI \leq 0,5$	$0,5 < CI \leq 1,5$	$1,5 < CI \leq 3,0$
	Teor de mercúrio	H1	H2	H3
mg/kg	Média aritmética	$Hg \leq 0,1$	$0,1 < Hg \leq 0,25$	$0,25 < Hg \leq 0,5$
	Percentil de 80	$HgP80 \leq 0,2$	$0,2 < HgP80 \leq 0,5$	$0,5 < HgP80 \leq 1$

Fonte: ABNT (2020)

O uso de recuperações de RSUE pode ser entendido como a transformação de resíduos em energia, ou seja, a realização de uma reciclagem energética. A energia de biomassa ainda tem pouca participação na matriz energética do Brasil, representando cerca de 9,1% dos 421,0 TWh dispostos no ano de 2020 (EPE, 2021). Esta fonte de energia tem como principais matérias-primas lenha, bagaço de cana, lixo e outras recuperações. Estimativas apontam que há uma produção diária de 160 mil toneladas de resíduos sólidos e, destes, cerca de 30 a 40% são considerados passíveis de reaproveitamento e reciclagem (IPEA, 2017).

2.3 Potencial Energético dos Resíduos Sólidos

O objetivo da PNRS é destinar o mínimo possível para o aterro sanitário, ou seja, primeiramente, redução de volume de resíduos e, depois, recuperar todo o material e o potencial energético aproveitáveis, dispondo apenas os rejeitos no aterro sanitário (MEDEIROS et al., 2020, SOUZA; SILVA, 2021). A destinação final ambientalmente adequada dos resíduos baseia-se na destinação de resíduos que considere, além de todas as etapas da hierarquia de gerenciamento de RSU, o aproveitamento energético (MERSONI; REICHERT, 2017, PIRES, 2021).

Estudos indicam que a recuperação energética e tratamento proporcionam mais efeito em termos ambientais e energéticos que os atuais sistemas de gestão de resíduos sólidos em aterros sanitários (CIMPAN; WENZEL, 2013, LIMA; EL-DEIR, 2021, GUEDES et al., 2021). Segundo Vieira e Candiani (2021), os resíduos depositados em aterros podem tornar-se uma fonte de calor e combustível, possibilitando a geração de energia.

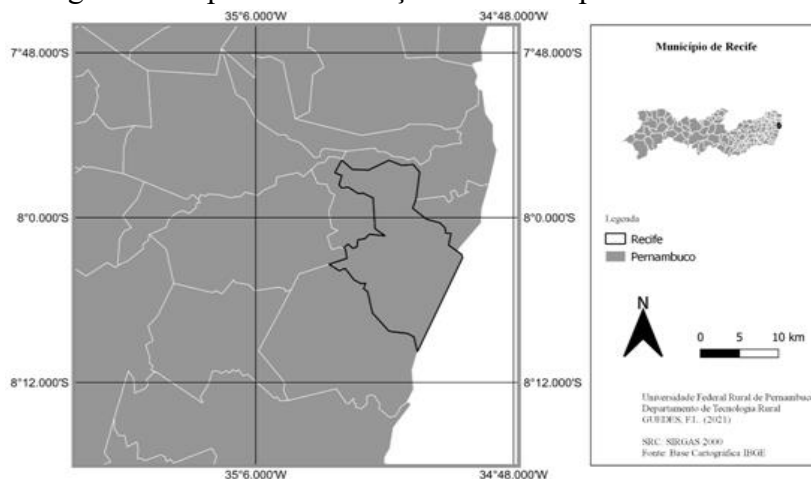
A estimativa do potencial energético através da escolha do tratamento mais adequado para a gestão dos RSU de determinada localidade deve ser baseada em fatores econômicos, sociais, ambientais e técnicos. Entre os fatores técnicos, um dos mais importantes é a composição gravimétrica dos RSU. A fração orgânica constitui o fator determinante para a viabilidade da compostagem e da biodigestão anaeróbia, ao passo que fração combustível determina a viabilidade da incineração em razão dos elevados valores do poder calorífico desses materiais (SILVA, 2015, MENDES; STHEL, 2017).

3. METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado no município de Recife (Figura 1), capital do estado de Pernambuco. A cidade fica localizada na região Nordeste do Brasil, sob as coordenadas geográficas latitudinal de 8° 04' 03'' S e longitudinal de 34° 55' W, em uma altitude de 4 m acima do nível do mar. O município gera aproximadamente 825,4 mil t. Ano⁻¹ de Resíduos Sólidos.

Figura 1. Mapa de Localização do Município de Recife-PE



3.2 Passos Metodológicos

Na primeira etapa da pesquisa foi utilizado dados secundários advindos de levantamento documental e bibliográfico, através de um estudo de caso do município de Recife. De acordo com Gil (2019), o levantamento documental aproxima-se da pesquisa bibliográfica, pois se constitui no processo que utiliza técnicas e métodos para a percepção, entendimento e observação de dados.

Na segunda etapa os dados foram analisados e relacionados com as seguintes áreas de conhecimento:

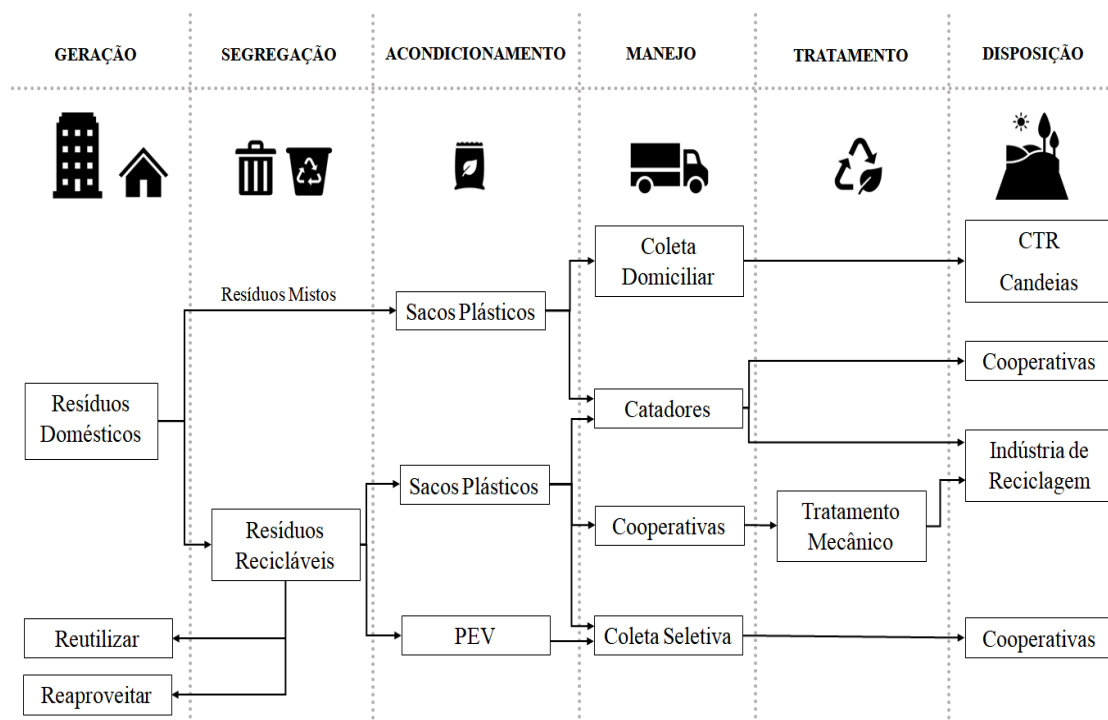
- (i) Rota Tecnológica;
- (ii) Análise Gravimétrica; e
- (iii) Análise do Potencial Energético dos RSU.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise da Rota Tecnológica de RSU em Recife

A rota tecnológica (RTC) dos RSU em Recife (Figura 2), se divide em convencional para os resíduos mistos, no qual engloba 100% da área urbana e coleta seletiva, para os resíduos recicláveis.

Figura 2. Rota Tecnológica dos RSU do Município de Recife-PE



Apesar da disposição final dos RSU praticada no município do Recife ser considerada adequada do ponto de vista ambiental, atualmente, o aproveitamento energético não constitui parte integrante deste processo, que também está incluído como alternativa adequada na PNRS, no 1º parágrafo do artigo 9º (BRASIL, 2010).

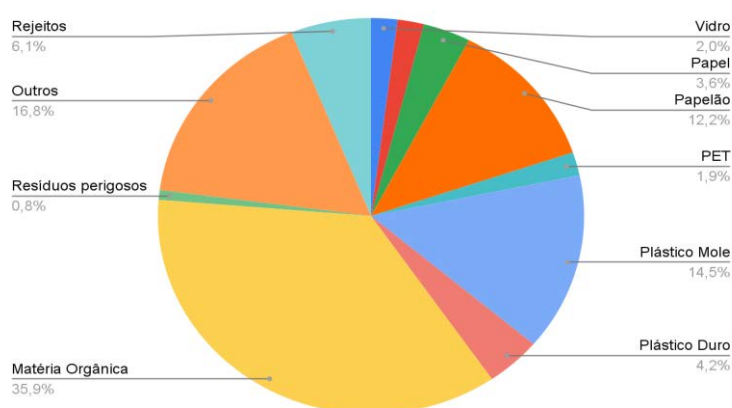
No entanto, o desenvolvimento energético dos RSU promove diversos benefícios como a geração de empregos, mitigação de gases que provocam as mudanças climáticas,

substituição de combustíveis fósseis, adequado sistema sanitário e o uso de transferência de tecnologia (MENDONÇA, BORNIA, 2019).

4.2 Análise Gravimétrica

A dinâmica das modificações do cenário urbano relacionados à geração de resíduos é sazonal, principalmente em se tratando de uma capital, presume-se que algumas alterações ocorreram devido ao consumo, frequência e ano. Alguns dados relacionados aos resíduos gerados devem ser sempre atualizados, entretanto, as estimativas de geração de resíduos sólidos são baseadas nos dados levantados naquela ocasião. Segundo Medeiros, Gouveia e Guedes (2021), a partir da composição gravimétrica se pode determinar os percentuais, em peso, de cada um dos componentes dos resíduos domiciliares (Figura 3).

Figura 3. Composição Gravimétrica de RSU do Município de Recife-PE



Fonte: Adaptado a partir de Tavares (2018)

Segundo Tavares (2018), os municípios da Região Metropolitana do Recife possuem uma boa cobertura de coleta convencional, onde é alto o percentual de população atendida, porém quando se trata de coleta seletiva, ainda é preciso avanço. O percentual de coleta diferenciada é pequeno e, estimando uma média de aproveitamento de 63,5%, na RMR apenas 1,12% dos resíduos coletados são aproveitados para reciclagem.

Os RSU podem ser considerados uma elevada fonte de matéria orgânica, em que cerca de 50 a 60% desta fração pode propiciar geração de energia elétrica através da exploração do biogás (MURARA, 2016). Neste caso, a energia elétrica é produzida a partir do gás metano, por meio da compostagem, em adubo orgânico, agredindo menos a natureza. O gás metano, assim como o gás natural, pode apresentar poder calorífico entre a faixa 4.500 e 6.000 kcal/m³, podendo ser consumido diretamente.

É importante ressaltar que nem todos os RSU terão melhor destinação quando encaminhados para o aproveitamento energético. Existem níveis de prioridades na gestão de resíduos sólidos, que seguem a seguinte hierarquia: reciclagem; compostagem; recuperação energética e, por fim, aterro sanitário. Sendo assim, materiais recicláveis como papelão, vidro, PET e determinados plásticos, que não estejam contaminados,

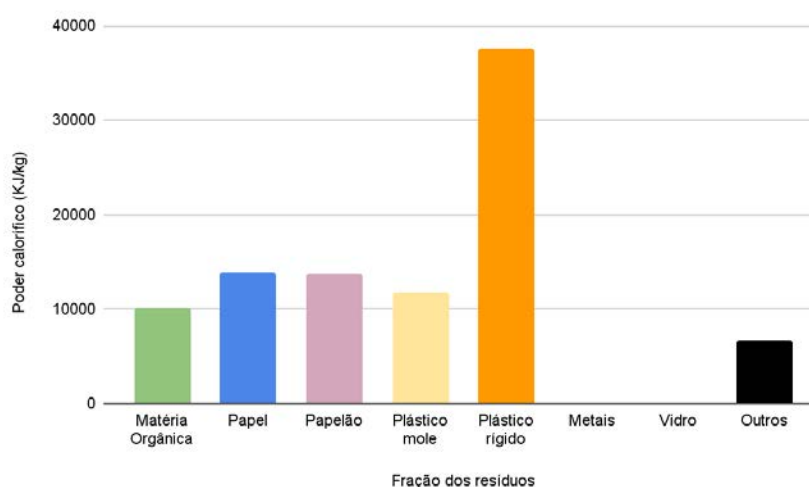
seguiram para outros propósitos diferentes da geração de energia, bem como os materiais classificados como perigosos que possuem características como toxicidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade e patogenicidade.

4.3 Análise de Métodos de Aproveitamento Energético dos RSU

A reciclagem energética por incineração, procedimento realizado em usinas, pode ser definida como a queima ou incineração de RSU, por meio dos incineradores de combustão em grelha, para sua transformação em energia elétrica que pode ser utilizada por diversos setores da economia. (CARVALHO, 2019). Este método utiliza o processo de queima massiva e não necessita de triagem prévia de materiais recicláveis por grupo. Considerando-se o Poder Calorífico Inferior (PCI) de materiais normalmente encontrados nos RSU, a incineração é tecnicamente viável para materiais como, por exemplo, plásticos, borracha, couro, têxteis e madeira. Estes resíduos apresentam PCI na faixa compreendida entre 6.300 e 2.520 kcal/kg, desta forma, não exigem pré-tratamento que eleve o poder calorífico. Neste método, malefícios como a emissão de gases poluidores têm sido cada vez mais minimizados com estudos e aplicações de filtros capazes de reduzir consideravelmente essas emissões. Além disso, um dos benefícios é a redução de volume de resíduos depositados que pode atingir 90% do volume original, além da utilização das cinzas como matéria prima para a produção de determinados tipos de cimento.

Foi possível observar que a fração dos RSU de Recife com maior poder calorífico é de plástico rígido, desta forma, apresenta-se como ótimo combustível para usinas térmicas de resíduos, além de ser retirado dos aterros sanitários pela difícil biodegradabilidade e elevado volume ocupado no espaço (Figura 4). A destinação final das frações dos RSU deve ser escolhida com base nas informações a respeito do poder calorífico, umidade e biodegradabilidade, além dos aspectos administrativos do gerenciamento dos RSU.

Figura 4. Poder Calorífico Inferior (PCI) dos RSU



O gás de lixo (GDL) ou biogás pode passar por processos de aproveitamento energético

através de sua captura e queima. Este uso energético é considerado o mais simples dos RSU e é variável ao longo do tempo, sendo acumulativo até decrescer exponencialmente. Neste método, graças a presença de microorganismos que realizam a decomposição anaeróbica dos resíduos orgânicos, componentes dos RSU, em substâncias como o metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), água, gás sulfídrico (H₂S) e outros componentes, há a geração de biogás produzido em aterros. A queima do GDL pode transformá-lo em alguma forma de energia útil, como vapor, combustível para caldeiras ou fogões, eletricidade e etc. No entanto, este método não reduz significativamente o volume de lixo acumulado.

A conversão de material orgânico em dióxido de carbono, lodo e metano por meio de bactérias, em meio escasso de oxigênio, é chamada de digestão anaeróbica, produzindo biogás. Contrário ao aproveitamento energético do GDL, no processo de digestão anaeróbica há uma produção constante do combustível ao longo da vida útil das instalações de tratamento. Neste, há a necessidade de um pré-tratamento da carga de entrada na qual são separados os resíduos não digeríveis. Um dos pontos vantajosos deste método em relação ao GDL é a redução em até 65% da quantidade de resíduos depositados em aterros sanitários, o que pode até triplicar a vida útil de um aterro sanitário. Dependendo das composições dos materiais utilizados e da tecnologia aplicada, a produção de biogás pode variar entre 100 e 140 m³ por tonelada de matéria orgânica, com teor de metano entre 50% e 60% de volume.

5. CONCLUSÕES

O gerenciamento de RSU aliado à busca por novas matrizes energéticas une-se a necessidade dos demais setores que buscam alternativas para destinação final ambientalmente adequada dos RSU municipais.

De acordo com a análise gravimétrica do município do Recife, foi possível observar que os RSU contribuem com uma considerada fração de materiais de elevado PCI, tornando tratamento térmico a alternativa que proporciona o maior aproveitamento energético, levando em consideração a redução de volume presente nos aterros e a provável quantidade de energia gerada, além do aumento de vida útil dos aterros.

As demais rotas tecnológicas não devem ser descartadas, visto que é necessário fazer avaliações econômicas e ambientais detalhadas, que não foram objeto de estudo do presente trabalho. Além disso, em comparação com a rota do GDL, a rota da digestão anaeróbica traz como benefício a redução de volume, o que ocasiona um prolongamento da vida útil do aterro. A utilização deste método é de grande valia visto que, na análise gravimétrica, há uma considerável fração de matéria orgânica. A falta de tecnologias de tratamento é o principal problema do não aproveitamento dos RSU no Recife.

O tratamento existente é a reciclagem da coleta seletiva, mas como abrange um percentual pequeno, observa-se que grandes partes dos resíduos que poderiam ser aproveitados energeticamente estão sendo desperdiçados em aterros sanitários.

Dessa forma, para aumentar o fluxo energético dos RSU do Recife, após uma breve separação, a rota tecnológica mais ambientalmente adequada deve-se: encaminhar para a reutilização ou reciclagem dos materiais economicamente viáveis; direcionamento para aterros sanitários ou sistemas de compostagem da parcela orgânica e de papel e/ou papelão não reciclável; e o envio da porção restante para as unidades de tratamento térmico, desde que seja economicamente viável

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16849: Resíduos sólidos urbanos para fins energéticos – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. (2020) **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. São Paulo: ABRELPE. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/panorama-2020/>> Acesso em: 11 jun. 2021.

BORGES, I. M. S.; LIMA, C. A. O.; FERNANDES, A. C. G.; NUNES, E. A. C., ALVES; ÁLISSON E. F.; NUNES, E. A. C.; NUNES, F. J. B.; ROCHA, A. L. S.; SANTOS JUNIOR, C. N.; BATISTA, C. S. **The urbanization process and its environmental impacts in the City of Fagundes, Paraíba: historical outline**. Research, Society and Development, v. 9, n. 8, p. 1-18, 2020.

CARVALHO, J. T. A.; SANTOS, G. F. dos; RIBEIRO, L. C. S.; MATA, H. T. da C. Sustentabilidade e rotas tecnológicas de reciclagem para a cidade de Salvador, no âmbito da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Planejamento E Políticas Públicas**, n. 52, 2019. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/867>> Acesso em: 12 jul. 2021.

CIMPAN, C.; WENZEL, H. **Energy implications of mechanical and mechanical-biological treatment compared to direct waste-to-energy**. Waste Management, v. 33, n. 7, p. 1648–1658, 2013.

DRUDI, K. C. R.; DRUDI, R.; MARTINS, G.; ANTÔNIO, C. G.; LEITE, C. J. T. **Statistical model for heating value of municipal solid waste in Brazil based on gravimetric composition**. Waste Management, v. 87, p. 782–790, 2019. Disponível em: < DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasima.2019.03.012>>. Acesso em: jun 2021.

EL-DEIR, S. G.; BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J. (Orgs.). **Resíduos sólidos [livro eletrônico]: diagnósticos e alternativas para gestão integrada**. 2ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 155.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Balanco Energético Nacional 2021**. Brasília: EPE, 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

FOLETTTO, F. A.; GOMES, L. P.; CAETANO, M. O. **Aproveitamento energético e ações consorciadas no contexto dos resíduos sólidos urbanos**. Revista DAE. São Paulo, v. 68, n. 221,

p. 60-70, 2020.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019. 248 p.

GUEDES, F. L.; ALMEIDA, A. J. G. A.; TAVARES, C. M.; JUCÁ, J. F. T. Avaliação de impacto do ciclo de vida do combustível derivado de resíduo produzido em Pernambuco. In: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Educação e Meio Ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 738-749.

GUEDES, F. L.; OLIVEIRA, A. D.; ALMEIDA, A. J. G. A.; JUCA, J. F. T. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos: um estudo sobre o combustível derivado de resíduo**. II Seminário Integrador. Disponível em: <<https://www.researchgate.net>>. Acesso em: 26 de jun. 2021.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **A organização coletiva de catadores de material reciclável no Brasil: dilemas e potencialidades sob a ótica da economia solidária**. Brasília: IPEA, 2017. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=29271>. Acesso em: 20 jun. 2021.

LIMA, R. C.; EL-DEIR, S. G. Análise do gerenciamento de resíduos sólidos no município de Vitória de Santo Antão – PE. In: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Educação e Meio Ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 677-692.

MEDEIROS, R. M.; GUEDES, F. L.; SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R. Plano de logística sustentável na gestão de resíduos sólidos aplicados em uma organização militar em Pernambuco. In: EL-DEIR, S.G.; MARQUES, M.M.N; SILVA, T.S. (Orgs) **Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p.195-212.

MENDES, L. F. R.; SHEL, M. S. **Thermoelectric Power Plant for Compensation of Hydrological Cycle Change: Environmental Impacts in Brazil**. Case Studies in the Environment, v. 1, n. 1, p.1-7. 2017.

MENDONÇA, A. K. S.; BORNIA, A. C. **Aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos: análise das políticas públicas**. Mix Sustentável. v. 5, n. 2, p.109-122. 2019.

MERSONI, C.; REICHERT, G. A. **Comparação de cenários de tratamento de Urban Solid Waste por meio da técnica da Avaliação do Ciclo de Vida: o caso do município de Garibaldi, RS**. Engenharia Sanitária. Ambiental, v. 22, n.5, p.863-875. 2017.

MURARA. Biomassa contida nos resíduos sólidos urbanos. **Assessorial Industrial e Florestal**. 2016.

NASCIMENTO, D. P.; MENEZES, V. L.; CHACARTEGUI, R. CARVALHO, M.; Produção de eletricidade a partir de biogás no aterro sanitário metropolitano de João Pessoa – PB. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 221-233.

NUNES, I. L. S. N.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 53-65.

OLIVEIRA, L. M. F. O.; CARNEIRO, R. **Políticas públicas e geração de energia através da biomassa dos resíduos sólidos no Brasil**. Energia na Agricultura, Botucatu, v. 35, n. 3, p., julho-setembro 2020.

PERNAMBUCO. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos**. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Recife, 2012, p. 306.

PINHEIRO, N. C. A.; PINHEIRO, P. A.; FARIAS, M. F. L.; MOCHEL, F. R. Percepção ambiental e conflitos sociais de moradores e catadores de Paço do Lumiar – MA. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (org.). **Resíduos Sólidos: os desafios da gestão**. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 91-105.

PIRES, I. C. G.; FRAZÃO, L. A.; FERRÃO, G.; CAMARGO, P. B. Qualidade química do solo sob manejo conservacionista no cerrado maranhense. In: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Educação e Meio Ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 504-520.

QUEIROZ, E. M. S.; GOMES-JÚNIOR, P. P.. Perfil socioeconômico dos catadores de materiais recicláveis do lixão de Serra Talhada – PE. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. Recife: EDUFRPE, 2018. 150-160 p.

RAMOS, S. P.; SANTOS, S. L. S.; OLIVEIRA, F. A. **Lei da política nacional de resíduos sólidos: análise conceitual de destinação e disposição adequadas de resíduos sólidos**. Revista Interdisciplinar Científica Aplicada, Blumenau, v. 14, n. 1, p. 1-14, 2020.

RECIFE. **Plano de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos de Recife (PGIRS)**. Diagnóstico e análise da situação atual (Produto 2). Recife: BRENCORP – Consultoria, Meio Ambiente e Empreendimento, 2014.

RIBEIRO, A. R. B.; SANTOS, M. V. N.; LIMA, T. L. A.; OLIVEIRA, S.A. Análise dos benefícios de uma gestão sustentável gerados com a utilização da logística reversa. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, p. 18-30. 2018.

SANTOS JÚNIOR, E. P.; SANTOS, P. R. A.; SILVA, A. L. T.; COELHO JÚNIOR, L. M. Concentração da oferta brasileira de eletricidade a partir dos resíduos animais e urbanos. In: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 341 - 354.

SILVA, E.R. (2015) **Estimativa do Potencial Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos por Diferentes Rotas de Tratamento**. 2015. 202f. Tese de Doutorado – Pós-Graduação em Energia, Universidade Federal do ABC, Santo André.

SILVA, I. H. F. R.; SILVA, R. M. S.; SILVA, D. K. S. A. B. O trabalho precarizado no lixo; um

lixão, uma renda e a subsistência. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. Recife: EDUFRPE, 2018. 150-160 p.

SILVA, T. S.; SOUZA, A. L. Cidades sustentáveis; análise dos objetivos de desenvolvimento sustentável e da legislação brasileira na ótica dos resíduos sólidos. In: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. (Org.). **Resíduos sólidos: Educação e Meio Ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 552-566.

SOARES, F; MIYAMARU, E; MARTINS, G. **Desempenho ambiental da destinação e do tratamento de resíduos sólidos urbanos com reaproveitamento energético por meio da avaliação do ciclo de vida na Central de Tratamento de Resíduos - Caieiras**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, Outubro 2017, Article 993-1003.

SOLIANI, R. D.; . KUMSCHLIES, M. C. G.; SCHALCH, V. **A gestão de resíduos sólidos urbanos como estratégia de sustentabilidade**. Revista Espacios. v.40, nº3, p. 9-31, 2019. Disponível em: < <http://www.revistaespacios.com/a19v40n03/a19v40n03p09.pdf> >. Acesso em: jun 2021

TAVARES, G. S. C. **Contribuição para a sustentabilidade na gestão dos resíduos sólidos urbanos nos municípios da região metropolitana do Recife (RMR) - 2018**. 66 f., Il., Tab. e Abr. e Sigl.

VIEIRA, L. C.; CANDIANI, G. **Potencial energético de resíduos sólidos urbanos na Região do Grande ABC Paulista**. Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais. v. 12, n. 2, 2021.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, R. C. V; SILVA, A. C.; VITORINO, K. M. N. Análise do programa de coleta seletiva da cidade de Aracaju-SE. In: EL-DEIR, S. G; BEZERRA, R. P. L; AGUIAR, W. J. (org.). **Resíduos sólidos: diagnósticos e alternativas para a gestão integrada**. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 160-167.

CAPÍTULO 6: PROCESSOS PRODUTIVOS

6.1 PRODUÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS; INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS ALTERNATIVOS

SANTA ROSA, Joedy Mayara de Souza
POLI/ UPE
Joedymsantarosa@gmail.com

LAFAYETTE, Kalinny Patrícia Vaz
POLI/ UPE
klafayette@poli.br

DANTAS, Danielli Matias de Macedo
POLI/ UPE
danielli.dantas@UFRPE.br

SILVA, Gustavo Ribeiro da
FIS
gustavoribeiro.7@hotmail.com

RESUMO

Nos últimos anos o número crescente na geração de Resíduos de Construção Civil (RCC) nos municípios brasileiros tem gerado preocupações significativas, neste contexto além dos RCC também estão no foco da geração de resíduos, os resíduos de pedras ornamentais, conhecidos como Resíduos de Corte de Mármore e Granitos (RCMG). Tendo em vista as alternativas de reaproveitamento de resíduos na atualidade, o presente trabalho tem como objetivo produzir tijolos ecológicos utilizando RCC e RCMG. O desenvolvimento da pesquisa se realizou conforme os requisitos recomendados pela NBR 10833:13 para fabricação de tijolos ecológicos, e posteriormente foram realizadas análises seguindo a NBR 8492:12 para verificação de suas propriedades mecânicas. Os resultados obtidos referentes ao limite de liquidez e índice de plasticidade do solo, foram respectivamente de 28% e 7%. Aos 7 dias o resultado com maior resistência obtida foi com RCMG30% e RCC70%, com valor médio de 4,1MPa, seguido do tijolo controle com 2,9MPa, em seguida o tijolo com RCMG15% com 2,5MPa e a menor resistência obtida foi com o tratamento RCMG100% com 1,9MPa. Os resultados obtidos no presente trabalho demonstram potencial de utilização dos resíduos reciclados na incorporação da produção de tijolos ecológicos, promovendo uma alternativa sustentável para a construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos, Sustentabilidade, Solo-cimento.

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento do déficit habitacional de 5,877 milhões no ano de 2019, a preocupação sobre a necessidade de novas habitações no Brasil é crescente (CBIC, 2021). Como incentivo para reduzir esse déficit habitacional e alavancar o setor da construção civil, as taxas para financiamento imobiliário sofreram uma redução expressiva no mês de outubro de 2020 passando para 6,25% a 8% mais TR ao ano (BRASIL, 2020).

Segundo dados informados pela Associação Brasileira das Entidades de Crédito Imobiliário e Poupança (ABECIP) em boletim informativo emitido em março de 2021, o presente cenário apresenta os recordes nos financiamentos imobiliários na modalidade de Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo (SBPE), no qual no mês de fevereiro de 2021 atingiram R\$ 12,45 bilhões, que desde o ano de 1994 não registrava esses valores neste devido mês.

O reflexo deste crescimento também preocupa devido à potencialidade de geração de resíduos em que o setor é responsável, no ano de 2019 foram coletados cerca de 44,5 milhões de toneladas de Resíduos de Construção Civil (RCC) nos municípios brasileiros. Quando comparado com o ano de 2010, que contabilizou um total de 33 milhões de toneladas, representa um aumento de aproximadamente 35% (ABRELPE, 2020).

Além da geração de RCC, resíduos de setores indiretos que igualmente atendem ao setor da construção civil também estão no foco da geração de resíduos, como os resíduos de pedras ornamentais conhecidos como resíduos de corte de mármore e granitos (RCMG). Estima-se que aproximadamente 41% da parcela de sua produção e beneficiamento são resíduos gerados, tornando um insumo passível de reaproveitamento.

Tendo em vista as alternativas de reaproveitamento de resíduos na atualidade, o presente trabalho tem como objetivo produzir tijolos ecológicos utilizando RCC e RCMG que atendam aos requisitos normativos das NBR's (Normas Brasileiras Regulamentadoras).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Paz *et al.*, (2019) afirmaram que na atualidade, com o crescimento acelerado nos centros urbanos e conseqüentemente uma maior demanda por moradias, houve também aumentos na quantidade de resíduos advindos de construções nas cidades brasileiras. Dentre as atividades produtivas, a construção civil é uma das maiores geradoras de resíduos, e quando seus resíduos são descartados de maneira incorreta, causam poluição e degradação do meio ambiente (PINTO *et al.*, 2019).

O desenvolvimento de novas técnicas construtivas e a adoção de materiais de baixos impactos ambientais, com uma boa relação custo-benefício, são discussões pertinentes para a evolução da construção civil e da sociedade (NASCIMENTO *et al.*, 2018).

De acordo com França & Simões (2018), o setor alimentado pela engenharia civil, por ser um dos que mais consome matéria-prima, está sendo constantemente cobrado social e ecologicamente por seus constantes desperdícios e impactos ao meio, causados majoritariamente durante a execução de obras e a fabricação de materiais. Nesse contexto, os Resíduos da Construção Civil (RCC) se tornam potenciais problemas à administração pública, tendo em vista que são gerados em grandes quantidades e faltam ambientes adequados para sua disposição final (SILVA *et al.*, 2019).

Segundo Vieira *et al.*, (2019), apesar da existência de resoluções nacionais e municipais, a ineficácia de fiscalizações pode pôr em risco o controle das deposições de RCD, provocando o surgimento de locais irregulares de destinação final que causam uma série de impactos ambientais.

Cabral *et al.*, (2021) afirmaram que a indústria da construção civil é um dos setores mais conectados às necessidades humanas, e também um dos que mais contribui para a diminuição das reservas de recursos naturais, para o desmatamento, para a poluição do solo, da água e do ar, para a intensificação do aquecimento global, para a geração de resíduos sólidos, entre outros.

Um dos principais focos da engenharia atual é aliar construção civil e sustentabilidade, buscando e desenvolvendo de materiais alternativos que atendam às necessidades construtivas, com o reaproveitamento de resíduos e, conseqüentemente, diminuindo os impactos ao meio ambiente (SANTOS NETA *et al.*, 2019).

Assim, os tijolos de solo-cimento, também conhecidos como tijolos ecológicos ou blocos de terra comprimida (BTC), representam um considerado avanço no cenário da construção civil atual, por serem materiais mais ambientalmente corretos em comparação aos blocos cerâmicos convencionais, e ainda assim apresentarem custos de compra equivalentes. Uma das maneiras de minimizar os impactos ambientais é a utilização de produtos na construção civil, que não necessitem de um processo de queima durante sua produção, como é o caso, justamente, da fabricação do tijolo ecológico, em substituição aos tijolos tradicionais (MANOEL, ECKERT & DUARTE, 2020).

Lôbo *et al.*, (2020) também destacaram a fabricação de tijolos de solo-cimento como uma relevante alternativa que visa o desenvolvimento sustentável, considerando a poluição atmosférica causada por a liberação de gases tóxicos durante os processos de queima dos blocos comuns de cerâmica. A partir disso, verificam-se os impactos positivos que a implementação deste tipo de tijolo proporciona, tanto para o setor da construção quanto para o meio em que vivemos.

Segundo Cristina *et al.*, (2018), em matéria de meio ambiente é extremamente importante preservar os poucos recursos existentes e finitos, para manutenção da humanidade. Desta forma, a reciclagem possui inúmeros benefícios ambientais e econômicos, tendo em vista seu potencial na redução do consumo de recursos naturais.

Simioni *et al.*, (2020) afirmaram que como medida de mitigação, tem-se a reincorporação dos resíduos oriundos da construção civil, que diminui a extração de recursos naturais e a geração de materiais para descarte. De acordo com Gusmão, Póvoas & Oliveira Júnior (2021), o custo também será diminuído a partir do momento que é possível reutilizar resíduos da própria obra, minimizando a compra de materiais e reduzindo gastos com transporte, ainda segundo os autores mesmo que sejam utilizados resíduos de outras fontes, seu valor consegue assumir índices menores que a matéria-prima virgem.

Em frente a este cenário, de acordo com Miranda (2019) os tijolos de solo-cimento ressurgem como uma solução ecológica para as construções, além de serem uma expressiva solução para a utilização de materiais não aproveitados da construção, inserindo-os em sua formulação. Ou seja, os tijolos de solo-cimento podem ser utilizados como destinação final de resíduos de construção civil (RCC), diminuindo o volume depositado de forma irregular na natureza e proporcionando a obtenção de tijolos de melhor qualidade (DANTAS, 2020).

Como já mencionado, o solo-cimento é uma opção para a absorção de uma parcela desses resíduos, onde através de ensaios laboratoriais, podem ser testadas as proporções mais adequadas para o uso, de modo que melhorem suas propriedades mecânicas (SILVA, SANTOS & SOUSA, 2019).

Os tijolos ecológicos configuram-se como alternativas eficientes e potencialmente capazes de incorporarem algumas variâncias de resíduos sólidos. Além dos resíduos de construção civil, vários estudos apontam e analisam o comportamento desses tipos de bloco, com a adição ou substituição parcial por polietileno tereftalato, ou simplesmente PET, como observado por Sena, Laursen & Silva (2017).

Para Cavalcanti & El-Deir (2021), uma importante ferramenta para a problemática dos Resíduos Sólidos é a Economia Circular, no qual compreende-se a reintrodução do resíduo como matéria prima, promovendo a sustentabilidade ambiental com a redução da exploração de recursos da natureza, isso faz com que a economia se aqueça e haja uma diminuição nos custos dos insumos. Os resíduos de construção civil gerados em qualquer empreendimento, deveriam teoricamente passar por processos de classificação, sendo assim aptos a serem reutilizados ou reciclados na forma de agregados (BELTRÃO, MENEZES & MORAIS, 2021).

Em suma, considerando o grande número de benefícios trazidos com a utilização dos tijolos de solo-cimento, vê-se, dentre outros aspectos, uma necessidade na propagação de seu uso e em um maior conhecimento acerca de seu comportamento mecânico, para que esses tijolos ecológicos sejam introduzidos cada vez mais no dia a dia das construções civis (MOREIRA & AZEVEDO, 2020).

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da pesquisa foram realizadas as etapas conforme a NBR 10833 - Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica — Procedimento (ABNT, 2013) e a NBR 8492 Tijolo de solo-cimento — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio (ABNT, 2012), dividindo-se em duas etapas: a de preparo e a de análises.

Os materiais utilizados na pesquisa encontram-se descritos a seguir:

- Solo coletado em amostra deformada em jazida com autorização ambiental no município de Jaboatão dos Guararapes/PE.
- RCMG coletado em empresa de beneficiamento de pedras ornamentais localizada no município de Serra Talhada/PE.
- Areia reciclada com granulometria passante na peneira 4,8mm, coletada na empresa Ciclo Ambiental localizada na cidade de Camaragibe/PE, especializada em beneficiamento de resíduos da construção civil.
- O cimento utilizado para o preparo foi o CP V ARI MAX com 40kg, visando a aceleração no ganho de resistência quando comparado com o cimento convencional (CP II).
- Cal hidratada – CH I obtida comercialmente em sacos de 20 quilogramas.
- Água utilizada fornecida pela Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA.

Para iniciar a etapa de preparo, a seleção do solo se realizou conforme os requisitos recomendados pela NBR10833 (ABNT, 2013), que estipula os seguintes valores:

- Solo passante na Peneira 4,75 mm total de 100%.
- Fração passante na peneira 0,075 mm de 10% a 50%.
- Limite de liquidez $\leq 45\%$.
- Índice de plasticidade $\leq 18\%$.

Para os requisitos normativos de Limite de Liquidez e Plasticidade utilizou-se como referência as normas NBR 6459- Solo - Determinação do limite de liquidez (ABNT, 2017) e NBR 7180 - Solo — Determinação do limite de plasticidade (ABNT, 2017), respectivamente.

A etapa de produção de tijolos ecológicos seguiu as recomendações da NBR 10833 (ABNT, 2013), conforme Figura 1.

Figura 1. Etapas de produção dos tijolos



Fonte: Adaptado da NBR 10833 pelos autores (2021).

No preparo dos tijolos ecológicos foi utilizada uma prensa hidráulica da Verde equipamentos com moldagens para tijolos com dimensões de 25 cm (comprimento) x 12,5 cm (largura) x 7 cm (altura) e com capacidade de produção de 2000 tijolos/dia.

Durante o preparo do solo utilizou-se o Triturador de Solo da Verde Equipamentos, no peneiramento uma peneira com malha de abertura 4,75 mm, balança digital e estufa de secagem para realização do ensaio de absorção de água.

As proporções dos compósitos escolhidos estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1: Proporções dos materiais para produção dos tijolos.

ID Traço	Traço (volume)	Cimento	Solo	RCMG	Areia RCD	Cal	Qt. amostras
Controle	1:6	1	6,00	0	0	5%	45
RCMG15%	1:5,1:0,9	1	5,1	15%	0	5%	34
RCMG100%	1:6	1	0	100%	0	5%	37
RCMG30%RCD70%	1:1,8:4,2	1	0	30%	70%	5%	37

Conforme NBR 8492 Tijolo de solo-cimento — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio (ABNT, 2012), serão destinados para análise dimensional 10 amostras, dessas, 3 amostras seguirão para o ensaio de absorção de água e 7 amostras para o ensaio de resistência a compressão por idade de 7 dias e 28 dias de cura.

Para obtenção da resistência a compressão e absorção de água os cálculos foram realizados da seguinte maneira:

$$F_t = \frac{F}{S} \quad (1)$$

F_t é resistência a compressão simples, expressa em megapascals

F = é a carga de ruptura do corpo de prova, expressa em newtons (N)

S = é a área de aplicação da carga (mm^2)

$$A = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1} \right) \times 100\% \quad (2)$$

A é a absorção de água (%)

M1 é a massa do corpo de prova seco em estufa (g)

M2 é a massa do corpo de prova saturado (g)

Aos 7 dias de idade os tijolos foram submetidos ao ensaio de resistência a compressão e aos 14 dias ao ensaio de absorção de água.

Para análise de resistência a compressão os valores não devem ter sua média inferior a 2,0 Mega pascal (MPa), nem individualmente obter resultados inferiores a 1,7MPa com idade mínima de 7 dias de cura. (NBR 8491/ABNT, 2012)

As análises foram realizadas nos Laboratórios de Engenharia Civil da Faculdade de Integração do Sertão (FIS) na cidade de Serra Talhada/PE e no Laboratório de Produção de Alimento Vivo - LAPAVI da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Solo

Após análise do solo escolhido, atendendo aos requisitos da NBR 10833 (ABNT, 2013) as características de granulometria foram de 100% do material ser passante na peneira com malha de abertura de 4,75 mm. Na peneira 0,075 mm o percentual passante foi de 33%, restando sua maioria retida de 67% da amostra apresentando assim características arenosas.

O Limite de Liquidez e Índice de Plasticidade obtidos a partir do solo analisado foram de 28% e 7%, respectivamente. Os resultados atendem aos critérios normativos das NBR 6459 (ABNT, 2017) e NBR 7180 (ABNT, 2016) que estabelecem como critério para Limite de Liquidez $\leq 45\%$ e Índice de Plasticidade $\leq 18\%$.

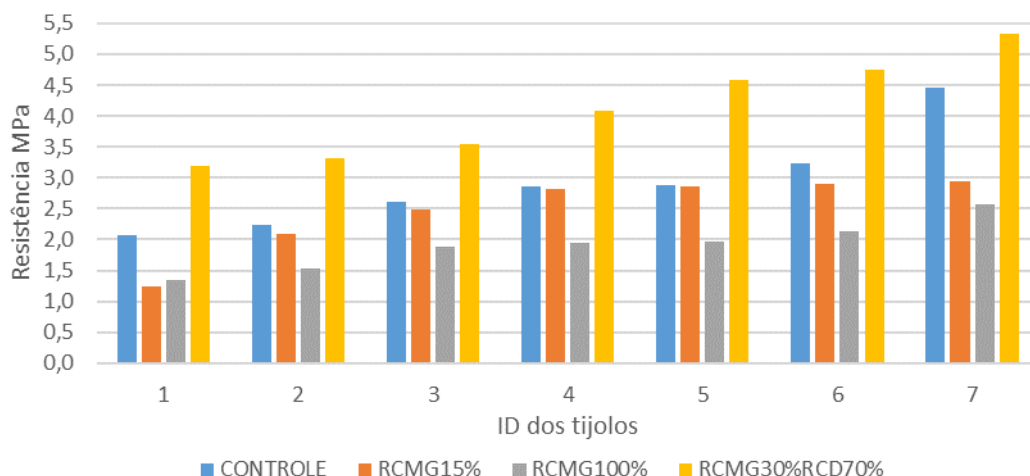
4.2. Tijolos

Com relação as análises de resistência a compressão dos tijolos ecológicos aos 7 dias de idade (Gráfico 1), os resultados obtidos demonstraram que a menor média encontrada foi tijolo com 100% de incorporação de RCMG, apresentando valor médio de 1,9 MPa, valor abaixo dos critérios da NBR 8491 (2012) de 2 MPa. Marques *et al.*, (2021) analisando a adição de RCMG na construção civil citaram que o aumento da proporção deste resíduo, é proporcional à redução da resistência.

O resultado com maior resistência foi obtido com adição de dois resíduos, 30% de RCMG e 70% RCC, com valor médio de 4,1 MPa. Chaves (2019) avalia que a adição RCMG promove melhor empacotamento das misturas uma vez que por ter granulometria fina ocupa melhor os espaços. Já segundo Santos (2020) e Nascimento (2019) a classificação para o mesmo RCC coletado na empresa Ciclo Ambiental é de uma areia bem graduada, com a predominância de 77% de areia.

Neste sentido, o resultado encontrado para resistência a compressão do tijolo com 30% RCMG e 70% RCD pode estar relacionado com o aumento da taxa de empacotamento obtido na mistura de um material com frações finas e outro com frações grossas, tornando assim uma mistura bem graduada.

Gráfico 1. Resistência a compressão dos tijolos aos 7 dias de idade.



As análises dimensionais e absorção de água atenderam aos parâmetros normativos com variações pouco expressivas conforme Tabela 2.

Tabela 2: Resultados das análises dimensionais e absorção de água dos tijolos.

Média das análises dimensionais (mm)			
ID traço	Largura	Comprimento	Altura
Controle	125,0	250,0	70,93 ($\pm 0,02$)
RCMG15%	125,0	250,0	71,00 ($\pm 0,01$)
RCMG100%	125,0	250,0	71,43 ($\pm 0,01$)
RCMG30%RCD70%	125,0	250,0	71,93 ($\pm 0,01$)
Absorção de água			
ID traço	% Médio	Critério (NBR 8491/2012)	
Controle	16 (± 1)	< 20%	
RCMG15%	14 (± 2)		
RCMG100%	12 (± 1)		
RCMG30%RCD70%	8 (± 3)		

Para Lira (2020) os tijolos com adição de resíduos de construção civil (RCC) também obtiveram resultados positivos no que diz respeito a absorção de água, atendendo aos critérios da NBR 8492:2012.

Na Figura 2A ampliada é possível observar as partículas de areia no traço controle em sua predominância de cor marrom. Já, na Figura 2B ganha destaque a partícula do RCMG incorporado a 15% na massa. Na Figura 2C pode observar uma predominância na cor

cinza e em destaque a partícula de RCMG. Também é possível verificar em destaque na Figura 2D fragmentos de cerâmica no traço de 30% RCMG e 70% RCC.

Figura 2: Detalhamento dos tijolos com Imagem ampliada em 500x com microscópio USB dos fragmentos pós ruptura.



5. CONCLUSÕES

O solo selecionado para desenvolvimento do presente trabalho atendeu aos requisitos normativos necessários para produção do tijolo ecológico.

A utilização de resíduos reciclados apresentou os melhores resultados de resistência a compressão quando comparado com as demais proporções, demonstrando a possibilidade de reaproveitamento desses materiais na elaboração de tijolos ecológicos. Além disso, os demais tratamentos também apresentaram resultados satisfatórios com exceção do traço RCMG100% que obteve média inferior ao estabelecido pela NBR 8491. Com relação às análises dimensionais todos os tijolos apresentaram conformidade com os critérios normativos.

O ensaio de absorção de água dos tijolos com incorporação de resíduos de marmoraria e RCC obtiveram a menor taxa, confirmando ainda mais o conceito de compactidade devido ao alto grau de empacotamento das partículas, com índices reduzidos de vazios da mistura.

Os resultados obtidos no presente trabalho demonstram potencial de utilização dos resíduos reciclados de construção e demolição e resíduos de cortes de mármore e granitos na incorporação para produção de tijolos ecológicos, novos estudos estão sendo desenvolvidos para aperfeiçoar a técnica e promover uma alternativa sustentável para construção civil.

REFERÊNCIAS

ABECIP – Associação Brasileira das Entidades de Crédito Imobiliário e Poupança. **Boletim Informativo de Crédito Imobiliário e Poupança**. São Paulo, 2021. Disponível em: <file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/data-abecip-2021-021.pdf>. Acesso em 10 de abril de 2021.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10833**: Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica - Procedimento. Rio de Janeiro, 2013.

_____ **NBR 6459**: Solo — Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2017.

_____ **NBR 7180**: Solo — Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016.

_____ **NBR 8491**: Tijolo de solo-cimento — Requisitos — Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

_____ **NBR 8492**: Tijolo de solo-cimento — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2019/2020**. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2019-2020/>. Acesso em 11 de abril de 2021.

BELTRÃO, I.; MENEZES, M.; MORAIS, M. M. Diagnóstico do gerenciamento dos resíduos sólidos de polo atacadista do agreste pernambucano. In: ALMEIDA, I. M. S. de; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. de. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p.291-306.

CABRAL, J. L.; GUEDES, F. L.; MARQUES, J. G. C.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R. Otimização na reciclagem de resíduos da construção civil: estudo de caso de uma usina de Pernambuco. In: MENEZES, N. S. de; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. de. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p.351-368.

CAVALCANTI, M. M.; EL-DEIR, S. G. Aproveitamento do RCD como agregado na indústria da construção civil. In: MENEZES, N. S. de; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. de. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p.385-399.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Informativo Econômico**. Brasília, 2021. Disponível em: <file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/informativo-economico-04-marco-2021-deficit-habitacional.pdf>. Acesso em 11 de abril de 2021.

CHAVES, P. S. **Argamassa autonivelante com adição mineral (filer) de resíduo de beneficiamento de mármore e granito autonivelante, argamassa**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará. UFPA. 2019.

CRISTINA, P.; SALOMÃO, P. E. A.; CANGUSSÚ, L.; CARVALHO, P. H. V. de. Tijolo solo cimento com adição de fibra vegetal: uma alternativa na construção civil. **Research, Society and Developmen**, v.7, n.9, p.01-18, 2018.

DANTAS, N. K. P. **Estudo do comportamento de tijolos de solo-cimento com substituição de solo por resíduos da construção civil**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2020.

FRANÇA, D. A.; SIMÕES, M. T. **Tijolo solo-cimento: processo produtivo e suas vantagens econômicas e ambientais**. 2018. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – UNIEVANGÉLICA, Anápolis, 2018.

BRASIL. **Caixa anuncia pacote de estímulo ao setor imobiliário**. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2020/07/caixa-anuncia-pacote-de-estimulo-ao-setor-imobiliario>>. Acesso em 11 de abril de 2021.

GUSMÃO, L. R. C. de; PÓVOAS, Y. V. T.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. I. de. Viabilidade de resíduo de construção e demolição reciclado (RCD-R) em camada de base de pavimento de concreto permeável. In: MENEZES, N. S. de; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. de. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p.319-333.

LIRA, Douglas Sadalla. **Averiguação da taxa de absorção segundo ABNT NBR 8492: 2012 em tijolos ecológicos com uso de resíduos da construção civil classe a reciclados em sua composição**. XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2020.

LÔBO, J. M. C.; FERNANDES, R. O.; MORAIS, J. M. P. de; BARBOSA, E. N.; SILVA, E. M. da. Análise mercadológica do tijolo ecológico solo-cimento na Região Metropolitana do Cariri. **Research, Society and Development**, v.9, n.8, p.01-19, 2020.

LOPES, J. L. M. P.; BACARJI, E.; PAZINI, E. J.; RÊGO, J. H. S.; PEREIRA, A. C. **Estudo do potencial de utilização do resíduo de beneficiamento de mármore e granito (RBMG), como filler, para a produção de concretos**. In: Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão da UFG–COMPEEX, 3, 2006, Goiânia. Anais eletrônicos do III SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFG [CD-ROM], Goiânia, UFG, 2006, 5 p

MANOEL, B. L.; ECKERT, C. L.; DUARTE, G. W. Produção de tijolo solo-cimento com utilização de resíduo de polimento de porcelanato. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.15, n.2, p.81-87, 2020.

MIRANDA, C. M. **Estudo de tijolos de solo-cimento com substituição do solo por resíduos da construção civil na sua composição**. 2019. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2019.

MOREIRA, R. P. R. S.; AZEVEDO, F. G. Reaproveitamento de resíduos da construção civil na fabricação de tijolos ecológicos. In: SILVA, T. S. da; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Desmaterialização dos Resíduos Sólidos: Estratégias para a sustentabilidade**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p.557-571.

NASCIMENTO, A. M. do; FEITOSA, A. O.; ALMEIDA, T. S.; LACERDA, D. M. de. Tijolo modular de solo-cimento como material na construção civil. **Revista Interscientia**, v.6, n.1, p.187-202, 2018.

NASCIMENTO, E. C. **Avaliação das propriedades do agregado reciclado da construção civil para utilização em sistema de cobertura final de aterros sanitários.** Dissertação (Mestrado). Universidade de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife, 2019.

PAZ, D. H. F. da; XIMENES, T. C. F.; HOLANDA, M. J. O.; LAFAYETTE, K. P. V. Impactos ocasionados pela deposição irregular dos resíduos de construção e demolição no município de Paulista – PE. In: AGUIAR, A. C. de; SILVA, K. A. da; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas.** 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p.331-339.

PINTO, R. B.; FABRÍCIO, E. P.; BRUM, N.; KÖHLER, F. A. Resíduos da Construção Civil: matéria prima verde a ser investigada. **Brazilian Journal of Development**, v.5, n.2, p.1339-1351, 2019.

SANTOS NETA, A. V.; SANTOS, A. C.; FARIAS, M. F. L. de; BEZERRA, H. J. C. L. Blocos de alvenaria de vedação de compósito com concreto simples e pó de MDF. In: AGUIAR, A. C. de; SILVA, K. A. da; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas.** 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p.374-385.

SANTOS, M. J. P. **Reforço de um solo erodível com resíduos de construção e Fibras de coco babaçu.** Dissertação (Mestrado). Universidade de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife, 139 Pág. 2020.

SENA, R. J. de; LAURSEN, A.; SILVA, J. S. da. Avaliação mecânica de tijolo maciço solo-cimento contendo resíduo de PET. **Revista Veredas**, v.10, n.1, p.69-83, 2017.

SILVA, D. B. P. da; PESSOA, R. G. A. Q.; SANTOS, C. R. B. dos; LAFAYETTE, K. P. V. Resíduos da construção civil: análise dos impactos provenientes do regime de execução do projeto. In: AGUIAR, A. C. de; SILVA, K. A. da; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas.** 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p.355-366.

SILVA, D. B. P. da; SANTOS, P. A. M.; SOUSA, J. G. G. de. Incorporação de resíduos da construção e demolição na produção de tijolo vazado de solo-cimento. In: AGUIAR, A. C. de;

SILVA, K. A. da; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas.** 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p.386-396.

SIMIONI, F. C.; CALLEJAS, I. J. A.; DURANTE, L. C.; SOUZA, B. G. de. Solo cimento autoadensável com incorporação de areia de resíduos de construção civil para aplicação em sistema de vedação vertical. **Ambiente Construído**, v.20, n.4, p.281-296, 2020.

VIEIRA, C. R.; LAFAYETTE, K. P. V.; ROCHA, J. H. A.; OLIVEIRA, M. S. de. Avaliação da deposição irregular de resíduos da construção na região político administrativa 2, Recife–PE. In: AGUIAR, A. C. de; SILVA, K. A. da; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas.** 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p.419-432.

6.2 RESÍDUOS DA MARISCAGEM; UMA ABORDAGEM QUANTITATIVA

CUNHA, Ana Luíza Xavier
CITAR/UFRPE
analuzaxcunha@gmail.com

CABRAL, Julyanne Virgínio
UFRPE
cabraljulyanne@gmail.com

BELTRAME, Leocádia Terezinha Cordeiro
CITAR/UFRPE
leocadia.beltrame@ufrpe.br

HOLANDA, Romildo Morant de
CITAR/UFRPE
romildomorant@gmail.com

RESUMO

Em comunidades costeiras, a extração de recursos marinhos tem sido uma atividade rotineira, praticada principalmente como subsistência e, também, complementação de renda familiar. Isto é especialmente observado no litoral norte de Pernambuco, nos municípios de Itamaracá, Itapissuma, Igarassu e Goiana, através da extração do marisco (*Anomalocardia brasiliiana*), sendo Igarassu o maior produtor. Tanto o cultivo quanto a pesca extrativa de moluscos têm provocado impactos ambientais relacionados ao descarte inapropriado das conchas, as quais correspondem a 80% da constituição do marisco. Esta pesquisa, desenvolvida no município de Igarassu (PE), objetivou mapear e quantificar os principais locais de depósito de conchas, descartadas irregularmente, pela atividade de mariscagem. Constatou-se ser inviável um monitoramento e acompanhamento desse descarte irregular, já que os locais se encontram espalhados por todo o município, não havendo um único local fixo para a realização do debulhamento. Contudo, devido à proximidade do ponto de extração, as praias de Mangue Seco e do Capitão apresentam os maiores volumes, sendo calculado em 1.086 toneladas, equivalente a dez anos de atividade.

PALAVRAS-CHAVE: Atividade de mariscagem, impactos ambientais, rejeitos.

1. INTRODUÇÃO

Entende-se como APA Estuarina a Área de Proteção Ambiental que se localiza em Estuários. Em Pernambuco, esses Estuários são ocupados pela vegetação de mangue e, portanto, têm grande relevância para conservação da biodiversidade, além de servir de berçário da vida silvestre. Especificamente no litoral Norte do Estado, destacam-se duas APAs: a APA Estuarina do Canal de Santa Cruz, que contempla os municípios de Itamaracá, Itapissuma, Igarassu e Goiana, com área de 5.292 ha e a APA Estuarina do Rio Timbó, que contempla os municípios de Abreu e Lima, Igarassu e Paulista e possui área de 1.397 ha.

Neste ambiente propício para a biodiversidade, a produtividade natural do marisco (*Anomalocardia brasiliiana*) é grande, o que faz da mariscagem uma das atividades de subsistência mais comuns. Após a coleta, o marisco é processado na praia, por um número grande de pescadores ou levado para ser processado em áreas próximas às residências dos marisqueiros, que na grande maioria dos casos, fica em área contígua ao mangue. No processamento, os resíduos – as conchas de marisco – são descartados no local, acumulando-se em grandes volumes, já que esta atividade se desenvolve por décadas, gerando impactos ambientais.

De acordo com Gama, Menezes e Silva (2019), a extração dos recursos pesqueiros colabora para a geração de grandes quantidades de resíduos orgânicos, dos quais a maioria é descartada de forma inadequada, ocasionando severos danos ambientais.

Outro agravante é que, segundo o Decreto Estadual nº 24.017, de 07 de fevereiro de 2002, o desmatamento e aterro do mangue, bem como o lançamento de resíduos sólidos, não são admitidos no estuário do Rio Igarassu e em suas áreas de mata, bem como em todo o estuário do Complexo Ambiental Estuarino do Canal de Santa Cruz. Entretanto, o acúmulo de conchas (sambaquis) é tão grande que o Ministério Público já tentou proibir a atividade no município de Igarassu, o que também poderia causar outros impactos ambientais, nesse caso, social, já que a atividade envolve milhares de famílias. De acordo com a Prefeitura, o último registro contabilizou cerca de 3.000 homens e mulheres cadastrados na atividade, número que pode ser ainda maior devido à crise econômica.

Conchas de marisco não são consideradas resíduos tóxicos ou perigosos e podem ser exploradas comercialmente, pois possuem aproximadamente 95% de carbonato de cálcio (MARTÍNEZ-GARCIA, et al., 2017), que pode ser aproveitado para uso industrial. Polycarpo, Santos Júnior e Beltrame (2018) descrevem várias aplicações, das conchas de marisco, as quais podem ainda ser acrescentadas: carga em polímeros, bloco e pavimentos para construção civil, construções de estradas, pasta de papel, mármore compacto, adubos e pesticidas, rações, cerâmica, tijolos, tintas, espumas de polietileno, produção de talco, vidros, indústria do cimento, produção de vernizes e borrachas, correção de solos e medicamentos.

Ações antrópicas podem levar a impactos significativos no meio ambiente. Deste modo, é essencial o reconhecimento e estudo das condições ambientais a fim de escolher as

melhores práticas de gestão para evitar ou mitigar esses impactos e melhorar a qualidade de vida da sociedade (MENEZES, 2021; KONER, 2017). Dessa forma, este trabalho visa o levantamento da área, massa e volume de sambaquis depositados irregularmente nas praias de Mangue Seco e do Capitão, em Igarassu, o maior produtor de mariscos de Pernambuco.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O marisco *Anomalocardia brasiliiana* tem como hábitat natural lagos, mares e oceanos. Alimenta-se de plâncton, constituído de vegetais e animais aquáticos. É um animal de corpo mole com esqueleto externo, isto é, exoesqueleto, em forma de concha, resistente para sua proteção (BOICKO, 2004).

As conchas caracterizam o peso majoritário dos bivalves e esse material está sendo disposto de forma incorreta, com a maior parte sendo reconduzidos ao mar, outros são depositados nas praias, aterros ou lixões, sem destinação apropriada ou aproveitamento. Com esse sistema de deposição, uma quantidade razoável de recursos naturais é desprezada (SANTOS, 2021).

2.1. Composição físico-química da concha de marisco *anomalocardia brasiliiana*

Segundo Silva et al. (2010), nácar é uma substância rígida e brilhante composta de camadas de conchiolina, uma escleroproteína complexa formada de queratina, colágeno e elastina secretada pelo molusco e intercalada por camadas de calcita ou aragonita (cristais de carbonato de cálcio – CaCO_3), assegurando alta dureza e rigidez à concha.

Bessler et al. (2008) mencionam que, tanto a aragonita, como a calcita e a vaterita, são formas cristalinas do sistema ortorrómbico, sendo muito menos estável e mais solúvel em água que a calcita. Em geral, forma agregados fibrosos com gipsita e minerais de ferro. A aragonita é um mineral originário de sedimentos hidrotermais, formado por cristais prismáticos de carbonato de cálcio.

2.2. Alternativas de aproveitamento, beneficiamento e os Impactos Ambientais dos resíduos sólidos de marisco *Anomalocardia brasiliiana*

Segundo Petrielli (2008), estudos feitos com pessoas idosas, no Japão, afirmam que o carbonato de cálcio extraído das conchas é mais bem absorvido, com maior eficácia pelo intestino e aumenta a densidade mineral dos ossos, sobretudo na região lombar em pessoas com deficiência em cálcio e hiperparatireoidismo secundário.

Levando em consideração os impactos causados pelos resíduos sólidos oriundos da atividade malacoculturista, é fundamental que se busquem formas adequadas de descartar, e se possível, aproveitar esses resíduos (SANTOS, 2021). Para Oliveira (2016), essa problemática socioambiental tem levado pesquisadores ao desenvolvimento de estudos e modelos aplicados a diversos setores, tais como: a) construção civil (YOON et

al., 2003); b) combate a incêndios; c) agrícola (SANT'ANNA, 2007); d) aviário ou pecuário; e) farmacêutico (SANT'ANNA, 2007); f) tratamento de águas residuais; g) educação (OLIVEIRA, 2013).

Na mariscagem de Igarassu, após a coleta, o marisco é levado para ser processado em áreas próximas às residências dos marisqueiros, que na grande maioria dos casos fica às margens ou em área contígua ao mangue. O processamento consiste na fervura das conchas, normalmente em latas, utilizando-se na maior parte dos casos de lenha retirada do próprio mangue. Após a fervura, as conchas são sacudidas sobre peneiras de modo a separar o molusco da concha. O molusco é recolhido e as conchas são descartadas no próprio local.

Com isso, a coleta desses moluscos tem provocado um grande impacto ambiental relacionado ao descarte incorreto das conchas. As conchas são ricas em carbonato de cálcio podendo ser reutilizado para agricultura e indústria, ou seja, uma destinação mais correta que apenas o descarte. O carbonato de cálcio pode ser utilizado em pasta de papel, mármore compacto, adubos, indústria de cerâmica, tijolos, tintas, cargas de polímeros, ração para animais, medicamentos, entre outros (MENEZES, *et al.* 2006).

Como a atividade da mariscagem é tradicional (passando de pai para filho), tem se estendido por décadas e em todas as comunidades de pescadores podem ser observadas verdadeiras montanhas de conchas, também denominadas sambaquis.

Essas conchas, descartadas de forma irregular, contêm ainda material orgânico, cuja decomposição gera mau odor e gases tóxicos, além de vetores de doenças, como baratas, ratos, insetos e microrganismos (CHIERIGHINI *et al.*, 2011).

Além disso, pode provocar ferimentos ao pisar ou cair sobre elas. O volume é tão grande que está assoreando o mangue, e em alguns locais até a navegação em canoas já está sendo prejudicada. No mangue, os sambaquis causam alterações das comunidades naturais de fitoplânctons, importantes para a reprodução de outras espécies, como: peixes e camarões, deterioram a qualidade da água e alteram o equilíbrio ecológico deste ambiente.

De acordo com Arana (1999), entende-se “Aquicultura sustentável como uma atividade dedicada à produção viável de organismos aquáticos, mas capaz de se manter indefinidamente no tempo por meio da eficiência econômica, da prudência ecológica e da equidade social”. Se manejado da forma correta, o processo de utilização das conchas como fonte de matéria-prima de outros produtos se encaixa com o conceito citado. O cultivo poderá se manter viável por meio da eficiência econômica que minimizará problemas, não comprometendo as gerações futuras com a qualidade da água do mar, e com responsabilidade ecológica, gerando renda através dos resíduos para os maricultores (CHIERIGHINI, *et al.* 2011).

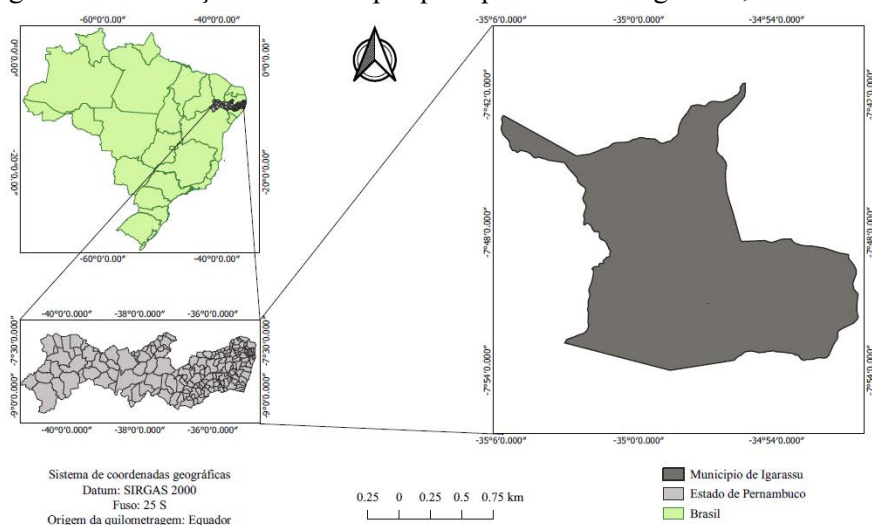
3. METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida no município de Igarassu-PE, localizado na Região de Desenvolvimento Metropolitano do Recife (Figura 1), o qual ocupa área de 305,6 km², representando 0,33% do território pernambucano (IBGE, 2010; IGARASSU, 2015; PERNAMBUCO, 2010). A área está inserida nas coordenadas geográficas: latitude 07° 50' 03" S, longitude 34° 54' 23" O e altitude de 19 m.

O litoral de Igarassu, onde está situada a APA de Nova Cruz (distrito de Nova Cruz), possui praias com águas quentes e calmas. As praias tratadas nesse estudo foram Mangue Seco, conhecida como praia do Ramalho, e praia do Capitão, que possuem extensa faixa de areia e são extremamente importantes para o desenvolvimento da atividade da mariscagem. Estas praias localizam-se no Distrito de Nova Cruz, sendo bastante frequentada por marisqueiros amadores e profissionais, possuindo aproximadamente 1.500 metros de extensão, águas pouco profundas e recuo de cerca de 500 metros na maré baixa. Esse recuo da maré permite o acesso à ilha da Coroa do Avião durante a baixa-mar (IBGE, 2015; IGARASSU, 2015).

O mapeamento dos pontos de descarte foi obtido com o apoio de funcionários da Prefeitura de Igarassu. Os principais pontos levantados no estudo foram às margens do rio Igarassu e na praia de Mangue Seco e do Capitão. Para ter acesso aos sambaquis depositados às margens do rio e o manguezal foram utilizadas pequenas canoas (bateiras), durante a maré cheia. Foram também verificados alguns pontos próximos a esses, localizados em terra. Como a pesca do marisco ocorre nas praias do Mangue Seco e do Capitão, muitos marisqueiros fazem o debulhamento no mesmo local, juntamente com o descarte das conchas. Nesses locais, o georreferenciamento foi realizado com auxílio do GPS (Sistema de Posicionamento Global), da marca GARMIN, modelo 76 CSx, obtendo todas as latitudes e longitudes dos pontos. De posse das coordenadas geográficas e da caracterização preliminar, foram gerados mapas de localização, utilizando software Google Earth Pro versão 7.3 (2018).

Figura 1. Localização da área da pesquisa pertencente à Igarassu, Pernambuco



Fonte: CUNHA (2020)

A quantificação dos sambaquis foi realizada apenas na praia de Mangue Seco e do Capitão, pelo fato de ser uma área de fácil e livre acesso. Os demais pontos de sambaquis

ficam situados junto às residências dos marisqueiros, em áreas de difícil acesso e em bairros perigosos, impossibilitando o estudo.

De acordo com os marisqueiros locais, o volume acumulado na praia de Mangue Seco e do Capitão corresponde a um período aproximado de 10 anos. Para a estimativa dos volumes dos sambaquis, realizou-se o levantamento planialtimétrico da área com Estação Total, com equipamento da marca PENTAX, modelo R-425VN. O processo teve início com a escolha dos pontos notáveis, para posicionamento do aparelho, os quais foram por toda a orla da praia e, percorrendo todos os montes de conchas presentes na área, com o auxílio de um Prisma, equipamento que reflete o sinal da Estação Total e o Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS). Esse levantamento teve a finalidade de ressaltar a diferença de níveis presentes nos sambaquis, registrando seu grau de declividade. A representação foi feita através de curvas de nível, que ligam diferentes pontos que possuem a mesma altura dentro da área levantada e armazena distâncias e ângulos entre os pontos utilizados. Após obter esses resultados, utilizou-se o sistema POSIÇÃO 4.0.3.60, um aplicativo integrado ao AutoCAD, que permite a elaboração de cálculos e desenhos levantados topograficamente através da transferência dos dados da Estação Total e GNSS, com a edição final para os desenhos criados das curvas de níveis, em escala de 1/250 e cotas de 0,25cm, finalizando o processo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em Igarassu, os sambaquis, oriundos da disposição inadequada das conchas da atividade de mariscagem, estão distribuídos de forma aleatória por todo o município. Realizando visitas in loco, foi possível verificar e georreferenciar esses pontos, demonstrados na tabela 1.

A figura 2 representa os locais de descarte situados próximos à costa marinha localizados nas Praias do Capitão e Mangue Seco. A única área zoneada pelo município em que existe a extração, beneficiamento e descarte das conchas em um mesmo local (perímetro que compreende toda a faixa de areia das praias).

Tabela 1. Coordenadas geográficas dos principais pontos de descarte das conchas de marisco no município de Igarassu/PE

Pontos	Latitude	Longitude
Ponto 1	7°49'53.97"S	34°54'16.62"O
Ponto 2	7°49'53.59"S	34°54'15.91"O
Ponto 3	7°49'53.03"S	34°54'15.06"O
Ponto 4	7°49'51.85"S	34°54'14.14"O
Ponto 5	7°49'52.57"S	34°54'12.56"O
Ponto 6	7°49'54.68"S	34°54'13.16"O
Ponto 7	7°49'45.26"S	34°54'2.13"O

Ponto 8	7°49'44.92"S	34°54'0.28"O
Ponto 9	7°49'32.18"S	34°54'8.79"O
Ponto 10	7°49'33.44"S	34°54'07.18"O
Ponto 11	7°49'35.94"S	34°53'54.40"O
Ponto 12	7°49'38.92"S	34°53'56.87"O
Ponto 13	7°49'29.65"S	34°50'38.05"O
Ponto 14	7°49'33.27"S	34°50'37.10"O
Ponto 15	7°50'4.19"S	34°50'42.22"O
Ponto 16	7°50'24.33"S	34°50'44.90"O
Ponto 17	7°50'28.34"S	34°50'43.99"O

Figura 2. Pontos mapeados no município de Igarassu para reconhecimento das áreas de descarte das conchas nas praias



Fonte: CUNHA (2019)

A extração do marisco, processamento e descarte das conchas no mesmo local, atingindo mangues, margens de corpos d'água, terrenos sem utilização e faixas de areia do litoral, é um comportamento comum dos pescadores, não apenas em Igarassu, como também em outros locais, sendo também registrado por Barreira e Araújo (2005), no Ceará e por Lima e Lopes (2016), no Rio Grande do Norte.

Muitos marisqueiros preferem fazer o debulhamento do marisco em suas residências ou em locais próximos a elas. Para isso, são utilizados ônibus (fornecido pela prefeitura), bicicletas ou barcos (próprios ou alugados). Como o descarte das conchas ocorre no local do debulhamento, vários pontos de descarte de conchas são observados no município. A

(Figura 3), apresenta os locais de descarte das conchas na porção central do Município, localizados nas comunidades de Agamenon Magalhães, Beco do Machado, Escorregou Tá Dentro, Beira Mar 1 e Beira Mar 2. Esses locais se encontram em área urbana, e alguns deles às margens do mangue, como nas comunidades de Beira Mar II, Escorregou, tá Dentro e, especialmente, em Beira Mar I e Beco do Machado (também chamado Porto do Machado). Ali as construções (locais de residência e/ou de processamento), a maioria em madeira e alvenaria, são fixas e localizadas às margens do Rio Igarassu, em uma distância inferior aos 30m limítrofes de corpos d'água superficiais em ambiente urbano, desrespeitando, assim, a distância mínima estabelecida nos instrumentos legais vigentes (BRASIL, 2012; CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE, 2002; PERNAMBUCO, 1986).

O acúmulo de conchas em locais espalhados pelo município também é descrito por Rocha (2009); Rego Neto e Batista (2014) em estudos realizados com pescadores na reserva de Ponta do Tubarão, no município de Macau/RN. Tal fato dificulta ou inviabiliza um monitoramento e acompanhamento desse descarte irregular.

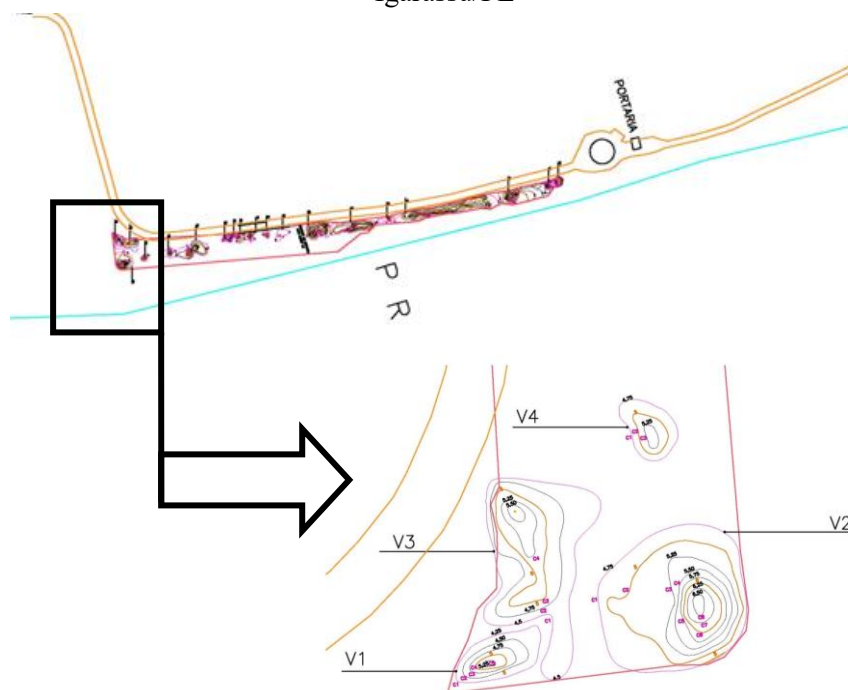
Figura 3. Pontos mapeados na parte central do município de Igarassu para reconhecimento das áreas de descarte das conchas



Fonte: CUNHA (2019)

Para o mapeamento, a Estação Total foi posicionada em local fixo, percorrendo com o Prisma todas as circunferências e alturas dos montes de conchas. Após obter todos os dados, importou-se para o sistema POSIÇÃO, que realizou as transformações das coordenadas, para assim obter o plano cotado e pontos com cota e, então, colocar no AutoCAD que já converte e cria as curvas de nível, em escala de 1/250 e as cotas de 0,25cm de uma curva para outra, conforme (Figura 4).

Figura 4. Curvas de níveis dos sambaquis existentes na praia de Mangue Seco e do Capitão, Igarassu/PE



Através das ferramentas e barras de comandos do AutoCAD, foram realizados os cálculos das curvas de níveis e, assim, obteve-se os volumes de cada sambaqui, totalizando 1.275,64 m³. Na região do Rio grande do Norte segundo Dias et al. (2007) e na Paraíba por Pereira et al. (2013) os sambaquis existentes nesses locais não chegam a volumes superiores a 1.000m³.

Sabendo a massa unitária das conchas, que é de 851,04 kg.m⁻³ (CUNHA, 2020) e com o cálculo do volume total de conchas de 1.275,64 m³, na praia de Mangue Seco e do Capitão, calculou-se o peso total fazendo-se a multiplicação desses valores chegando ao total de 1.086 toneladas de conchas descartadas.

A partir dos resultados obtidos, é possível realizar a viabilidade econômica do aproveitamento desses resíduos para a finalidade escolhida. Entretanto, um plano de gestão deve ser priorizado, incluindo a educação ambiental dos pescadores, gestão dos resíduos através da disposição de containers ao longo da praia para descarte e posterior recolhimento por parte da prefeitura, investimento no aproveitamento desses resíduos, como lajotas e tijolos ecológicos, rações e outros aproveitamentos industriais. No cenário atual do país, segundo Schneider & Philippi (2018) a procura de novos materiais, que possam substituir as matérias-primas retiradas do meio ambiente, por outras que seriam apenas descartadas e poderiam ter muitas aplicações, tem ganhado força.

Entre as diversas aplicações do carbonato de cálcio, existente nas conchas de marisco, a sua utilização na construção civil merece especial destaque. Estudos têm sido realizados na substituição da areia em concreto, nas mais diversas aplicabilidades (MARTÍNEZ et

al., 2017), em porcelanato (FULGÊNCIO, 2015) e em blocos (OLIVEIRA; LIMA, 2016; NUNES; PFITSHER, 2014), obtendo-se bons resultados.

Assim, a quantificação das conchas poderá auxiliar na atuação de órgãos públicos para o planejamento e operacionalização de planos de manejo e gestão adequados, bem como o controle e o monitoramento dos impactos socioambientais oriundos de sua geração desenfreada.

5. CONCLUSÕES

Os pontos de disposição das conchas de mariscos em Igarassu/PE, situam-se próximos à costa marinha, nas praias do Capitão e Mangue Seco, onde é realizada a extração, debulhamento e descarte das conchas e na porção central do Município, localizados nas comunidades de Agamenon Magalhães, Beco do Machado, Escorregou Tá Dentro, Beira Mar 1 e Beira Mar 2 onde ocorre apenas o debulhamento e descarte das conchas. Devido a facilidade de acesso, os pontos utilizados para a quantificação dos sambaquis foram apenas os das praias de Mangue Seco e do Capitão.

O volume de conchas acumulada na praia de Mangue seco e do Capitão é de 1.086 toneladas, quantidade corresponde a um período aproximado de dez anos.

Com base nos resultados obtidos até aqui, pode-se quantificar volumes superiores a 172.000 m³ nos pontos verificados do Canal de Santa Cruz e de Mangue Seco. Outros locais ainda deverão ser visitados e mapeados para a quantificação final. Diante de volumes tão grandes de um resíduo que pode ser aproveitado para diferentes fins, é importante que se desenvolvam mecanismos e políticas públicas de reciclagem, voltados à questão do reaproveitamento desses resíduos.

REFERÊNCIAS

ARANA, L. A. V. **Aquicultura e desenvolvimento sustentável: subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aquicultura brasileira.** UFSC, 1999. 310 p.

BARREIRA, C. A. R.; ARAÚJO, M. L. R. Ciclo reprodutivo de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) na praia do Canto da Barra. Fortim, Ceará, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 31, n. 1, p. 9-20, 2015.

BESSLER, K. E.; RODRIGUES, L. C.. Os polimorfos de carbonato de cálcio: uma síntese fácil de aragonita. **Química Nova**, São Paulo, v.31, n.1, 2008.

BOICKO, A. L.; HOTZA, D.; SANT'ANNA, F. S. P.. **Utilização das conchas da ostra *Crassostrea gigas* como carga para produtos de policloreto de vinila (pvc).** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 4. Anais.Porto Alegre: Abes,2004.

BRASIL. Decreto nº 32.488, de 17 de outubro de 2008. Declara como Área de Proteção Ambiental – APA a região que compreende os Municípios de Itamaracá, Itapissuma, Igarassu e

parte do Município de Goiana, e dá outras providências., Brasília, 17 out. 2008. Disponível em: http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/dec32488de2008;140202;20120906.pdf. Acesso em: 20 fev. 2020.

CHIERIGHINI, D.; BRIDI, R.; ROCHA, A. A.; LAPA, K. R. **Possibilidades do uso das conchas de moluscos**, In: International Workshop advances in cleaner production, 3, 2011. São Paulo.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 13 mai. 2002. Critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 20 mar. 2020.

CUNHA, A. L. X. **Reciclagem dos rejeitos da atividade de mariscagem: Uso na indústria de blocos pré-moldados de concreto, Recife/PE**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.

GAMA, I.D.M.; MENEZES, R.A.M.; SILVA, T.A. Geração de resíduos sólidos em pisciculturas. In: NUNES, I.L.S.; PESSOA, L.A.; GIOVANETTI-DEIR, S. (Org.). **Resíduos sólidos: o desafio da gestão**. 1ed. Recife: EDUFRPE, 2019b, p. 689-698.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. Igarassu-PE, Produto interno bruto dos municípios – 2010. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=260680&idtema=152&search=pernambuco|igarassu|produto-interno-bruto-dos-municipios-2013>>. Acesso em: 05 fev. 2020.

IGARASSU. Lei Municipal nº 2.629 de 28 de dezembro de 2015. Institui o Plano Diretor do Município de Igarassu. Diário Oficial dos Municípios, 2015.

KONER, S. Need for and Importance of Environmental Education. **International Journal of Current Research and Modern Education**, v.2, n.2, p 198-199, 2017.

MARTÍNEZ-GARCÍA, C.; GONZÁLEZ-FONTEBOA, B., MARTÍNEZ-ABELLA, F., CARRO-LÓPEZ, D. Performance of mussel shell as aggregate in plain concrete. **Construction and Building Materials**, v. 139, p. 570-583, 2017.

MENEZES, R. R., CAMPOS, L. F., NEVES, G. A., FERREIRA, H. C. Aspectos fundamentais da expansão por umidade: uma revisão – Parte I: aspectos históricos, causas e correlações. **Cerâmica**, v. 52, p. 321, 2006.

MENEZES, N.S.; ALMEIDA, I.M.; ARTEIRO, K.A.; EL-DEIR, S.G. (Orgs). **Resíduos Sólidos: Educação e Meio Ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 19.

OLIVEIRA, B. M. C.; EL-DEIR, S. G.. **Mariscagem: um desafio para o litoral norte de Pernambuco**. Recife: Edufrpe, 2013.

OLIVEIRA, K. C. S.; LIMA, S. F. de. Formas alternativas do uso da concha do sururu. Cadernos de Graduação. **Ciências exatas e tecnológicas, Maceió**, v.3, n.3, p. 121-132, 2016.

PERNAMBUCO (Estado). Decreto nº 24.017, de 07 de Fevereiro de 2002. Aprova o Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro - ZEEC do Litoral Norte do Estado de Pernambuco, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado, 08 fev. 2002.

PERNAMBUCO. Lei nº 9.931, de 11 de dezembro de 1986. Define como área de proteção ambiental as reservas biológicas constituídas pelas áreas estuarinas do Estado de Pernambuco. Diário Oficial do Estado, 12 dez. 1986.

PETRIELLI, F. A. S.. **Viabilidade técnica e econômica da utilização comercial da concha de ostra descartada na localidade do Ribeirão da Ilha, Florianópolis/SC**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

POLYCARPO, J.S.M.; SANTOS JUNIOR, M.A.; BELTRAME, L.T.C. Alternativas para o uso dos resíduos da maricultura. In: SILVA, R.C.P.; SANTOS, J.P.O.; MELLO, D.P.; EL DEIR, S.G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1.ed.-Recife: EDUFRPE, 2018 p. 79 – 86.

REGO NETO, L. G.; Batista, M. S. S. (2014) Os impactos ambientais da pesca artesanal: Perspectivas de educação ambiental com mulheres marisqueiras. **Sociologias**. **Porto Alegre**, v.17, n.38, p.192-220, 2015.

ROCHA, L. M. Áreas Marinhas Protegidas e o Manejo de Pesca: Visibilidade dos Búzios (Anomalocardia brasiliana – Veneridade) (Gmelin, 1791) e das Marisqueira na RDS Estadual Ponta do Tubarão (RN). **Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo**, v. 1, n. 31, p. 9-20, 2015.

SANT'ANNA, F. S. P.. **Projeto Valorização dos resíduos da Maricultura: Soluções tecnológicas para aproveitamento de conchas de ostras**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

SANTOS, M.E.M.; SANTOS, K.F.S.; ALVES, L.S.A.; MOURA, E.M.O.; EL-DEIR, S.G. (Orgs). **Resíduos Sólidos: Educação e Meio Ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021.p. 29.

SANTOS, M.E.M.; SANTOS, K.F.S.; ALVES, L.S.A.; MOURA, E.M.O.; EL-DEIR, S.G. (Orgs). **Resíduos Sólidos: Educação e Meio Ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021.p. 32.

SILVA, D.; DEBACHER, N. A. Caracterização físico-química e microestrutural de conchas de moluscos bivalves provenientes de cultivos da região litorânea da Ilha de Santa Catarina. **Química Nova**, v.33, n.5, p.1053-1058, 2010

YOON, G.; KIM, B.; KIM, B.; HAN, S.. Chemical-mechanical characteristics of crushed oyster-shell. **Waste Management**, v.23, n.9, p.825-834, 2003.

6.3 REUTILIZAÇÃO E TRANSPORTE DE RCD; ESTUDO DE 101 EDIFÍCIOS DA CIDADE DO RECIFE - PE

LINS, Eduardo José Melo Lins

UFPE

eduardojmlins@hotmail.com

GUSMÃO, Alexandre Duarte

POLI-UPE

alexandreduarteagusmao@gmail.com

LAFAYETTE, Kalinny Patrícia Vaz

POLI-UPE

klafayette@poli.br

SOBRAL, Maria do Carmo Martins

UFPE

mariadocarmo.sobral@gmail.com

RESUMO

Dentre os objetivos prioritários da gestão dos resíduos estão a não geração e a reutilização. O cenário de incertezas provocado pela Covid-19 potencializa a necessidade de ações para a reutilização e o transporte sustentável dos resíduos, que têm encontrado barreiras para sua efetividade. A presente pesquisa analisou os dados de 101 obras constantes no banco de dados municipal de resíduos da cidade do Recife, visando calcular os indicadores de transporte e reutilização. Os resultados obtidos por meio de análise estatística revelam que os indicadores de transporte em caminhão basculante variam de 34% a 60%, o transporte em caminhão poliguindaste de 26% a 51% e a reutilização de 14% a 18% segundo a massa total de resíduos gerados. Diante deste cenário de baixa sustentabilidade ambiental, é possível compreender que a implantação do sistema de monitoramento eletrônico pela Prefeitura da Cidade do Recife, em curso, proporcionará a elevação do nível de reutilização dos resíduos nos canteiros de obras e o aumento do transporte com caminhão basculante. Isto é, o monitoramento eletrônico tornará o processo de fiscalização mais preciso, rápido e transparente.

PALAVRAS-CHAVE: Caçamba estacionária, Caminhão basculante, Destinação final

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é de grande importância para a economia em escala global, tendo em vista que gera milhares de empregos diretos e indiretos, renda, comercialização de insumos e uso de equipamentos e serviços em seu processo produtivo (LEITE et al., 2018; LINS; LINS; BURGOS, 2018). Em contrapartida, esta atividade de transformação da paisagem natural é responsável pelo consumo de um grande volume de matérias-primas naturais, que correspondem a cerca de 20% a 50% do total de recursos consumidos pela sociedade, bem como, pelo desperdício de materiais e geração de expressiva quantidade de resíduos (PAZ; LAFAYETTE, 2016; LINS; LINS; BURGOS, 2018; MARTINS; REIS; FABRÍCIO, 2019).

Tal problemática é agravada pela falta de políticas públicas para gestão dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) (NUNES; MAHLER, 2020). No entanto, o correto gerenciamento dos RCD garante a sua destinação final ambientalmente correta (SILVA; FARIAS; BEZERRA, 2019). Rodrigues, Pereira e Moreira Junior (2017) destacam que a problemática dos RCD é mais evidente em obras de médio e pequeno porte, particularmente as reformas e demolições, nas quais não há eficiente gestão de resíduos e presença de cultura ambiental.

Quase a totalidade dos RCD são materiais inertes, no entanto são caracterizados por grande volume e peso e por conseguinte têm um significativo impacto sobre o meio ambiente natural devido à logística de transporte envolvida e à ocupação do solo urbano (KAMINO; GOMES; BRAGANÇA, 2019). A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 307/2002 (BRASIL, 2002) estabelece que os geradores de RCD deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos, bem como, de maneira secundária a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final ambiental adequada destes.

Na cidade do Recife as soluções para a reutilização e o transporte sustentável dos RCD têm encontrado algumas barreiras para sua viabilidade, dentre as quais: a corrupção dos atores que compõem a cadeia de gestão dos resíduos; a limitação dos recursos humanos dedicados à fiscalização; a limitação de recursos públicos para investimentos em tecnologias digitais, dentre outros fatores. Barros e Queiroz (2017) destacam que na cidade do Recife a fiscalização do fluxo dos RCD é mais efetiva para os grandes geradores, em detrimento dos pequenos.

Além disso, o desabastecimento e a elevação de preços de materiais de construção, a alta de casos de Covid-19 e as medidas de restrição à circulação de pessoas tem aumentado a preocupação dos empresários da construção civil com o futuro do setor (CBIC, 2021). Esse contexto de incertezas surge como uma oportunidade para a adoção de medidas para diminuição de custos e impactos ambientais, dentre as quais uma melhor gestão dos resíduos por meio de tecnologia; a qual é imprescindível no dia a dia do canteiro de obras, frente ao expressivo volume de RCD gerado (CABRAL et al., 2019). Segundo a Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras (ANPEI,

2020) a internet das coisas aplicada à indústria da construção civil consiste na transformação da indústria tradicional em indústria inteligente, por meio da interconexão digital de máquinas e equipamentos dentro de um único sistema.

Esta pesquisa tem o objetivo analisar a prática de reutilização de resíduos gerados nos canteiros de obras da cidade do Recife e o transporte com caminhão poliguindaste e caçamba basculante, segundo a massa total de RCD gerados, de maneira que seja possível compreender a participação de cada tipo de destinação dos resíduos. O estudo tem como base um banco de dados composto por 101 obras civis de demolição e construção, inclusive escavação, as quais foram executadas na capital do estado de Pernambuco. Este estudo permitirá projetar os impactos positivos, em termos percentuais, da tecnologia digital para o monitoramento eletrônico da destinação dos RCD em Recife, cuja implantação pela Prefeitura da Cidade do Recife (PCR) está em curso.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Gusmão (2008) e segundo a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 10004:2004 (ABNT, 2004), os RCD são em geral classificados como inertes, Classe II-B, visto que, quando submetidos a testes de solubilização eles não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores ao padrão de potabilidade da água.

Resultados de estudos desenvolvidos por Lafayette et al. (2018), a respeito da composição gravimétrica dos RCD gerados em obras de construção de edifícios, executadas em Recife, apontam que na execução das fases de estruturas, alvenaria, acabamento e demolição, há a predominância da geração de resíduos compostos por concreto, argamassa e tijolos – resíduos classe A. Os RCD correspondem, principalmente, a blocos de concreto, argamassa, tijolos e concreto armado (OSSA; GARCÍA; BOTERO, 2016).

2.1. Transporte de Resíduos de Construção e Demolição

A Lei Municipal nº 16377/1998 (RECIFE, 1998a) trouxe para o licenciamento das obras de construção, demolição, reforma ou similar, a obrigatoriedade da disponibilização pelo proprietário da obra ou construtor de contenedores, caçambas metálicas ou outros recipientes apropriados, tendo como finalidade o acúmulo dos RCD para posterior destinação. Consta no Decreto Municipal nº 18082/1998 (RECIFE, 1998b) que o transporte externo dos RCD deve ser realizado por empresa cadastrada e licenciada pela autoridade municipal, inclusive o cadastro da quantidade e identificação dos veículos, o qual está limitado aos caminhões do tipo poliguindaste com uso de caixas coletoras (containers e/ou caçambas estacionárias), com capacidade máxima de 7m³.

Todavia, a PCR admite o transporte de resíduos em caminhão basculante mediante solicitação de autorização especial pelo gerador. A autorização especial deve ser solicitada pelo gerador à prefeitura, quando não for viável o transporte dos RCD de

escavação e demolição em caminhão poliguindaste, tendo em conta a grande quantidade de resíduos a serem gerados, transportados e destinados em um curto intervalo de tempo.

2.2. Reutilização de Resíduos de Construção e Demolição

O declínio da indústria da construção civil, derivado da crise econômica que assola o Brasil, tem diminuído a geração de resíduos e as ações voltadas para a redução, reuso e reciclagem dos RCD (LINS; LINS; BURGOS, 2018). Segundo Mendes et al. (2020), as ações para limpeza, transporte e destinação dos RCD descartados em áreas irregulares, custam milhões de reais aos cofres públicos. A não reutilização dos RCD pode potencializar o seu descarte em áreas ilegais e uma série impactos ambientais negativos, a exemplo dos que apontados no estudo de Paz et al. (2017), tais como a poluição visual, o estreitamento de cursos d'água e enchentes, bem como, induzir a deposição de outros tipos de resíduos. A diminuição do desperdício, a reutilização e a reciclagem dos materiais de construção, são medidas fundamentais para a mudança do cenário de degradação do meio ambiente provado pelo descarte irregular dos RCD (SÁ et al., 2018). Segundo Bessa, Mello e Lourenço (2019) a reutilização e a reciclagem dos RCD minimizam os impactos ambientais da geração dos resíduos e impulsionam a sua valorização econômica.

A geração dos RCD pode ser diminuída por meio da implementação de práticas sustentáveis pelo gerador e quando não for possível, os resíduos podem ser reaproveitados, reutilizados e/ou reciclados dentro do canteiro de obras (ANDRADE et al., 2020). Gusmão (2008) enfatiza que mesmo havendo vantagens econômicas e técnicas para os empreendedores, a reutilização dos RCD ainda é obstaculizada pela desconfiança do setor da construção civil. Moraes et al. (2015), bem como e Silva, Santos e Sousa (2019) apontam a reutilização dos RCD, em forma de agregados reciclados, para a pavimentação de ruas e calçadas e na fabricação de tijolos de solo-cimento, melhorando as suas propriedades mecânicas. Holanda et al. (2016) apontam que a Região Metropolitana do Recife necessita de novas alternativas para a destinação final dos RCD, a exemplo da implantação de aterro de inertes, usinas de reciclagem e Áreas de Transbordo e Triagem (ATT). Além disso, Silva, Bicalho e Oliveira (2018) ressaltam que o respeito ao meio ambiente e as ações de combate ao desperdício de materiais de construção e reuso dos resíduos produzem benefícios econômicos ao construtor.

2.3. Sistema Monitoramento Eletrônico PCR

A Prefeitura da Cidade do Recife (PCR) publicou em 12 de fevereiro de 2020 a Instrução Normativa da Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB) nº 1 (RECIFE, 2020), que cria o sistema eletrônico de monitoramento e supervisão das atividades de logística de transporte de resíduos sólidos, dentre os quais, os Resíduos de Construção e Demolição.

Conforme previsto na Instrução Normativa EMLURB nº 1/2020 (RECIFE, 2020) os componentes e *softwares* que compõem a solução de monitoramento eletrônico dos RCD devem ser instalados pelas empresas de transporte nos veículos (caminhão poliguindaste

e caminhão basculante) e em equipamentos (caixa coletora, caçamba basculante e balança de pesagem). No caminhão poliguindaste e caminhão basculante devem constar os equipamentos de rastreamento/monitoramento via *Global Positioning System* (GPS) tipo MCC com leitor de chip RFiD. Nas caixas coletoras é necessária a instalação de chip tipo RFiD de identificação. Por fim, nos computadores, smartphones e balanças de pesagem, deve ser disponibilizado pelo transportador e receptor dos resíduos o sistema web de gestão e monitoramento.

3. METODOLOGIA

O estudo da reutilização e transporte dos Resíduos de Construção e Demolição é parte da pesquisa acadêmica a respeito dos indicadores de RCD. Desenvolvido na cidade do Recife, o estudo foi produzido de acordo com as etapas detalhadas a seguir:

a. Revisão prévia da bibliografia; b. Definição da amostra da pesquisa; c. Estruturação da planilha para o inventário de dados; d. Levantamento de dados, através da consulta aos processos físicos de licenciamento urbanístico, cujas obras encontravam-se concluídas e os processos analisados pela autoridade municipal, particularmente os dados contidos no: d.1. Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) inicial e eventual versão de atualização e/ou revisão; d.2. Relatório Final de Demolição (RFD); e d.3. Relatório Final de Obra (RFO). e. Consulta aos dados quali-quantitativos complementares, através do portal ESIG Informações Geográficas do Recife; f. Consulta aos dados quali-quantitativos complementares, através da aplicação *Google Earth Pro* e *Google Busca*; g. Discussões de questões técnicas sobre os indicadores dos RCD no plano do Grupo de Trabalho PGRCC Recife, integrado pela universidade, autoridade municipal e associação e sindicato da construção civil estaduais; e h. Análises dos dados e consolidação dos resultados.

O estudo abrangeu dois tipos de veículos utilizados para transportar e destinar os RCD do canteiro de obras até a Central de Tratamento de Resíduos (CTR), quais sejam, o veículo do tipo caminhão basculante (CB) e o caminhão poliguindaste (CP), e ainda, os resíduos reutilizados (REUT) no canteiro de obras.

O inventário das edificações demolidas e construídas, inclusive os solos escavados, foi estruturado com o apoio do *software* editor de planilhas Microsoft Office Excel. A amostra, definida com a EMLURB Recife, corresponde ao conjunto de dados constantes em 208 processos de licenciamento urbanístico da cidade do Recife, finalizados pelo município nos anos de 2018 (97 processos) e 2019 (111 processos). Destes, 101 processos foram selecionados para a análise e cálculo dos indicadores (coeficientes) referentes à reutilização dos resíduos e transporte da massa de RCD não reutilizada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Indicadores de Reutilização e Transporte RCD

Foram testadas 101 obras, especificamente, os dados referentes aos indicadores parciais I_p segundo 43 obras de demolição, 18 obras de escavação (8 semienterrados e 10 elementos de fundação) e 40 obras de construção. Somadas, as obras incluídas na análise estatística correspondem à geração de uma massa total de 97,39 milhões de quilos de RCD (Tabela 1).

Tabela 1. Quadro resumo das obras estudadas e respectivas massas de RCD geradas.

Etapa da Obra	Quant. de Obras	Massa RCD (kg)		Canteiro REUT
		Transporte/Destinação TDCB	CTR TDCP	
Demolição				
Edificação de Uso Habitacional Unifamiliar	26	3.799.088	582.316	141.190
Edificação de Uso Não Habitacional (Educacional)	2	2.448.620	0	0
Edificação de Uso Não Habitacional (Clube)	1	1.344.000	0	0
Edificação de Uso Não Habitacional (Comercial)	6	1.265.755	11.022	54.520
Edificação de Uso Não Habitacional (Galpão)	4	913.609	0	93.090
Elementos de Pavimentação	1	125.040	0	0
Edificação de Uso Habitacional (Casa)	1	24.385	0	0
Edificação de Uso Não Habitacional (Sub. Elétrica)	1	16.481	0	103.000
Edificação de Uso Não Habitacional (Templo Relig.)	1	0	16.640	0
Escavação				
Elementos de Fundação	9	25.173.430	203.196	262.000
Pav Semi-enterrado, Elementos de Fundação	7	16.097.375	277.678	8.506.610
Elementos de Fundação, Urbanização	1	12.981.890	0	0
Elementos de Pavimentação	1	35.790	0	0
Construção				
Edif. Uso Hab. Multifamiliar - Cj. Apart.	21	0	20.146.379	0
Edif. Uso Misto - Cj. Apart./Cj. Salas	1	0	1.718.410	0
Edif. Uso Não Hab. - Prisional	1	0	278.400	0
Infraestrutura Urbana	1	0	245.470	0
Edif. Uso Não Hab. - Educacional	1	0	130.928	0
Edif. Uso Não Hab. - Comercial	4	0	101.127	0
Edif. Uso Hab. Multifamiliar - Cj. Casas	2	0	73.690	0
Edif. Uso Não Hab. - Templo Religioso	1	0	72.240	0
Edif. Uso Não Hab. - Galpão (Reforma)	1	0	54.324	0
Edif. Uso Não Hab. - Sub. Elétrica	2	0	35.629	0
Edif. Uso Hab. Unifamiliar - Casa	2	0	24.894	0
Edif. Uso Não Hab. - Educacional (Reforma)	1	0	18.190	0
Edif. Uso Hab. Unifamiliar - Casa (Reforma)	1	0	13.103	0
Edif. Uso Não Hab. - Comercial (Reforma)	1	0	4.903	0
Total	101	64.225.462	24.008.540	9.160.410
Total Geral				97.394.411

TDCB = Transporte e Destinação em Caminhão Basculante. TDCP = Transporte e Destinação em Caminhão Poliguindaste. REUT = Reutilização

Através da análise estatística Teste F, foram comparadas as médias dos indicadores de transporte e reutilização de RCD de dois grupos amostrais, o grupo 1, referente às obras executadas por construtores detentores da certificação ISO 9001 (ISO, 2020a) e/ou ISO 14001 (ISO, 2020b) (controle rigoroso dos dados) e o grupo 2, pertinente às obras executadas por empresas construtoras sem certificação.

4.1.1. Indicadores de Reutilização e Transporte RCD (DE&C)

A amostra de resíduos de Demolição, Escavação e Construção (DE&C) implica em 8 empreendimentos, que correspondem a 18 obras de demolição (10 edificações hab. unifamiliares, 4 edificações comerciais, 1 galpão, 1 edificação educacional, 1 edificação do tipo clube e 1 obra de pavimentação), 8 obras de escavação (5 escavações de elementos de fundação, 2 obras de escavação de semienterrados e elementos de fundação e 1 obra de pavimentação) e ainda 8 obras de construção (6 edifícios tipo cj. de apart., 1 edificação prisional e 1 obra de pavimentação).

Transporte e Destinação com Caminhão Basculante (DE&C)

Os dados analisados correspondem aos resíduos de demolição, escavação e construção transportados até as Centrais de Tratamento de Resíduos com uso de caminhão basculante. Aplicado o Teste F, foi obtido $F_o 0,10 < F_c 5,59$. Logo, a amostra é considerada estatisticamente válida, uma vez que não há diferença significativa entre os coeficientes do grupo 1 e grupo 2. Foi obtido o indicador médio $TDCBD_{E\&C}$ Imed igual a 0,60, e respectivo intervalo com 95% de confiança, compreendido entre 0,41 e 0,79. Portanto, é possível afirmar que a cada 100 kg de RCD gerados em canteiros de obras compostos pelas etapas de demolição, escavação e construção, em média 60 kg de resíduos são transportados com uso de caminhão caçamba basculante, quantitativo que pode variar entre 41 kg e 79 kg, com 95% de confiança.

Transporte e Destinação com Caminhão Poliguindaste (DE&C)

Os dados analisados correspondem aos resíduos destinados à reutilização dentro do canteiro de obras de origem, por conseguinte, sem a necessidade de transporte externo dos RCD gerados. A análise de variância F, implica em $F_o 0,04 < F_c 5,59$, e por consequência, a amostra é estatisticamente válida. O indicador médio $REUTD_{E\&C}$ obtido corresponde a $I_{med} 0,14$, o qual pode variar no intervalo compreendido entre 0,00 e 0,35, com 95% de confiança. Logo, de outra forma, é possível compreender que a cada 100 kg de RCD gerado em obras compostas pelas etapas de demolição, escavação e construção, em média 14 kg de resíduos são reutilizados dentro do canteiro de obras como massa de aterro sem um trabalho minucioso de segregação, ou ainda, sob a forma de agregado reciclado, quantitativo que pode variar de 0 kg a 35kg, não sendo possível precisar a proporção de uma e outra parte.

4.1.2. Resíduos de Demolição e Construção (D&C)

A amostra D&C corresponde a 22 empreendimentos, que implicam em 25 obras de demolição (17 edificações hab. unifamiliar, 2 edificações comerciais, 3 galpões, 1 edificação educacional, 1 templo religioso, 1 subestação elétrica) e 22 obras de construção (8 edifícios hab. cj. apart., 4 edificações comerciais, 2 edifícios hab. cj. casas, 1 edificação hab. unifamiliar, 1 templo religioso, 2 subestações elétricas, 1 edificação hab. unifamiliar (reforma), 1 edificação educacional (reforma), 1 galpão (reforma) e 1 edificação comercial (reforma)).

Transporte e Destinação com Caminhão Basculante (D&C)

As informações testadas implicam em resíduos de demolição e construção transportados para destinação às Centrais de Tratamento de Resíduos com emprego de caminhão basculante. O Teste F resultou em $F_o 0,27 < F_c 4,35$, portanto a amostra é considerada estatisticamente válida, uma vez que não há diferença significativa entre os coeficientes do grupo 1 e grupo 2. O indicador médio $TDCB_{D\&C}$ encontrado é igual a 0,34 e respectivo intervalo com 95% de confiança compreendido entre 0,18 e 0,50. De outro modo, os resultados obtidos permitem inferir, que a cada 100 kg de RCD oriundos de obras compostas pelas etapas de demolição e construção em média 34 kg de resíduos são transportados com uso de caminhão basculante, indicador que pode variar de 18 kg a 50 kg.

Transporte e Destinação com Caminhão Poliguindaste (D&C)

Os dados analisados correspondem aos resíduos de demolição e construção transportados até as Centrais de Tratamento de Resíduos com uso de caminhão poliguindaste (RCD acondicionados em caixa coletora). Aplicado o Teste F, foi obtido $F_o 2,30 < F_c 4,35$. Logo, a amostra é considerada estatisticamente válida. Foi obtido o indicador médio $TDCP_{D\&C}$ I_{med} igual a 0,51 e respectivo intervalo com 95% de confiança compreendido entre 0,34 e 0,68. Portanto, é possível afirmar que a cada 100 kg de RCD gerados em canteiros de obras, compostos pelas etapas de demolição e construção, em média 51 kg de resíduos são transportados com uso de caminhão poliguindaste, quantitativo que pode variar de 34 kg a 68 kg.

Reutilização no Canteiro de Obras (D&C)

Os quantitativos correspondem aos resíduos transportados dentro do canteiro de obras para sua reutilização, portanto sem a necessidade de transporte externo dos RCD gerados. A análise de variância F implica em $F_o 1,74 < F_c 4,35$ e, por conseguinte, a amostra é estatisticamente válida. O indicador médio $REUT_{D\&C}$ obtido corresponde a I_{med} 0,15, que pode variar no intervalo compreendido entre 0,02 e 0,28, com 95% de confiança. De outro modo, é possível inferir que a cada 100 kg de RCD gerado em obras compostas pelas etapas de demolição e construção, em média 15 kg de resíduos são reutilizados dentro do canteiro de obras como material para aterro sem segregação, ou ainda, sob a forma de agregado reciclado, quantitativo que pode variar de 2kg a 28kg, não sendo possível precisar a proporção de resíduos não reciclados e reciclados.

4.1.3. Resíduos de Escavação e Construção (E&C)

A amostra E&C corresponde a 10 empreendimentos, que consistem em 10 obras de escavação (5 escavações de semienterrados/elementos de fundação, 4 escavações de elementos de fundações e 1 escavação de loteamento (arruamentos)) e 10 obras de construção (7 edif. hab. cj. apart., 1 edif. mista cj. apart./cj. salas, 1 edificação hab. unifamiliar e 1 edificação educacional).

Transporte e Destinação com Caminhão Basculante (E&C)

Os dados analisados correspondem aos resíduos de escavação e construção transportados até as Centrais de Tratamento de Resíduos com uso de caminhão basculante. Aplicado o Teste F, foi obtido $F_o 9,63 > F_c 7,57$. Logo, a amostra não é considerada estatisticamente válida, sendo rejeitada, uma vez que há diferença significativa entre os coeficientes do grupo 1 e grupo 2. Mesmo a amostra sendo rejeitada, foi calculado e obtido o indicador médio $TDCB_{E\&C}$ Imed igual a 0,41 e respectivo intervalo com 95% de confiança compreendido entre 0,12 e 0,70. Portanto, é possível afirmar que a cada 100 kg de RCD gerados em canteiros de obras compostos pelas etapas de escavação e construção, em média 41 kg de resíduos são transportados com uso de caminhão caçamba basculante, quantitativo que pode variar de 12 kg a 70kg.

Transporte e Destinação com Caminhão Poliguindaste (E&C)

As informações testadas implicam em resíduos de escavação e construção transportados para destinação às Centrais de Tratamento de Resíduos com emprego de caminhão poliguindaste (RCD acondicionados em caixa coletora). O Teste F resultou em $F_o 0,78 < F_c 7,57$, portanto a amostra é considerada estatisticamente válida. O indicador médio $TDCP_{E\&C}$ encontrado é igual a 0,40 e respectivo intervalo com 95% de confiança compreendido entre 0,13 e 0,67, com 95% de confiança. De outro modo, os resultados obtidos permitem inferir, que a cada 100 kg de RCD oriundos de obras compostas por escavação e construção em média 40 kg de resíduos são transportados com uso de caminhão poliguindaste, indicador que pode variar entre 13 kg e 67 kg.

Reutilização no Canteiro de Obras (E&C)

Os dados analisados correspondem aos resíduos destinados à reutilização dentro do canteiro de obras de origem, por conseguinte sem a necessidade de transporte externo dos RCD gerados. A análise de variância F, implica em $F_o 2,18 < F_c 7,57$ e por consequência a amostra é estatisticamente válida. O indicador médio $REUT_{E\&C}$ obtido corresponde a Imed 0,18, o qual pode variar no intervalo compreendido entre 0,00 e 0,43. Logo, de outra forma, é possível compreender que a cada 100 kg de RCD gerado em obras compostas pelas etapas de escavação e construção em média 18 kg de resíduos são reutilizados dentro do canteiro de obras para compor aterro sem a necessidade de segregação, ou ainda, sob a forma de agregado reciclado, quantitativo que pode variar de 0 kg a 43kg, não sendo possível precisar a proporção de uma e outra parte, tendo em vista não ter sido o foco com presente estudo. Os resultados anteriormente apresentados, estão adiante sumarizados segundo o estudo de estatística descritiva (Tabela 2), a análise de variância (Tabela 3), os indicadores médios, desvios padrão e limite inferior (Li) e limite superior (Ls) com 95% de confiança (Tabela 4) e o gráfico box-plot da distribuição dos indicadores de transporte e reutilização de RCD (Figura 1).

Tabela 2. Estatística descritiva do indicador de transporte e reutilização de RCD.

Indicador	Grupo	n	Soma	\bar{X}	S	S ²
Demolição, Escavação & Construção						
TDCB _{DE&C}	1	4	2.52	0.63	0.29	0.08
	2	4	2.30	0.58	0.19	0.03
	Total	8	4.82			
TDCP _{DE&C}	1	4	0.87	0.22	0.14	0.02
	2	4	1.23	0.31	0.21	0.05
	Total	8	2.10			
REUT _{DE&C}	1	4	0.62	0.15	0.31	0.09
	2	4	0.47	0.12	0.23	0.05
	Total	8	1.08			
Demolição & Construção						
TDCB _{D&C}	1	5	1.32	0.26	0.38	0.14
	2	17	6.14	0.36	0.37	0.14
	Total	22	7.45			
TDCP _{D&C}	1	5	3.68	0.74	0.38	0.14
	2	17	7.62	0.45	0.37	0.14
	Total	22	11.30			
REUT _{D&C}	1	5	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	17	3.24	0.19	0.32	0.10
	Total	22	3.24			
Escavação & Construção						
TDCB _{E&C}	1	4	3.03	0.76	0.05	0.00
	2	6	1.09	0.18	0.36	0.13
	Total	10	4.13			
TDCP _{E&C}	1	4	0.97	0.24	0.05	0.00
	2	6	2.27	0.38	0.47	0.22
	Total	10	3.23			
REUT _{E&C}	1	4	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	6	1.85	0.31	0.41	0.17
	Total	10	1.85			

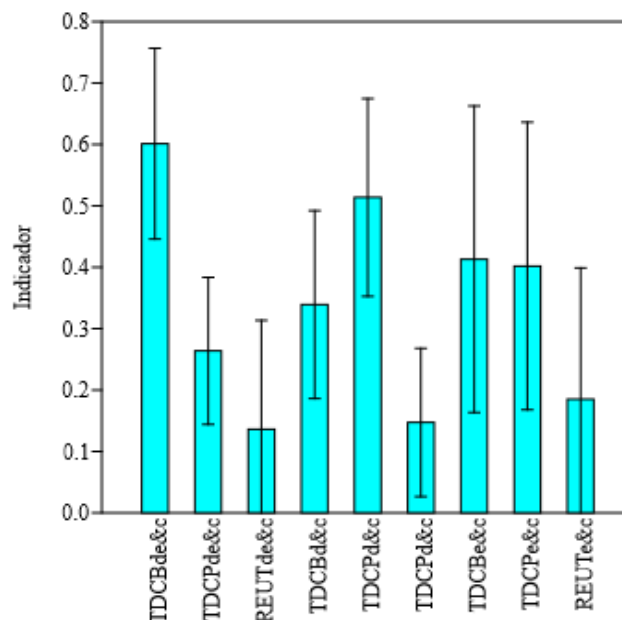
Tabela 3. Análise de variância do indicador de transporte e reutilização de RCD.

Indicador	k	n _T	\bar{X}	S _w ²	S _b ²	ν_1	ν_2	F _o	F _c	α	Resultado
Demolição, Escavação & Construção											
TDCB _{DE&C}	2	8	0,60	0,06	0,01	1	6	0,10	5,59	0,05	Aceitar
TDCP _{DE&C}	2	8	0,26	0,03	0,02	1	6	0,49	5,59	0,05	Aceitar
REUT _{DE&C}	2	8	0,14	0,07	0,00	1	6	0,04	5,59	0,05	Aceitar
Demolição & Construção											
TDCB _{D&C}	2	22	0,34	0,14	0,04	1	20	0,27	4,35	0,05	Aceitar
TDCP _{D&C}	2	22	0,51	0,14	0,32	1	20	2,30	4,35	0,05	Aceitar
REUT _{D&C}	2	22	0,15	0,08	0,14	1	20	1,74	4,35	0,05	Aceitar
Escavação & Construção											
TDCB _{E&C}	2	10	0,41	0,08	0,80	1	8	9,63	7,57	0,05	Rejeitar
TDCP _{E&C}	2	10	0,40	0,14	0,11	1	8	0,78	7,57	0,05	Aceitar
REUT _{E&C}	2	10	0,18	0,10	0,23	1	8	2,18	7,57	0,05	Aceitar

Tabela 4. Média aritmética, desvio padrão, nível de confiança e limites de confiança para o indicador de transporte e destinação de RCD.

Indicador	I_{med}	S	NC	L_i	L_s
Demolição, Escavação & Construção					
TDCB _{DE&C}	0,60	0,23	95%	0,41	0,79
TDCP _{DE&C}	0,26	0,17	95%	0,12	0,41
REUT _{DE&C}	0,14	0,25	95%	-0,08	0,35
Demolição & Construção					
TDCB _{D&C}	0,34	0,37	95%	0,18	0,50
TDCP _{D&C}	0,51	0,39	95%	0,34	0,68
REUT _{D&C}	0,15	0,29	95%	0,02	0,28
Escavação & Construção					
TDCB _{E&C}	0,41	0,40	95%	0,12	0,70
TDCP _{E&C}	0,40	0,38	95%	0,13	0,67
REUT _{E&C}	0,18	0,34	95%	-0,06	0,43

Figura 1. Indicadores de transporte e reutilização de RCD (L_i , L_s e I_{med})



5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos, por meio de análise estatística, revelam que os indicadores de transporte de resíduos em caminhão basculante corresponde em média a 60% (variável de 41% a 79%), 34% (variável de 18% a 50%) e 41% (variável de 12% a 70%), o transporte em caminhão poliguindaste implica em média a 26% (variável de 12% a 41%), 51% (variável de 34% a 68%) e 40% (variável de 13% a 67%) e a reutilização dos RCD corresponde em média a 14% (variável de 0% a 35%), 15% (variável de 2% a 28%) e 18% (variável de 0% a 43%), segundo a massa total de RCD geradas em obras compostas pelas etapas de demolição, escavação e construção (DE&C), demolição e construção (D&C) e escavação e construção (E&C), respectivamente.

O maior indicador médio de reutilização de RCD obtido (18%) sinaliza que ainda há muito a se fazer para o aumento da prática de reuso dos resíduos nos canteiros de obras.

A reutilização dos RCD no canteiro é uma interessante solução ambiental, uma vez que não demanda o transporte externo e a ocupação de uma nova área para a sua destinação final. O menor percentual médio de participação do transporte com caminhão basculante (34%) para obras do tipo D&C, indicada que é possível fomentar o uso deste veículo para o transporte de resíduos da etapa de construção, tendo em vista que a capacidade do basculante é 70% maior do que o caminhão poliguindaste.

Portanto, a implantação do sistema eletrônico de monitoramento e supervisão de RCD pela EMLURB Recife, tem um bom potencial para viabilizar a elevação do nível de reutilização dos resíduos nos canteiros de obras e o aumento do transporte dos RCD com caminhão basculante, uma vez que a fiscalização será mais precisa, rápida e transparente, tendo como consequência uma elevação da sustentabilidade ambiental. Além disso, o período pós-pandemia certamente exigirá dos construtores mais competências e uma maior responsabilidade e eficiência na gestão dos RCD, uma vez que a redução dos custos de construção serão cada vez mais importantes para a sustentabilidade e sobrevivência dos negócios, em especial através do uso de tecnologias digitais.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ANDRADE, C. R. B.; PASSOS, B. C.; GONZAGA, N. L.; PATEZ, R. R. Redução de Custos e Geração de Renda com a Reutilização dos Resíduos da Construção Civil. In: SILVA, T. S.; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Desmaterialização dos resíduos sólidos**: estratégias para a sustentabilidade. 1ª ed. Recife: Gampe/UFRPE, 2020. p. 391-400.

ANPEI - Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras. **O que é a indústria 4.0?** ANPE, São Paulo/SP. Disponível em: < <http://anpei.org.br/industria-4-0-o-que-e/>>. Acesso em: 02 mai. 2020.

BARROS, E. F.; QUEIROZ, A. R. Avaliação da Gestão dos Resíduos da Construção no Recife, Panorama da Origem ao Destino. In: BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos**: gestão em indústrias e novas tecnologias. 1ª ed. Recife: Gampe/UFRPE, 2017. p. 346-356.

BESSA, S. A. L.; MELLO, T. A. G.; LOURENÇO, K. K. Análise quantitativa e qualitativa dos resíduos de construção e demolição gerados em Belo Horizonte/MG. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, 2019.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2002.

CABRAL, J. L.; GUEDES, F. L.; SANTOS JÚNIOR, J. I.; TETI, L. M. E. H. A INDÚSTRIA 4.0 COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G.; MENEZES, N. S. (Orgs.). **Resíduos Sólidos**: Gestão e tecnologia. 1ª ed. Recife: Gampe/UFRPE, 2019. p. 167-178.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Sondagem da Indústria da Construção**. São Paulo, n.2, 2021.

Environmental management systems — Requirements with guidance for use. Disponível em: < <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:en>>. Acesso em: 02 mai. 2020b.

GUSMÃO, A. D. **Manual de Gestão de Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Camaragibe: CCS Gráfica Editora, 2008.

HOLANDA, M. J. O.; PAZ, D. H. F.; XIMENES, T. C. F.; LAFAYETTE, K. P. Vaz. Indicadores de Sustentabilidade como Ferramenta de Gestão Municipal de Resíduos da Construção Civil. In: EL-DEIR, S. G.; MELO, A. M.; SOUTO, T. J. M. P. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: O desafio do Gestão Integrada de Resíduos Sólidos face aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**. 1ª ed. Recife: Gampe/UFRPE, 2016. p. 200-211.

ISO - The International Organization for Standardization. **ISO 14001:2015(en)**

ISO - The International Organization for Standardization. **ISO 9000:2015(en)**

KAMINO, G.; GOMES, S.; BRAGANÇA, L. Improving the sustainability assessment method SBTool Urban – A critical review of construction and demolition waste (CDW) indicator. **IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science**, v. 225, 2019.

LAFAYETTE, K. P. V.; PAZ, D. H. F.; HOLANDA, M. J. O.; COSTA, L. A. R. R. Analysis of generation and characterization of construction and demolition waste on construction sites in the city of Recife, Brazil. **Revista Matéria**, v. 23, n. 3, 2018.

LEITE, I. C. A.; DAMASCENO, J. L. C.; REIS, A. M.; ALVIM, M. Gestão de Resíduos na Construção Civil: Um Estudo em Belo Horizonte e Região Metropolitana. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 14, nº 1, 2018.

LINS, J. M. S. Melo; LINS, E. J. M. L.; BURGOS, R. D. F. Resíduos de Construção e Demolição Reciclados no Brasil: Diagnóstico e Crédito Ambiental. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Tecnologias e Boas Práticas de Economia Circular**. 1ª ed. Recife: Gampe/UFRPE, 2018. p. 424-439.

MARTINS, A. S. M.; REIS, D. C.; FABRICIO, M. M. Diretrizes para o planejamento de uma demolição seletiva em edifícios. **INTERAÇÕES**, v. 20, n. 2, 2019.

MENDES, A. A. F.; COSTALONGA, F. G.; PINHEIRO, S. M. de M.; COSTA JUNIOR, M. P. Análise da Gestão dos Resíduos da Construção Civil que são Gerados nas Principais Cidades da Região Metropolitana da Grande Vitória. In: SILVA, T. S.; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade**. 1ª ed. Recife: Gampe/UFRPE, 2020. p. 440-450.

MORAIS, M. M.; PAZ, Y. M.; PAZ, D. H. F.; HOLANDA, R. M. Análise do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de um Empreendimento de Construção Civil, Estudo de Caso em Camaragibe - PE. In: EL-DEIR, S. G.; GUIMARÃES, E. S. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Tecnologias limpas e boas práticas**. 1ª ed. Recife: Gampe/UFRPE, 2015. p. 109-118.

NUNES, K. R. A.; MAHLER, C. F. Comparison of construction and demolition waste management between Brazil, European Union and USA. **Waste Management & Research**, v.00, 2020.

OSSA, A.; GARCÍA, J. L.; BOTERO, E. Use of recycled construction and demolition waste (CDW) aggregates: A sustainable alternative for the pavement construction industry. **Journal of Cleaner Production**, v.135, 2016.

PAZ, D. H. F.; LAFAYETTE, K. P. V. Forecasting of construction and demolition waste in Brazil. **Waste Management & Research**, v. 34, 2016.

Quality management systems — Fundamentals and vocabulary. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:en>>. Acesso em: 02 mai. 2020a.

RECIFE. Decreto nº 18082. **Diário Oficial do Município de Recife**. Recife, PE, 13 nov. 1998b.

RECIFE. Instrução Normativa EMLURB Nº 1. **Diário Oficial do Município de Recife**. Recife, PE, 15 fev. 2020.

RECIFE. Lei nº 16.377. **Diário Oficial do Município de Recife**. Recife, PE, 15 jan. 1998a.

RODRIGUES, R. L.; PEREIRA, A. L. F. F.; MOREIRA JUNIOR, F. A. Percepção Socioambiental dos Moradores sobre a Disposição Inadequada de Resíduos da Construção Civil (RCC) de um Bairro em Expansão na cidade de Sobral/CE. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v.11, n.2, 2017.

SÁ, A. C. C.; SÁ, G. C.; CAMPOS, E. R. T.; SILVA, E. R. B.; RODRIGUES, H. G. Construção e demolição civil na cidade de Espinosa, Minas Gerais: mapeamento dos pontos de disposição de resíduos. **Revista Espinhaço**, v. 7, 2018.

SILVA, D. B. P.; SANTOS, P. A. M.; SOUSA, J. G. G. Incorporação de Resíduos da Construção e Demolição na Produção de Tijolo Vazado de Solo-Cimento. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: Gampe/UFRPE, 2019. p. 386-396.

SILVA, G. D.; BICALHO, S. F.; OLIVEIRA, M. S. C. Reaproveitamento de Resíduos da Construção Civil em um Empreendimento na Região Sudoeste da Bahia. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O; MELLO, D. P; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Tecnologias e Boas Práticas de Economia Circular**. 1ª ed. Recife: Gampe/UFRPE, 2018. p. 440-452.

SILVA, J. C. M.; FARIAS, M. F. L.; BEZERRA, H. J. C. L. Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil: Proposta Metodológica de Obra de Médio Porte em São Luís – MA. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: Gampe/UFRPE, 2019. p. 340-353.

6.4 MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE BIOSSORÇÃO DE ÍONS METÁLICOS EM EFLUENTES ORIUNDOS DO *LITOPENAEUS VANNAMEI*

AZEVEDO, Flávia Garrett
ESTÁCIO
flavia.garrett@estacio.br

FERREIRA, Flávia Gonçalves Domingues
ESTÁCIO
flavia.domingues@estacio.br

MOTTA SOBRINHO, Maurício Alves
UFPE
mottas@ufpe.br

FILHO COELHO, Petrônio Alves
UFAL
petroniocoelhoFilho@gmail.com

RESUMO

Neste trabalho estudamos o aproveitamento de resíduos industriais de uma indústria pesqueira, cascas de camarões da espécie *Litopenaeus vannamei* em processos de sorção de íons metálicos cobre e chumbo presentes em águas residuárias. A biomassa foi submetida a uma série de tratamentos (secagem, moagem e armazenamento) a fim de adquirir certas condições consideradas importantes para a biossorção. Soluções de íons metálicos foram preparadas a partir dos padrões de dissolução e soluções tamponadas em pH 6,0. A concentração do metal foi determinada com auxílio de dispositivo de absorção atômica com chama (AAC), modelo AA-6300 Shimadzu. Os resultados mostraram que a biomassa apresentou afinidade e capacidade de adsorção dos íons metálicos. O equilíbrio de biossorção Cu^{2+} e Pb^{2+} a 20 mg.L^{-1} para cascas de camarão evidenciou 50° , 300 rpm e pH 6,0 apresentou capacidade de adsorção de $250,52 \text{ mg l}^{-1}$, atingindo uma eficiência máxima de remoção de 90,15%.

PALAVRAS-CHAVE: Casca de camarão, cobre, chumbo.

1. INTRODUÇÃO

A água de descarte das indústrias é de grande preocupação devido à presença de corantes e aditivos que contribuem para a poluição dos ecossistemas hídricos (NETO, SOUZA, DE ALMEIDA; 2020). Os poluentes orgânicos provocam diversos impactos ambientais e efeitos à saúde humana, por meio da contaminação dos recursos naturais a partir do despejo de efluentes de origem industrial e doméstica, da atividade agrícola e outras ações humanas (MEDEIROS et. al., 2021, p.179).

Metais pesados estão presentes em muitos produtos e subprodutos consumidos pelo ser humano no seu cotidiano. Quando a sua liberação e disposição são inadequadas no meio ambiente, eles se acumulam e tornam-se potenciais fontes de contaminação. (OLIVEIRA et. al., 2021, p.155)

Industrialmente, a água pode ser utilizada em diversos momentos, tais como a incorporação ao produto, lavagens de máquinas, tubulações, pisos, entre outros. (DIAS, GIORDANO; 2020). Efluentes de lavanderias têxteis são caracterizados por conter uma elevada concentração de substâncias orgânicas (SILVA, et. al., 2021). O aumento da liberação de efluentes em corpos hídricos sem tratamento adequado pode causar degradação ambiental devido a contaminação dos rios e mares (ALMEIDA et. al., 2021, p. 353).

Conforme Queiroz et. al., (20219), o tratamento de efluentes têxtil exige a adoção de práticas mais adequadas para se inserir nos parâmetros da ecoeficiência, visando ao desenvolvimento sustentável. Os bioSORVENTES de baixo custo, como resíduos industriais, são uma via alternativa quando comparada com os métodos tradicionais para o tratamento de efluentes. Este vem sendo aplicada com sucesso na remoção de metais pesados tais como chumbo, cádmio e cobre (AZEVEDO, FERREIRA, SOBRINHO, 2021)

Os tratamentos de efluentes removem os contaminantes através de bioSORVENTES como leveduras (AZEVEDO et. al., 2021), algas (BURGS et. al., 2018; KAEFER et; al.; 2020), uva (FINAZZI DA COSTA, MAFFESSIONI, 2019). Dentre os mecanismos envolvidos na remoção de íons metálicos destaca se a bioSORÇÃO.

Diante do exposto, este trabalho realizou um estudo com simulação de cascas de camarão na remoção de cobre metálico e íons de chumbo. Além disso, avaliou a cinética e o equilíbrio do processo de bioSORÇÃO dos íons metálicos em batelada, determinando os parâmetros: tempo para equilíbrio, constante cinética (k) e capacidade máxima de bioSORÇÃO (qm) para cada interação mono componentes e bicomponentes.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Os metais pesados e suas consequências

A contaminação por metais pesados causa sérios danos a longo prazo, como doenças cardiovasculares, doenças neurológicas e até câncer (AGUILLAR et. al., 2020). Esse material é extremamente bioacumulável, ou seja, pode se concentrar no organismo trazendo consequências a longo e curto prazo (ASSUNÇÃO et. al., 2020).

A contaminação por metais pesados está cada vez mais intensa no meio ambiente tornando-se um grave problema ambiental e isto ocorre principalmente devido aos efluentes ou águas residuárias oriundas das indústrias químicas e em menor escala por outras instituições e atividades (SANTANA, SANTOS, RESENDE, 2020).

A grande preocupação que envolve os metais pesados é devido ao fato de sua elevada toxicidade, mesmo em baixa concentração, e tendência a se acumular em organismos ou na cadeia alimentar (MI et al., 2012). Conforme Nunes, Pessoa, El-Deir (2019), Dos modelos estabelecidos, a separação dos resíduos perigosos configura-se no primeiro passo, seguindo da busca de separação dos resíduos com potencial de reciclabilidade dos rejeitos, havendo vários modelos intermediários até o atingimento da separação total e alocação perfeita dos recicláveis. Corroboram com o gerenciamento dos resíduos sólidos Cunha, Cardoso, Alves (2019); Leandro et. al., (2019) e complementam que as diretrizes como sanções para condutas inadequadas que agridam o meio ambiente, apelos da mídia, participação de organizações mais responsáveis.

É necessário pensar em possíveis soluções para os impactos ambientais causados pela falta de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, principalmente os que são classificados como resíduos perigosos (SILVA, DA SILVA, DA SILVA, 2020)

2.2 Tratamentos de Efluentes

Atualmente um dos problemas ambientais mais comuns é a poluição química decorrente dos despejos residenciais e industriais (LUCENA et al., 2021). Porém os métodos para a remoção desses metais nem sempre são eficazes removendo completamente os poluentes, além de terem um custo muito elevado (AGUILLAR et. al., 2020). De Araújo, Lins, Jucá, (2019) destacam a importância do tratamento físico químico de lixiviados na remoção dos contaminantes detectados nas análises.

O tratamento de efluentes contendo íons metálicos é indispensável devido a sua não biodegradabilidade e toxicidade através da bioacumulação, além de problemas ambientais mais graves (DAVI et. al., 2020).

Diversos métodos químicos e biológicos vêm sendo submetidos para a remoção de efluentes (COSTA, KEMPKA, SKORONSKI, 2017). O processo de Biossorção é realizado através de troca iônica, por exemplo Hildemann et. al., (2017) realizaram experimentos com microalga na biossorção de lantanídeos. Para Cabral, De Araújo, De Almeida, (2020); Rocker et. al., (2019), Alessandretti et. al., (2021). Tavares, Souza, Santos (2020), a biossorção é uma das melhores alternativas por utilizar materiais de baixo custo.

2.3 Litopenaeus Vannanei

O camarão branco do Pacífico *Litopenaeus vannamei* é a espécie de crustáceo mais importante na aquicultura, respondendo por 70% da produção total de camarão no mundo (PESTANA et. al., 2020).

O camarão da espécie *Litopenaeus vannamei* é do filo artropoda. Vivem em ambientes marinhos de água doce ou salgada. A sua carapaça é composta em maior quantidade por quitina, que é a segunda substância orgânica mais abundante na biosfera superada apenas pela celulose, mas a sua taxa de reposição chega a ser duas vezes superior à da celulose. (MOURA et al., 2006).

A casca do camarão é formada por quitina utilizada em vários processos. De acordo com Santos, (2020) , o biopolímero de quitina é uma fonte promissora de matéria-prima que pode ser usada como um material de baixo custo para inúmeras aplicações.

O reaproveitamento de resíduos sólidos industriais tem também despertado grande interesse, já que tanto a legislação vigente quanto à fiscalização relacionada à disposição final destes resíduos tornam-se cada vez mais rigorosas e atuantes (AZEVEDO et. al., 2016)

3. METODOLOGIA

3.1 Biossorventes

Foi utilizado a casca de camarão *Litopenaeus vannamei*, fornecida pela Netuno Pescados, localizada na cidade de Recife (PE), com 98,8% de umidade (base úmida) e 1,2% (base seca). Os materiais transferidos foram mantidos sob refrigeração a 4° C.

3.2 Adsorbato

Os modelos de efluente foram elaborados a partir da solução padrão dissolvendo Tritisol (Merck) cobre e chumbo a 1.000 mg, na forma de cloretos. Estes foram tamponados com KH_2PO_4 - NaOH a pH 6,0 (MORITA & ASSUMPTION, 1995). As concentrações das soluções de íons metálicos foram preparadas com íons cobre (Cu^{2+}) e chumbo (Pb^{2+}), a partir das soluções de dissolução.

As concentrações do íon metálico presentes nas amostras foram analisadas e quantificadas pela técnica de espectrofotometria de absorção atômica realizada no Laboratório de Processos e Tecnologia Ambiental (LPTA) do Departamento de Engenharia Química da UFPE, que forneceu precisamente os valores das concentrações finais de cada compostos.

3.3 Cinética e equilíbrio de dois componentes

O comportamento cinético da biossorção dos metais cobre e chumbo da biomassa como um sistema iônico de dois componentes na biomassa foi avaliado por evolução cinética e

balanço. foi observada uma cinética de adsorção com rápido estabelecimento do equilíbrio alcançado em cinco (5) minutos. O tempo total foi extrapolado para 240 minutos garantindo a consolidação do equilíbrio.

A avaliação quantitativa foi realizada ajustando modelos matemáticos aos dados de equilíbrio e à cinética de bioadsorção de íons metálicos, de acordo com as propostas de Langmuir e Freundlich. Os dois modelos foram avaliados quanto ao ajuste, e o modelo associado Langmuir-Freundlich também foi ajustado tendo em vista a composição dos dois modelos. A avaliação dos processos de remoção de metais de soluções aquosas por adsorção foi realizada de forma quantitativa por meio do ajuste de modelos matemáticos aos dados de equilíbrio de bioadsorção de íons metálicos, conforme proposto por Langmuir e Freundlich. Os dois modelos foram avaliados quanto ao ajuste, e o modelo associado Langmuir-Freundlich também foi testado, tendo em vista a composição dos dois modelos. Considerando as possibilidades de ajuste, embora não completas, de Langmuir e Freundlich, optou-se por realizar a avaliação do equilíbrio pelo modelo de Langmuir-Freundlich, expresso na equação 1 em sua forma linear:

$$\frac{1}{q_A} = \frac{1}{q_{As}K_A} \left(\frac{1}{C_A} \right)^n + \frac{1}{q_{As}} \quad \text{equação (1)}$$

Após a avaliação do processo de bioadsorção metal-levedura, o equilíbrio da interação foi abordado. Preliminarmente os dois modelos foram testados separadamente. Em seguida, aplicamos o modelo de Langmuir-Freundlich (Equação 01).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

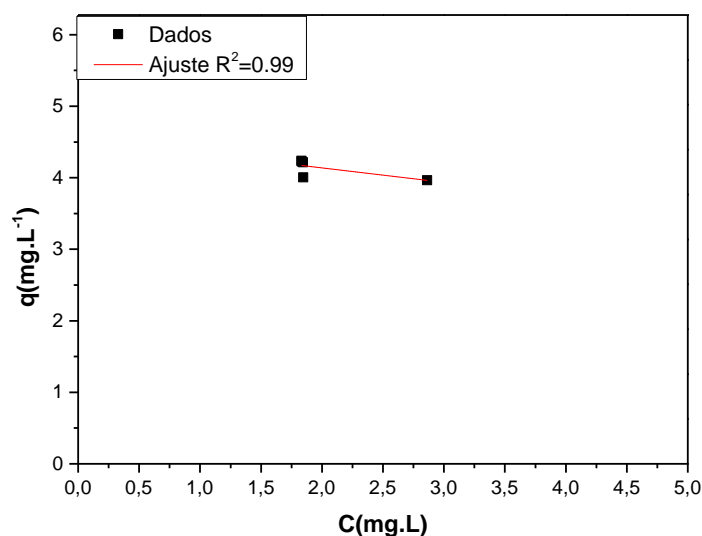
Para proceder à avaliação dos adsorventes foram considerados os dados obtidos nos testes realizados em condições de equilíbrio. Assim, por meio da Equação 1, os ajustes foram realizados variando os valores de n 0,5; 1; 1,5 e 2, obtendo assim os parâmetros do modelo listados na (Tabela 1), destacando as melhores configurações com “n” = 2.

Tabela 1. Parâmetros de equilíbrio para a adsorção de íons metálicos na casca do camarão.

Parameters	Shrimp shell Cu ²⁺ e Pb ²⁺
q _{as}	3,98 x 10 ¹ mg.g ⁻¹
k _{ad}	0,0033 mg.L ⁻¹
k _a	9,84 x 10 ² L.mg ⁻¹
R ²	1

A Figura 1 mostra os dados experimentais e teóricos calculados pelo modelo isotérmico para os dois íons metálicos. Essas isotermas indicam que há alta afinidade entre a superfície do solvente e as moléculas do metal. O solvente remove efetivamente os dois íons de metal.

Figura 1- Biossorção de Cu^{2+} e Pb^{2+} em 20 mg L^{-1} para as cascas de camarão no modelo de pseudo segunda ordem T 50° , 300 rpm e pH 6,0.



O coeficiente de correlação linear (R^2) foi de 0,99 e capacidade de adsorção de 250,52 mg/L. Em geral, fazendo uma comparação entre as amostras monocomponente e bicomponente o chumbo metálico e os íons de cobre pela casca do camarão, nas quatro ordens testadas, verifica-se que não houve diferenças entre os sistemas díspares.

Rocha *et. al.*, (2006), trabalhando com sementes de goiaba na remoção de Cu^{2+} , encontraram uma capacidade máxima de biossorção de $1,23 \text{ mg.g}^{-1}$ em um tempo de equilíbrio de 24 horas.

Já Dotto *et. al.* (2011), utilizaram quitosana em pH 3, realizaram estudos de equilíbrio em diferentes temperaturas (298 a 328 K) e os modelos de Langmuir, Freundlich, Redlich-Peterson, Temkin e Dubinin-Radushkevich foram ajustados aos dados experimentais. Foi observado que o aumento da temperatura causou uma diminuição na capacidade de adsorção. O modelo de Langmuir apresentou o melhor ajuste com os dados experimentais ($R^2 > 0,98$ e EMR $< 5\%$).

5. CONCLUSÕES

O equilíbrio de biossorção Cu^{2+} e Pb^{2+} 20 mg / L para cascas de camarão evidenciou 50° 60 rpm e pH 6,0 apresentou capacidade de adsorção de $250,52 \text{ mg / g}$. Em todos os experimentos, verifica-se que nas soluções bicomponentes, há uma tendência para o chumbo predominantemente como maior capacidade de adsorção.

Observando o balanço da biomassa de íons metálicos, foram adotados modelos de segunda ordem, que se ajustaram aos dados experimentais com boa concordância ($R^2 \sim 1,0$).

REFERÊNCIAS

- AGUILLAR, C. N.; SOARES, L. Q., MENDES, F. Q.; CARVALHO, A. M. X.; NASSER, V. G. Avaliação do teor de metais pesados na água de Rio Paranaíba – MG, Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 9, p. 64781-64880, sep. 2020.
- AGUIAR, A. C.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. Modelo de Gerenciamento de resíduos sólidos: Proposta para uma melhoria contínua. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 314-325.
- ALESSANDRETTI, I.; JESUS, R. R. de.; GUEDES, S. F.; LOSS, R. A.; PAULA, J. M. de.; GERALDI, C. A. Q. Biosorption of direct scarlet red dye by cassava bagasse. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. 16510413964, 2021.
- ALMEIDA, A. J. G. A.; GUEDES, F. L.; JÚNIOR, J. I. S.; TAVARES, C. M. Aplicação de Carvão Ativado Proveniente de Resíduos de Madeira para Remoção de Corante Têxtil. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G; MENEZES, N. S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Gestão e Tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 353-365.
- ASSUNÇÃO, I. C. O.; BELO, I. C. B.; MUNIZ, NA. C. M.; SOUZA, J. E. F. A ação de metais pesados no organismo e a presença do material em cosméticos do cotidiano. In: Anais do Congresso Nacional Universidade, EAD e Software livre, v. 2, n. 11 (2020)
- AZEVEDO, F. G.; MORAES, F.; JOELMA; ABREU, C. M.; MOTTA, M. A. CARACTERIZAÇÃO DA CASCA DE CAMARÃO NA VIABILIDADE DA BIOSSORÇÃO DE ÍONS METÁLICOS. In: 11º Encontro Brasileiro sobre Adsorção (EBA) 2016, 2016, Tiradentes - Aracaju.
- AZEVEDO, F. G.; FERREIRA, F. G. D.; SOBRINHO, M. A. M. Remoção de Metais Pesados Presentes em Efluentes pelo Gênero *Saccharomyces*; Influência do Método de Preparação do Reagente Fenton no Tratamento de Efluentes Têxteis. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G; MENEZES, N. S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Gestão e Tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 417-428.
- AZEVEDO, F. A.; FERREIRA, F. D.; SOBRINHO, M. A.; Remoção de cobre e chumbo presentes em efluentes pelo Gênero *Saccharomyces*. **Revista Eletrônica da Estácio Recife**, 2020: Anais da XIX Jornada de Iniciação Científica do Centro Universitário Estácio Recife, v., p.50-56, 2021
- AZEVEDO, F. G.; FERREIRA, F. D.; LUNA FILHO, G. J.; MOTTA, M. A. Manutenção industrial; Proposta de uma Estação de Tratamento de efluentes numa tinturaria em Olinda –PE. In: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 157-168.
- Bugs, L., Cuperitini, P., Wolf, T., & Treichel, H. (2018). USO DA BIOMASSA DE ALGAS COMO BIOSSORVENTE PARA REMOÇÃO DE METAIS PESADOS: UMA REVISÃO. *Revista CIATEC-UPF*, 10(1), 53-67.
- CABRAL, A. A.; DE ARAÚJO, H. W. C.; DE ALMEIDA, M. M. Biossorção de íons cobre utilizando a casca de *Mimosa tenuiflora*. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 10, p. 77963-77982, oct. 2020.

CUNHA, A. G. M.; CARDOSO, P. H. S.; ALVES, J.L. Consumo e produção responsáveis na ótica do objetivo do desenvolvimento sustentável. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 327-342.

DAVI, D. M. B.; ABREU, K. V.; RECK, L.; DE OLIVEIRA, M. R. .; MAIA, S. S. V. Biossorção do íon metálico cd^{2+} por biomassa bacteriana isolada do efluente da indústria petrolífera imobilizada em alginato. *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 6, n. 11, p. 92436-92463, nov. 2020.

DOTTO, G. L., VIEIRA, L. G., GONÇALVES, J. O., PINTO, L. A., Remoção dos corantes azul brilhante, amarelo crepúsculo e amarelo tartrazina, **Quim. Nova**, v. 34, n. 7, 1193-1199, 2011.

DE ARAÚJO, M. J. C. S.; LINS, E. A. M.; JUCÁ, J. . T. Análise de um Sistema de Tratamento de lixiviado; estudo de caso em aterro ecerrado. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 392-404.

DIAS, Karine Marinho do Nascimento; GIORDANO, Gandhi. PROPOSTA DE FERRAMENTA ESTATÍSTICA PARA CONTROLE DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS. **Revista Internacional de Ciências**, v. 10, n. 1, p. 56-72, abr. 2020.

FINAZZI DA COSTA, Larissa Fernanda; MAFFESSIONI, Daiana. Utilização da biomassa de uva como biossorvente na remoção de metais pesados de águas residuais. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 4, n. 2, p. 157-168, set. 2019.

HEIDELMANN, Gisele Petronilho et al. USO DE BIOMASSA DE MICROALGA PARA BIOSSORÇÃO DE LANTANÍDEOS. **HOLOS**, v. 6, p. 170-179, dez. 2017. ISSN 1807-1600.

KAEFER, J.; KAEFER, J.; SILVEIRA DE QUADROS, J.; SOARES DIAS, C.; FERNANDO MARQUES DUARTE FILHO, P.; JUNGES, F. REMOÇÃO DE METAIS PESADOS EM MEIO LÍQUIDO ATRAVÉS DA MICROALGA SYNECHOCOCUS NIDULANS. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, v. 9, n. 2, 3 mar. 2020.

LEANDRO, M. E. D. A.; FARIA, T. T. F.; ALMEIDA, I. M. S.; DA SILVA, K. A. Gerenciamento de resíduos sólidos em condomínio vertical: Estudo de caso em Jaboatão dos Guararapes – PE. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 366-381.

Lucena Alves, L. ., Lucena Alves, L. ., Santana Oliveira, R. I. ., Xavier Conceição Santos, L. ., Freire de Melo, L. M. ., Rodrigues dos Santos, S. S. ., Santos Silva, M., & Martins Dantas, M. . (2021). Avaliação de metais pesados e poluentes ambientais no Rio do Sal (Nossa Senhora do Socorro - SE) e seu impacto na saúde humana. *Saúde Coletiva (Barueri)*, 11(61), 5006-5017.

MEDEIROS, T. K F.; OLIVEIRA, J. L. S.; OLIVEIRA, T. L; DA SILVA, E. Inteligência Artificial Aplicada na Remoção de Poluentes Orgânicos de Efluentes. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G; MENEZES, N. S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Gestão e Tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 179-191.

MOURA, C., MUSZINSKI, P., SCHMIDT, C., ALMEIDA, J., PINTO, L., Quitina e Quitosana produzida a partir de resíduos de camarão e siri: Avaliação do processo a escala piloto. **Vetor**, v. 1, p. 37-45. 2006.

Mi, X.; Huang, G.; Xie, W.; Wang, W.; Liu, Y.; Gao, J. Preparation of graphene oxide aerogel and its adsorption for Cu²⁺ ions. *Carbon*. v.50, p. 4856-4864, 2012.

MORITA, T. & ASSUMPÇÃO, R. M. V.; Soluções, Reagentes & Solventes – padronização – preparação – purificação. Editora Edgar Blucher Ltda. 2º edição. 1995.

NETO, I. F. S.; SOUZA, M. N. C.; DE ALMEIDA, S. C. X., Degradação de corantes por Processos Fotocatalíticos no Tratamento de Efluentes Industriais: Uma Visão Integrativa. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, v. 16, n. 4, out/dez 2020.

OLIVEIRA, J. L. SANTOS.; MEDEIROS, T.K.F.; LUTOSA, E. A.; DA SILVA, E. Aplicação da Inteligência Artificial na remoção de Metais pesados de Efluentes. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F. L.; EL-DEIR, S. G; MENEZES, N. S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Gestão e Tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 155-166.

PESTANA, S. S.; VIANA, A. R. C.; DINIZ, A. L. C.; SOUZA, D. B.; DE ALMEIDA, Z. S. Comparação entre a produção pesqueira do camarão branco e a fauna de siris do gênero *Callinectes* na pesca de zangaria no Município de Raposa, Maranhão – Brasil. *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 6, n. 2, p.7732-7749 feb. 2020.

QUEIROZ, Marluce Teixeira Andrade et al . Reestruturação na forma do tratamento de efluentes têxteis: uma proposta embasada em fundamentos teóricos. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 26, n. 1, e1149, 2019.

ROCHA. W. D; LUZ, J.A.M.; LENA, J.C.; ROMERO, O.B. Adsorção de cobre por carvões ativados de endocarpo de noz macadâmia e de semente de goiaba. **Revista Escola de Minas**. n.59 (4). p. 4009-414, 2006.

ROCKER, Cristiana et al . Biossorção de íons Cr(III) de soluções aquosas sintéticas e efluente de curtume utilizando a macrófita aquática *Pistia stratiotes*. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro , v. 24, n. 2, p. 335-346, Apr. 2019

SANTANA, Jeferson Santos; SANTOS, Bianca Rodrigues dos; RESENDE, Brenda de Oliveira. Utilização da casca de banana como biossorvente para adsorção de metais pesados viabilizando sua utilização em águas residuárias da indústria galvânica. **INOVAE - Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation (ISSN 2357-7797)**, [S.l.], v. 8, n. 1, p. 143-157, jun. 2020.

SANTOS, M. C. Obtenção de quitina a partir do exoesqueleto de camarão (*Litopenaeus vannamei*) e Avaliação da sua Aplicabilidade para utilização como adsorvente na remoção de corantes de meio aquoso. 2020. 68f. Dissertação (Mestrado em Engenharia na área de Ciência e Tecnologia dos Materiais) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020.

SILVA, V. J. C. S.; SILVA; J. C. S.; FIGUEIROA, D. S.; Influência do Método de Preparação do Reagente Fenton no Tratamento de Efluentes Têxteis. In: ALMEIDA, I. M. S.; GUEDES, F.

L.; EL-DEIR, S. G; MENEZES, N. S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Gestão e Tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 377-386.

SILVA, A. M. G. C.; DA SILVA, T. V. B.; DA SILVA, T. S.. Logística Reversa no Gerenciamento de Resíduos de Pilhas e bateriais: Estudo de caso baterias Moura e Rayovac.. In: SILVA, T. S.; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 49-63.

TAVARES, F. P.; SOUZA, D. L. de; SANTOS, K. G. dos. Methylene Blue Biosorption using sawdust of the *Apuleia Leiocarpa* genus. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. e796974768, 2020.

6.5 BIOMINERAÇÃO URBANA NO PÓS-COVID-19: UMA “DISPUTA VERDE” POR METAIS CRÍTICOS

GIESE, Ellen Cristine
CETEM
egiese@cetem.gov.br

RESUMO

A pandemia COVID-19 foi um ponto de inflexão para muitos setores que impulsionam as economias em todo o mundo, principalmente para o setor de mineração. Em meio aos problemas de saúde e econômicos decorrentes da crise atual, vários países estão avançando e traçando estratégias pós-COVID-19 para o suprimento de metais críticos, que no curto prazo serão baseados na biomineração. A biometalurgia pode desempenhar um papel crucial na reciclagem de resíduos eletroeletrônicos e recuperação de metais valiosos. O presente trabalho buscou identificar tecnologias, atualmente desenvolvidas em laboratório, que têm uma perspectiva para a recuperação de metais em larga escala a curto e médio prazos. Também são abordados os desafios de P, D & I para o estabelecimento da biomineração urbana.

PALAVRAS-CHAVE: biohidrometalurgia, reciclagem, resíduos eletroeletrônicos.

1. INTRODUÇÃO

O acesso aos recursos minerais é uma questão de segurança estratégica e autonomia para a maioria dos países. Minerais considerados matérias-primas de maior importância econômica e de alto risco de escassez de abastecimento são denominados minerais críticos. Os minerais críticos são fundamentais para o desenvolvimento de tecnologias verdes, incluindo a produção de energia por meio de turbinas eólicas e veículos elétricos, o que garantirá que o mundo cumpra os objetivos de desenvolvimento sustentável ODS-ONU (LEE; CHA, 2020). A grande maioria dos países desenvolvidos, incluindo os países do G-7, apresentam lacunas em suas reservas minerais naturais, assim como na capacidade de mineração de metais críticos a partir de fontes secundárias.

A pandemia do COVID-19 expôs totalmente as vulnerabilidades das cadeias de valor globais caracterizadas por alta interdependência entre os principais países globais e os países fornecedores localizados em diferentes continentes (ZHU et al., 2021). Com a implementação de medidas rigorosas em todo o mundo que fizeram com que as fronteiras fechassem, a crise do COVID-19 levou muitas partes do mundo a examinar criticamente como organizam suas cadeias de fornecimento, especialmente quando se trata de fontes de fornecimento de metais estratégicos.

Em 2020, em face da pandemia COVID-19, os EUA, a União Europeia, o Reino Unido e a Índia, entre outros países líderes globais, listaram seus minerais essenciais e estabeleceram metas para reduzir sua dependência da importação de matérias-primas críticas (SCHMID, 2020; BAGARIA, 2021). Os Estados Unidos reconheceram que não poderiam mais depender das importações de minerais essenciais de outros países, cada vez mais necessários para manter sua força econômica e militar no século 21; para 31 dos 35 minerais críticos considerados essenciais, os EUA importam mais da metade de seu consumo anual (GIESE, 2020).

No entanto, não é a primeira vez que o fornecimento global de um metal é interrompido. Cobalto (Co), paládio (Pd) e elementos terras-raras, por exemplo, podem ser citados como restrições de fornecimento de metal anteriores para questões geopolíticas (HABIB et al., 2021). No cenário da pandemia do COVID-19, os maiores riscos foram observados para metais preciosos como ouro (Au), ródio (Rh), platina (Pt) e Pd devido à volatilidade dos preços ou enfraquecimento das regulamentações ambientais, bem como os efeitos positivos relacionados ao aumento da demanda para ativos de “porto seguro”.

Esses metais são caracterizados por manufatura com uso intenso de energia e produção geográfica altamente concentrada, sugerindo que a reciclagem e a diversificação da cadeia de suprimentos podem aliviar alguns dos riscos identificados (ALTHAF; BABBITT, 2021). A aplicação dos princípios de restauração, reciclagem e regeneração da produção, básicos na economia circular (DA SILVA et al., 2018; MEDEIROS et al., 2019; CERQUEIRA-STREIT et al., 2021), pode proporcionar a recuperação de matérias-primas críticas de resíduos eletroeletrônicos. A adoção do princípio da economia circular poderá amenizar alguns dos efeitos prejudiciais da pandemia COVID-19 no futuro (IBN-

MOHAMMED et al., 2021). Com base nos princípios da economia circular, o risco de fornecimento de matérias-primas críticas está aumentando a pressão sobre os governos para expandir a capacidade de minerar e extrair esses materiais de minérios de baixo teor e concentrados primários, além de otimizar a recuperação e reciclagem de resíduos elétricos e equipamentos eletrônicos (lixo eletrônico).

As demandas crescentes por minerais críticos e estratégicos têm impulsionado a mineração urbana, ampliando o desenvolvimento de novas rotas tecnológicas baseadas na biometalurgia para extrair, separar, purificar e recuperar metais críticos a partir de resíduos (GIESE; XAVIER; LINS, 2018; XAVIER et al., 2019; GIESE, 2019a; GIESE, 2020; MARQUES; SILVA; SOBRAL, 2021).

A busca por tecnologias emergentes poupadoras de energia aliada às políticas econômicas de baixo carbono tornam estes elementos de grande importância econômica e estratégica, bem como demandam e valorizam novas tecnologias para seu processamento. Assim, o objetivo do presente trabalho foi identificar tecnologias baseadas nos processos biohidrometalúrgicos, atualmente desenvolvidas em laboratório, que têm uma perspectiva para a recuperação de metais em larga escala a curto e médio prazos.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho tem o cunho exploratório por ter como finalidade elaborar uma visão geral baseada numa revisão bibliográfica sobre o tema e da legislação aplicável.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acesso aos recursos minerais é uma questão de segurança estratégica e autonomia para um grande número de países. A crise do COVID-19 levou muitas partes do mundo a analisar criticamente como organizam suas cadeias de suprimentos, especialmente no que diz respeito às fontes de matérias-primas críticas. A vulnerabilidade das cadeias de valor do matérias-primas críticas afeta todos os ecossistemas industriais e exige uma abordagem mais estratégica, como viabilizar novos acordos internacionais e explorar fontes alternativas de abastecimento em caso de rupturas, como neste atual cenário incerto.

A escassez de matérias-primas minerais tem sido impulsionada pelo crescimento populacional e aumento dos padrões de consumo, especialmente em setores industriais de alta tecnologia. Nos próximos anos, devido aos efeitos da pandemia COVID-19, as crescentes demandas por matérias-primas críticas impulsionarão a mineração urbana, ampliando o desenvolvimento de novas rotas tecnológicas baseadas na biometalurgia para extrair, separar, purificar e recuperar metais críticos do lixo eletrônico.

Os resíduos eletroeletrônicos (REEE) referem-se aos dispositivos descartados no final de seu uso e quando não podem mais ser usados pelos consumidores. O lixo eletrônico

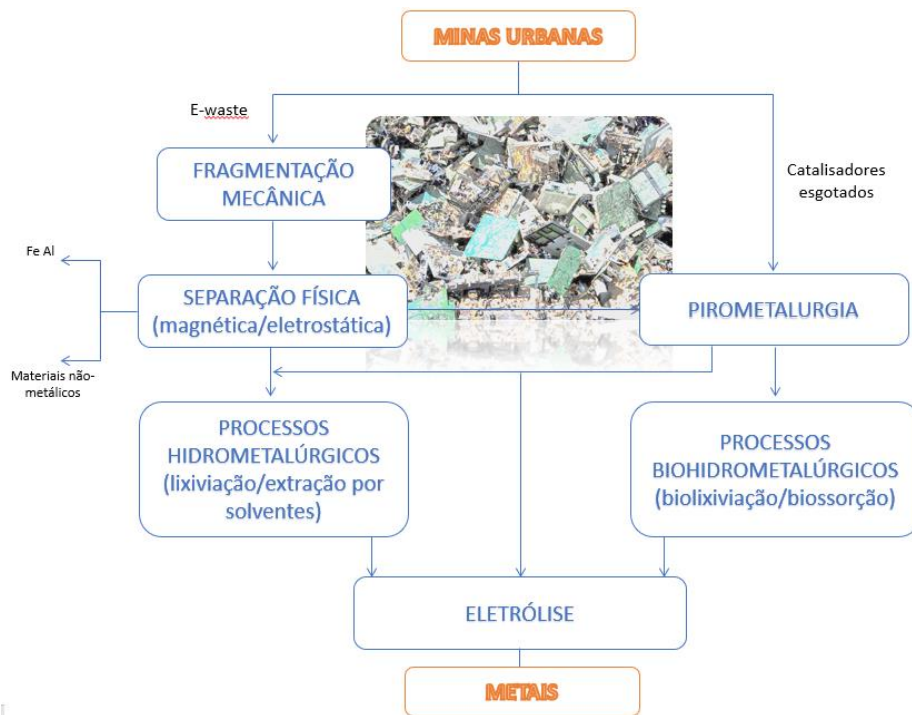
constitui a fração mais considerável dos resíduos urbanos de crescimento mais rápido (OLIVEIRA; RAMOS, 2015; DA SILVA; CAVALCANTE, 2017). De acordo com estatísticas recentes, 53,6 milhões de toneladas de lixo eletrônico foram produzidas em 2019, e seu valor foi estimado em US\$ 57 bilhões devido aos metais presentes em seus componentes que apresentam valor econômico. Estima-se que 17,4% desse montante foi reciclado, gerando US\$ 10 bilhões (FORTI et al., 2020). O lixo eletrônico de alto valor contém metais preciosos como prata (Ag), ouro (Au), metais do grupo da platina e elementos de terras raras, que são considerados matérias-primas críticas. A reciclagem de elementos terras-raras é estimada em < 1% em todo o mundo. Um dos principais obstáculos à reciclagem desses elementos é que a quantidade de elementos terras-raras nos produtos em fim de vida varia de mg a vários kg.

A logística reversa é um importante instrumento para acompanhar o eletroeletrônico vendido até o retorno ao ponto de origem, propiciando a reciclagem, através da qual os componentes e matérias-primas das mercadorias descartadas podem ser novamente utilizadas na fabricação de novos produtos (SANTOS et al., 2018; LINS et al., 2019; SOUZA et al., 2021). É de extrema importância para que a maior quantidade de produtos pós-consumo seja reciclada adequadamente a fim de suprir a cadeia de matérias-primas críticas.

O lixo eletrônico é atualmente tratado em instalações pirometalúrgicas ou com o uso de algum processo hidrometalúrgico que imita as operações unitárias usadas na metalurgia primária de extração de minério (MOREIRA; SANTOS, 2018). Com a escassez de recursos primários e a necessidade crescente de extrair valores metálicos de fases minerais complexas ou reservas com fontes de baixo teor ou secundárias, como o lixo eletrônico, os processos baseados na atividade microbiana apresentam-se como tecnologias emergentes para o fornecimento de metais estratégicos e minerais (XAVIER et al., 2019).

A biomineração consiste em dois sistemas biológicos combinados: a biolixiviação para a solubilização dos metais valiosos e a biossorção para a recuperação e separação seletiva dos metais. A Figura 1 ilustra as etapas de processamento de resíduos eletroeletrônicos.

Figura 1. Produtos de alta-tecnologia considerados fontes secundárias de metais na mineração urbana.



Fonte: GIESE (2020)

Na etapa de pré-tratamento ocorrem os processos de desmontagem que geralmente são feitos manualmente. Os componentes metálicos são beneficiados com o uso de processos físicos constituídos por operações unitárias usadas convencionalmente no tratamento de minérios, tais como: cominuição em moinhos, classificação granulométrica, separação magnética e eletrostática, flotação etc., de modo a concentrar os metais de interesse. A recuperação e refino é realizada através de processos metalúrgicos de pirometalurgia e hidrometalurgia (lixiviação e extração por solventes).

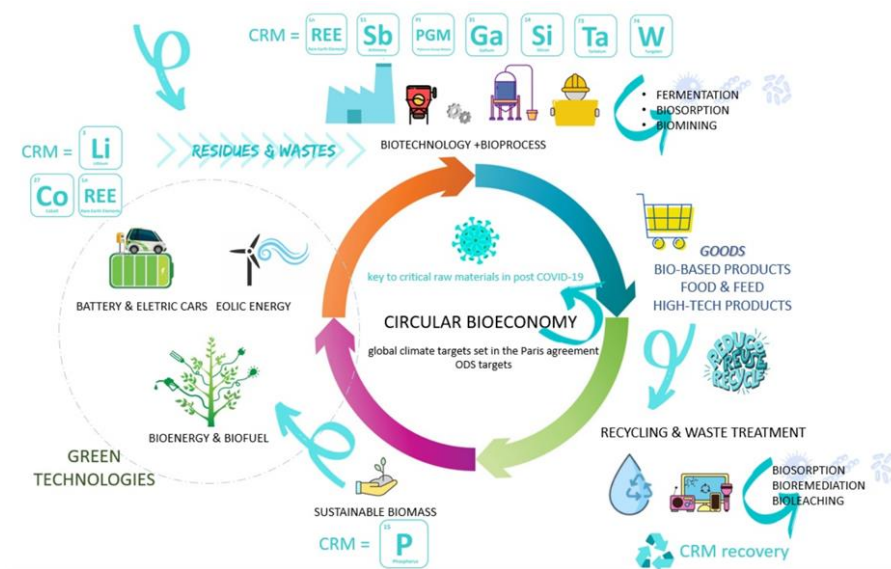
A biomineração urbana surge como uma alternativa ao uso de métodos hidrometalúrgicos os quais, em geral, envolvem um alto consumo de energia e, portanto, alto custo operacional, além da poluição secundária decorrente (GIESE; XAVIER; LINS, 2018; XAVIER et al., 2019; GIESE, 2019b). A biolixiviação é amplamente utilizada na extração e recuperação de metais de minérios e resíduos enquanto a biorremediação se concentra na remoção ou imobilização de contaminantes perigosos, como radionuclídeos e metais pesados de locais contaminados.

Desta forma, alguns processos biohidrometalúrgicos também têm sido avaliados quanto à sua viabilidade em compor a cadeia produtiva de extração de elementos metálicos do lixo eletrônico, principalmente porque os bioprocessos apresentam menores demandas quanto ao uso de reagentes químicos e consumo de energia. pois, em geral, contribuem para o caráter sustentável do processo (GIESE, 2019a).

A biolixiviação é um processo biohidrometalúrgico baseado no uso de diferentes microrganismos (fungos e bactérias) com a capacidade de secretar ácidos inorgânicos ou orgânicos ou cianeto, aumentando as reações de oxidação-redução, mecanismos promovidos por prótons e formação de ligantes e complexos. As principais vantagens dos

métodos de biomineração incluem a alta especificidade, custo-benefício e aceitabilidade ambiental. A biohidrometalurgia já é uma rota estabelecida para processar minérios primários de baixo teor e pode desempenhar um papel essencial na mineração urbana de matérias-primas críticas no futuro em um conceito de bioeconomia circular, conforme proposto na Figura 2.

Figura 2. Arranjo sugerido de setores envolvidos na bioeconomia circular com foco em biomineração urbana de matérias-primas críticas (MPC).



Fonte: GIESE (2021)

Nas últimas duas décadas, a biotecnologia desempenhou um papel de liderança ao permitir o desenvolvimento de processos industriais sustentáveis que resultaram em uma ampla gama de produtos e processos inovadores. Uma transição dos métodos convencionais de extração mineral para métodos de base biológica tem sido tentada nas mais diferentes áreas. A biohidrometalurgia está presente na Agenda 2030 para a bioeconomia proposta pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), com ações para o desenvolvimento de novos processos minerais baseados na atividade microbiana e a implantação de novas plantas de biolixiviação. As atividades industriais devem ser conduzidas no curto prazo dentro de uma agenda de bioeconomia mineral (OECD, 2007).

A bioeconomia é baseada no uso inovador de recursos biológicos sustentáveis para atender à crescente demanda dos setores de alimentos, energia, indústria e preservação do meio ambiente. Seu conceito inclui o desenvolvimento de bioprocessos eficientes para apoiar a produção sustentável e a integração de aplicações de biotecnologia entre diferentes setores.

A busca por tecnologias emergentes de economia de energia combinadas com políticas econômicas circulares de baixo carbono é crucial para o restabelecimento dos setores econômicos e produtivos pós-COVID-19. Os modelos econômicos atuais e suas necessidades em termos de exploração de recursos não garantem o uso contínuo de bens

naturais e minerais para atender às demandas tecnológicas atuais e, ao mesmo tempo, proporcionar os benefícios de uma vida sustentável. Por exemplo, as premissas do ODS foram baseadas na globalização e no crescimento econômico sustentado. O COVID-19 trouxe à luz que os ODSs, conforme projetados atualmente, não são resistentes a choques impostos por pandemias; a projeção é que dois terços das 169 metas não sejam cumpridas até 2030 com os impactos associados. A bioeconomia surge como uma solução para garantir a sustentabilidade econômica e ambiental de longo prazo, valorizando os recursos naturais nos mais diversos setores.

5. CONCLUSÕES

Tendo em vista a escassez iminente de metais críticos e a necessidade de administrar diferentes setores produtivos, e mesmo no ambiente pandêmico do COVID-19, muitos países perceberam o problema e desenvolveram planos ambiciosos com o objetivo de aumentar a resiliência e autonomia dos produtores avançados setores, procurando repelir quaisquer ameaças às suas soberanias nacionais. A necessidade de reagir à crise da COVID-19 é uma oportunidade única para transformar nossa economia e propor a mudança de que nossa sociedade precisa para criar um futuro sustentável e desejável. Uma bioeconomia circular oferece soluções revolucionárias e é um conceito crucial para avançar em direção a uma economia neutra em carbono, renovável e inclusiva que prospera em harmonia com a natureza.

A extração de metais a partir de resíduos eletroeletrônicos pode ser considerada uma solução alinhada com a economia circular e que vem ao encontro das principais demandas sociais, ambientais, econômicas e tecnológicas. Porém, apesar de todas as vantagens oferecidas pela biomineração urbana, os processos ainda estão sendo estudados em escala de laboratório devido às baixas taxas de rendimento e longos tempos operacionais, fatores estes que ainda limitam sua aplicação em escala industrial. A implementação da mineração urbana em larga escala depende tanto do desenvolvimento de tecnologia viáveis quanto de uma logística reversa eficaz.

6. AGRADECIMENTOS

A autora agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Serviço Nacional de Aprendizagem do Cooperativismo (SESCOOP) pelo apoio financeiro no âmbito do Projeto CNPq/SESCOOP nº 403048/2018-4.

REFERÊNCIAS

ALTHAF, S.; BABBITT, C.W. Disruption risks to material supply chains in the electronics sector. **Resources, Conservation and Recycling**, 2021, v. 167, Article 105248.

BAGARIA N. Analysing Opportunities for India in Global Value Chains in Post COVID-19 Era. **Foreign Trade Review**, 2021, Article 10.1177.

CERQUEIRA-STREIT, J.A.; SANTOS, M.P.; GUARNIERI, P.; LAFAYETE, K.P.V. Gestão de resíduos sólidos industriais como contributo à economia circular e indústria 4.0; uma revisão de literatura. In: ALMEIDA, I.M.S.; GUEDES, F.L.; EL-DEIR, S.G.; MENEZES, N.S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 205-218.

DA SILVA, G.R.; CAVALCANTE, M.B. Lixo eletrônico: uma análise da produção e descarte nas escolas públicas urbanas de Guarabira – PB. In: AGUIAR, W.J.; EL-DEIR, S.G.; BEZERRA, R.P.L. (Orgs.). **Resíduos sólidos: abordagens práticas em educação ambiental**. 2ª ed. Recife: Gampe/UFRPE, 2017. p. 123-126.

DA SILVA, A.M.B.; RIBEIRO, A.R.B.; SANTOS, M.V.N.; LIMA, T.L.A. Impactos ambientais, sociais e econômicos da logística reversa: uma revisão bibliográfica. In: SANTOS, J.P.O.; SILVA, R.C.P.; MELLO, D.P.; EL-DEIR, S.G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 186-197.

FORTI, V.; BALDÉ, C.; KUEHR, R.; BEL, G. (Orgs.) **The Global E-Waste Monitor 2020**. Global E-waste Statistics Partnership, 2020.

GIESE, E.C., XAVIER, L.H., LINS, F.A.F. Urban biomining: the future of recycling of electrical and electronic waste. **Brasil Mineral**, 2018, v. 385, Article 36-39.

GIESE, E.C. Challenges of biohydrometallurgy in the circular economy. **Insights in Mining, Science and Technology**, 2019a, v. 4, 555569.

GIESE, E.C. Evidences of EPS-iron (III) Ions interactions on bioleaching process mini-review: the key to improve performance. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry**, 2019b, v. 11, Article 200-204.

GIESE, E.C. **Os desafios da biometalurgia frente ao crescimento das minas urbanas**. 1ª ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2020. p. 17.

GIESE, E.C. Biomining in the post-COVID-19 circular bioeconomy: a “green dispute” for critical metals. **International Research Journal of Multidisciplinary Technovation**, 2021, v. 3, Article 35-38.

IBN-MOHAMMED, T.; MUSTAPHA, K.; GODSELL, J.; ADAMU, Z.; BABATUNDE, K.; AKINTADE, D.; ACQUAYE, A.; FUJII, H.; NDIAYE, M.; YAMOA, F.; KOH, S. A critical analysis of the impacts of COVID-19 on the global economy and ecosystems and opportunities for circular economy strategies. **Resources, Conservation and Recycling**, 2021, v. 164, Article 105169.

LEE, K.; CHA, J. Towards improved circular economy and resource security in South Korea. **Sustainability**, v. 13, 2020, Article 17.

LINS, E.A.M.; SILVA, A.L.T.; LINS, A.S.B.M.; PAZ, D.H.F. Gestão dos resíduos eletroeletrônicos: análise da aplicabilidade da Logística reversa. In: MENEZES, N.S.; EL-DEIR, S.G.; GUEDES, F.L.; ALMEIDA, I.M.S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 782-793.

MARQUES, E.A.T.; SILVA, A.C.; SOBRAL, M.C. Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos e mineração urbana. In: ALMEIDA, I.M.S.; GUEDES, F.L.; EL-DEIR, S.G.; MENEZES, N.S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 606-621.

MEDEIROS, A.M.A.; MARINHO, J.I.M.; COUTINHO, C.N.; LEITE, T.R.N. Logística reversa e economia circular dos resíduos eletroeletrônicos. In: NUNES, I.L.S.; PESSOA, L.A.; EL-DEIR, S.G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 287-296.

MOREIRA, T.R.M.; SANTOS, I.T.Q.P. Caracterização de telas de LCD visando a reciclagem; extração de índio presente em equipamentos eletroeletrônicos In: SANTOS, J.P.O.; SILVA, R.C.P.; MELLO, D.P.; EL-DEIR, S.G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018a. p. 395-406.

OECD. International Futures Project on “The Bioeconomy to 2030 Designing a Policy Agenda”. Disponível em: < <https://www.oecd.org/futures/long-termtechnologicalsocietalchallenges/thebioeconomyto2030designingapolicyagenda.htm>>. Acesso em: 25 mar. 2021.

OLIVEIRA, R.S.; RAMOS, J.B.E. Análise comparativa do gerenciamento logístico reverso de lâmpadas fluorescentes pós-consumo em instituições de ensino federais. In: AGUIAR, A.C.; SILVA, K.A.; EL-DEIR, S.G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologias limpas e boas práticas**. 1ª ed. Recife: Gampe/UFRPE, 2015. p. 127-141.

SANTOS, J.P.O.; SILVA, E.V.L.; SOUZA, A.L.; EL-DEIR, S.G. Economia circular como via para minimizar o impacto ambiental gerado pelos resíduos sólidos. In: SILVA, R.C.P.; SANTOS, J.P.O.; MELLO, D.P.; EL-DEIR, S.G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologias e boas práticas de economia circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 8-17.

SCHMID, M. Challenges to the European automotive industry in securing critical raw materials for electric mobility: the case of rare earths. **Mineralogical Magazine**, 2020, v. 84, Article 5-17.

SOUZA, R.S.; GUARNIERI, P.; VIEIRA, B.; CERQUEIRA-STREIT, J.A. Diagnóstico de práticas e inovações na logística reversa de resíduos eletroeletrônicos em organizações brasileiras. In: ALMEIDA, I.M.S.; GUEDES, F.L.; EL-DEIR, S.G.; MENEZES, N.S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 622-638.

XAVIER, L.H.; GIESE, E.C.; RIBEIRO-DUTHIE, A.C.; LINS, F.A.F. Sustainability and the circular economy: A theoretical approach focused on e-waste urban mining. **Resources Policy**, 2019, Article 101467.

ZHU, Y.; ALI, S.H.; XU, D.; CHENG, J. Mineral supply challenges during the COVID-19 pandemic suggest need for international supply security mechanism. **Resources, Conservation and Recycling**, 2021, v. 165, Article 105231.

6.6 INDÚSTRIA DE PRODUÇÃO DE COURO: UMA DISCUSSÃO SOBRE OS PRINCIPAIS IMPACTOS OCASIONADOS

SILVA, Aysla Caroline

UFMA

aysla.caroline@discente.ufma.br

ALENCAR, Mardiani

UFMA

mardiani.alencar@discente.ufma.br

FERREIRA, Walderlanne da Silva

UFMA

ws.ferreira@discente.ufma.br

CRUZ, Glauber

UFMA

cruz.glauber@ufma.br

RESUMO

Este trabalho almeja revisar a bibliografia existente sobre a indústria de produção de couro no país e as principais etapas do processo de fabricação e os impactos ocasionados. O Brasil tem um potencial relevância na produção da indústria coureira, encontrando-se entre os 5 maiores produtores de couro no mundo e gerando muitos benefícios socioeconômicos, entretanto, alguns aspectos ambientais precisam de uma atenção especial. O crescimento industrial caracteriza-se por ser um componente essencial para o desenvolvimento da economia de um país. Os resíduos são um problema a ser tratado tendo em vista que contaminam o solo, ar e água, abordam-se medidas mitigadoras realizadas para minimizar os efeitos tão prejudiciais ao meio ambiente e a saúde humana. Dentre essas medidas apresenta-se algumas com resultados satisfatórios, os (POAS) é um processo de oxidação avançado, para o tratamento de efluentes e a produção mais limpa (P+L), é uma estratégia aplicada para a racionalização dos produtos utilizados, buscando um menor impacto ao meio ambiente. Por fim, neste artigo apresenta-se um diagnóstico dos problemas e ações que ajudam a atenuar os impactos dessa atividade industrial para torná-la mais limpa e sustentável, evitando uma maior degradação ambiental, através de uma revisão bibliográfica acerca da indústria do curtume.

PALAVRAS-CHAVE: Efluentes, Curtume, Resíduos.

1. INTRODUÇÃO

A indústria de couro no Brasil é bastante desenvolvida, e o 5º maior produtor de couro no mundo, segundo SILVA (2019) é formada por cerca de 450 curtumes, com um dos maiores rebanhos bovinos do mundo e uma produção chegando a 42 milhões de peles por ano, sendo que somente o setor interno consome cerca de 20% dessa produção (SILVA, 2019). As indústrias que utilizam couro como matéria-prima responderam por 88,1% do volume exportado em 2000 (CÂMARA & GONÇALVES, 2007). A cadeia industrial que utiliza o couro como matéria-prima é considerada autossuficiente, e cuja essa matéria-prima para a indústria coureiro-calçadista no Brasil é abundante (CÂMARA; GONÇALVES, 2007).

O setor das indústrias de calçados no Brasil se caracteriza pela existência de muitas empresas, com destaque para as pequenas e médias empresas. No ano de 2001, aproximadamente 4 mil empresas atuaram no setor coureiro, com um faturamento da ordem de 15 bilhões de reais ao ano e geração de cerca de 260 mil empregos (IBGE, 2001), e de acordo com as últimas pesquisas já se tem cerca de 116.962 empresas (IBGE, 2017). De acordo com BRITO (2013), cerca de 80% do couro usado no mundo é empregado na fabricação de calçados. O produto remanescente é destinado a outros setores, como o automotivo e à produção de artigos de moda, tais como bolsas, roupas, cintos e carteiras (BRITO, 2013).

A indústria de couro consome grandes quantidades de água no processamento de peles, sendo que os efluentes líquidos têm como principais características: alta salinidade e conteúdo de matéria orgânica, ou seja, DBO (demanda biológica de oxigênio), DQO (demanda química de oxigênio), COD (carbono orgânico dissolvido) e COT (carbono orgânico total), além de nitrogênio orgânico e amônia (SCHRANK, 2003). Segundo SILVA (2019), o processamento de couro requer diversos processos mecânicos e químicos para o tratamento deste, que em condições de baixa eficiência, resultam em grandes quantidades de efluentes com altas concentrações de matérias orgânicas e inúmeros produtos tóxicos, que podem resultar em irritações na pele, olhos, trato respiratório, além de outras doenças como câncer. A produção de curtimento na figura 1 mostra o processo de tintura do couro, temos pessoas expostas aos produtos, conseqüentemente expostos aos seus efeitos colaterais supracitados. No Brasil, utiliza-se o furão, que através de movimento rotativo tingem com corante o couro sem qualquer contato do produto com os operadores.

Com o crescente processo de industrialização, tem-se como consequência o aumento populacional e essa mudança fez com que houvesse maior demanda consumista em todos os setores gerando assim uma crescente na produção de resíduos sólidos (MARQUES et al, 2020), e infelizmente no atual cenário do nosso país, a gestão dos resíduos sólidos é uma realidade ainda distante, onde há situações que não são aplicadas ou não utilizadas da maneira adequada. (SILVA et al, 2020).

Os principais resíduos sólidos gerados pela indústria de calçado são aparas de couro acabado, pó proveniente de lixadeira e tecidos de forros, enquanto, os resíduos de curtume

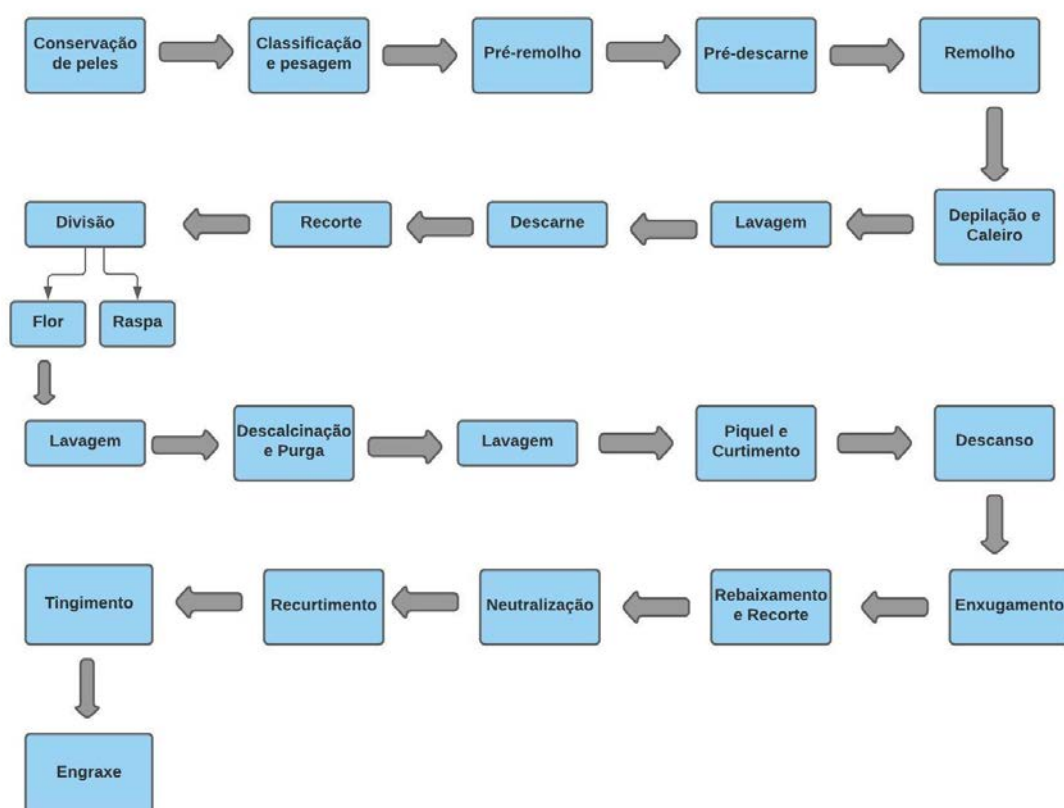
são serragem gerada pela rebaixadeira, farelo ou pó de couro, os quais são enviados diretamente para os aterros sanitários (SILVA, 2019). Esses resíduos podem ser aproveitados, onde os mesmos podem ser usados em processos de termoconversão, caso obtenham o poder energético necessário para o mesmo, cabe um estudo das suas características e processo térmico mais adequado.

Tendo em vista as informações apresentadas, é notável a impossibilidade de haver o desenvolvimento de atividades humanas que não causem danos ao meio ambiente, pois cada atividade possui um nível de prejuízo considerável ao ambiente natural (CAVALCANTI et al, 2019). Dentro desse cenário, o objetivo desta pesquisa além de estruturar o processo de curtimento é realizar uma revisão bibliográfica, visando relatar as principais consequências provenientes da geração de resíduos oriundos da fabricação do couro, bem como os impactos ambientais gerados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo a CETESB (2015), o processo de transformação de peles em couros é dividido basicamente em três etapas: ribeira, curtimento e acabamento. A Figura 2 apresenta um fluxograma genérico do processamento completo para a fabricação de couros:

Figura 2 – Fluxograma esquemático das operações de fabricação do couro



Fonte: Adaptado de CETESB (2015)

Os processos de conservação, em geral, baseiam-se na desidratação das peles, diminuindo a viabilidade do crescimento bacteriano e ação enzimática. Dentre os métodos mais utilizados tem-se a salga, capaz de manter a conservação do couro por um longo prazo. No tipo mais simples de salga, isto é, a seco, distribui-se sal (cloreto de sódio) entre as peles frescas, mais comumente chamadas de “peles verdes”, enquanto um empilhamento destas é realizado (CETESB, 2018).

Figura 1 – Produção de Curtimento ao Cromo



Fonte: TARANTOLA (2014).

Segundo Flores (2008), a presença de cor residual ocasionada pela utilização de corantes é uma das principais características do efluente de curtume. Os corantes são compostos orgânicos capazes de colorir substrato têxtil. A elevada estabilidade celulósica dos corantes dificulta a degradação pelos sistemas de tratamentos convencionais, normalmente lodos ativados, empregados pela maioria das indústrias de curtume (FLORES, 2008).

De acordo com Sauer (2006), o uso desses corantes no processo de tingimento da indústria de couro, proporcionam cor intensa e aumento da toxicidade dos efluentes no final do processo, que causam uma poluição ambiental de alto risco.

“A ribeira compreende uma série de operações cuja finalidade é preparar as peles para etapa de curtimento, por meio da limpeza da matéria e da retirada da epiderme, dos pelos e tecido subcutâneo. A ribeira é composta pelos seguintes processos: remolho, lavagem, depilação, caleiro, descarne, divisão, descalinação, purga e píquel” (BRITO, 2013, p. 3).

De acordo com a CETESB (2018), o remolho é a primeira etapa e devido as peles terem sido salgadas é retirado o excesso de sal e sujeiras, para facilitar o descarne e uma recuperação parcial da umidade natural.

No caleiro ocorrem duas etapas executadas em um fulão, onde há o preparo da pele para o processo de curtimento pela depilação objetiva, ou seja, é retirado os pelos e no caleiro há abertura da estrutura fibrosa da derme (CETESB, 2018). O descarte é uma operação mecânica para a retirada da camada inferior da pele constituída por materiais não aproveitáveis no processo. Após os processos anteriores, o material segue para a descalcinação, onde há a retirada do cálcio e sulfeto para redução da alcalinidade; o píquel visa reduzir a reatividade de modo a favorecer a difusão do curtente para o interior da tripa no processo de curtimento (CETESB, 2018).

É interessante destacar que as operações mecânicas e os tratamentos químicos transformam a pele do animal no couro propriamente dito (BRITO, 2013). Há dois processos de curtimento, a saber: ao cromo e o vegetal à base de taninos naturais. Desenvolvido pela indústria alemã, temos o processo de curtimento ao cromo, que utilizam como base, produtos químicos como dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) e o dicromato de sódio ($Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$), que fará do cromo hexavalente reduzido ao cromo trivalente (FERREIRA, 2011). O curtimento vegetal é realizado a base do tanino que é um elemento comum na natureza. O couro resultante é rígido e pouco resistente, gastando maior tempo de processamento e conseqüentemente, inviável para o mercado da moda (BRITO, 2013). O lodo das estações de tratamentos de efluentes de curtume trabalha apenas com taninos, logo, a biodegradabilidade por meio dos microorganismos tem facilitado o tratamento destes (CULTRI et al., 2008).

O acabamento são operações visando conferir propriedades à superfície do couro, como uniformidade, resistência mecânica, impermeabilidade à água, toque, entre outras (CETESB, 2018).

Os principais impactos ambientais causados pela indústria do couro são diversos. Por exemplo, a água por ser o elemento mais utilizado nessa indústria, na qual é eliminada contendo vários resíduos orgânicos e produtos químicos, fazendo com que apresente maior contaminação e degradação ao meio ambiente (BRITO, 2013). “Os efeitos adversos causados pelos resíduos industriais de curtume, principalmente no sistema “cadeia produtiva-consumista” é perceptível cada vez mais a necessidade da minoração da toxicidade dos resíduos produzidos e da prospecção do free cromo (couro curtido com vegetal) como mitigação de impactos ambientais.” (CULTRI; ALVES, 2008).

Por outro lado, a atmosfera também é impactada pela ação da indústria de curtume devido às emissões gasosas provenientes da queima de combustíveis fósseis. Na fase molhada, os principais gases são liberados, causando odores desagradáveis (amônia e gás sulfúrico), que são altamente tóxicos; e no acabamento, compostos orgânicos voláteis (COV) também são eliminados (GARNEM, 2007). Diversos gases favorecem o efeito estufa, porém, os principais GEE são o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O). No processo de incineração dos resíduos de curtumes, pode ocorrer dois inconvenientes ambientais: (I) formação de Cr VI por oxidação e (II) formação de dioxinas e furanos, visto que os elementos cloro e ferro estão presentes nessas reações (ESTEVES, 2007).

É importante destacar que as Políticas Nacionais de Proteção (PNP), Defesa Civil (PNDC) e Resíduos Sólidos (PNRS) convergem quando priorizam a redução da geração de resíduos e diminuem a necessidade de disposição final em aterros sanitários ou incineradores, e quanto à realização da prevenção de desastres ambientais como ação prioritária em relação às ações de remediação (AGUIAR et al., 2019, p. 20).

Com o aumento nos últimos anos da poluição nos recursos hídricos têm-se observado um colapso nos ecossistemas, pois provocam inúmeras modificações ambientais. Esses contaminantes são provenientes da descarga de efluentes industriais, domésticos, urbanos e outros, que oferecem riscos à saúde humana e animal, como é o caso dos metais pesados que ao serem lançados na água geram efeitos no organismo causado pela própria absorção (BARROS et al., 2019)

Para Tavares et al. (2018), o impacto ambiental pode apresentar dois tipos de valores: o positivo e negativo. O efeito positivo resulta em um impacto benéfico para o meio ambiente, enquanto o negativo repercute em um resultado adverso. Em relação ao tempo de duração, eles podem ocorrer de forma imediata, a médio ou longo prazo, sendo ainda temporário, permanente ou cíclico (TAVARES et al., 2018, p.38).

Existe uma grande diversidade de resíduos sólidos que são gerados no abate de bovinos (couro, carne, chifre, cabeça etc.). Caso não se tenha um correto armazenamento os mesmos se tornam um meio para o desenvolvimento de microorganismos, por conta disso, o descarte desses resíduos quando não realizado de uma forma correta resulta em impactos ao meio ambiente, às vezes de forma irreparável (ALEXANDRINO NETO et al., 2020).

“Outro agravante do depósito de resíduos gerados é atração de agentes transmissores de doenças como moscas, baratas, ratos e urubus, gerando riscos iminentes para a população que transita ou reside nas proximidades. Do ponto de vista ambiental, estes resíduos apresentam-se como fonte geradora de contaminação do solo e dos mananciais, sejam eles superficiais ou subterrâneos” (ALEXANDRINO NETO et al., 2020, p.184).

Convém ressaltar que o couro sempre teve uma importância na economia do Brasil, apesar disso, é considerado um subproduto da pecuária e tendo uma condição inferior à carne, mesmo com todos os avanços realizados nos processos de criação (ALEXANDRINO NETO et al., 2020).

“Economia Circular compreende uma proposta onde os sistemas de produção abertos, cujos recursos são extraídos e utilizados como matéria-prima para fabricação de produtos que durante a cadeia processual e no descarte final geram resíduos, os quais devem ser substituídos por sistemas que reutilizam e reciclam

esses recursos e consequentemente, conservem energia”.
(PRESTON, 2012 apud SANTOS, 2018, p. 10).

Tal conceito muito difundido nos últimos anos visa maximizar o uso sustentável e valorização dos recursos, com a eliminação das sobras e beneficiando tanto a economia quanto o meio ambiente (SANTOS, 2018).

A gestão ou gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos é de responsabilidades dos municípios, os quais podem ministrar por meio de órgãos municipais ou da contratação de empresas terceirizadas para coletar e transportar os referidos resíduos (ARAÚJO et al., 2018).

Para Luz et al. (2018), os mecanismos, estratégias e ferramentas, são a base para uma gestão ambiental mais eficiente por meio de adaptações e inovações para uma produção mais limpa para a indústria coureira, a qual deve estar altamente integrada ao negócio de modo a contribuir para uma melhoria contínua do setor fabril têxtil, além de ressaltar a importância da responsabilidade socioambiental. Nessa perspectiva, um efeito promissor é a busca pela melhoria contínua e esta deve ser o foco do sistema de gestão ambiental, que levando ao desenvolvimento das estratégias levando-se em conta os aspectos ambientais. Desse modo, os objetivos de melhoria de desempenho e produtividade podem ser alcançados com mais facilidade, uma vez que o planejamento, execução, verificação e operação são fases indispensáveis ao sucesso de um empreendimento (LUZ, 2018,).

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa tem como finalidade uma revisão bibliográfica da temática da indústria de produção de couro no Brasil ou do processo de curtimento do couro por meio de diversos artigos científicos, endereços eletrônicos (sites), livros e revistas eletrônicas, entre outros referentes a esse tema.

O caráter descritivo e a abordagem qualitativa empregados nesta pesquisa são de cunho exploratório, onde foi possível extrair os principais conceitos e as características referentes ao processo mencionado tanto de forma generalizada, quanto específica para a indústria de curtume. Durante a etapa do levantamento bibliográfico foram selecionados alguns artigos retirados de publicações pontuais que enfocam o tema abordado, a fim de levantar informações relevantes para o desenvolvimento deste trabalho. Alguns dos domínios utilizados foram a CETESB (2018), onde se trata de um guia técnico ambiental que norteou nossos parâmetros qualitativos, FLORES (2008) que em sua dissertação trata dos POAs que são abordados como principal mitigadores dos efeitos da indústria do curtume, BRITO (2013) que é um artigo que trata dos impactos dos processos de curtume.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido aos impactos gerados supracitados, algumas técnicas vêm sendo estudadas e aplicadas para mitigar as consequências dos resíduos da indústria de curtume. Um destes

são os Processos de Oxidação Avançados (POAs), que estudam o tratamento de efluentes industriais e poluição atmosférica, por meio da geração de radicais hidroxilas como intermediários reativos. De acordo com Zacarias (2007), o radical hidroxila é um poderoso oxidante e age por meio de uma transferência de elétrons simples, que possui alto potencial de oxidação, sendo capaz de decompor não seletivamente compostos orgânicos, inorgânicos e metálicos, formando produtos menos nocivos (SCHRANK, 2003). É crescente o interesse na aplicação dos processos oxidativos avançados para a degradação de efluentes, principalmente, quando há a necessidade de tratamentos complementares, que visam à remoção de poluentes específicos e/ou o aumento da eficiência do sistema (FLORES, 2008).

O principal contaminante do processo da produção de couro é o cromo, a qual afeta a qualidade dos efluentes de curtume, cujo cromo hexavalente é tóxico e cancerígeno (SCHRANK, 2003). Há um processo de redução do cromo (VI), onde o efluente é submetido há um tratamento primário que tem como objetivo diminuir essa toxicidade (SAUER, 2006). O efluente bruto que chega ao tanque de homogeneização sofre um tratamento biológico, e em seguida é aplicado um tratamento terciário para remoção de grupos de substâncias que não foram removidas anteriormente (SAUER, 2006).

A estratégia técnica econômica ambiental integrada é a produção mais limpa ou P+L, a qual visa aumentar a eficiência no uso das matérias-primas: água e energia, mantendo a sustentabilidade no processo (FEAM, 2018). Segundo a CETESB (2015) é recomendado a racionalização dos produtos químicos, uma vez que a substituição dos mesmos causa um menor impacto ao meio ambiente, a redução de emissões atmosféricas com a eliminação ou minimização do uso de sulfeto no caleiro, tendo em vista que o mesmo é o precursor do gás sulfídrico e que resulta em toxicidade e odor desagradável.

Segundo Lima et al. (2015), a reciclagem de resíduos que sobram do processo de fabricação de produtos de couro, apresenta-se como uma alternativa promissora e viável para minimizar o impacto causado por uma disposição destes de maneira inadequada. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelecida em 2010, evidencia que se deve esgotar todas as possibilidades tanto de reciclagem quanto de reutilização (SANTOS, 2018, p. 11), considerando os principais conceitos da tão disseminada Economia Circular.

O setor da indústria coureira gera para o meio envolvido a chamada “água de processo” ou “água residual”. Essas águas têm contato direto com a matéria-prima do produto processado (PEREIRA, 2004). A indústria de couro consome grande quantidade de água no processamento de peles, sendo que os efluentes líquidos têm como características alta salinidade e conteúdo de matéria orgânica (SCHRANK, 2003), além de empregar produtos tóxicos como cromo e gerar grandes cargas de DBO5 e DQO (AQUIM; QUTTERRES; TESSARO, 2013). Uma das medidas preventivas adotadas pelo P+L, visa melhorar o consumo da água, melhorias no controle operacional, na manutenção de equipamentos e linhas de processo, e conseqüentemente, gerando uma considerável redução de custos.

5. CONCLUSÕES

Tendo em vista a análise realizada, foi possível concluir que a atividade de produção de couro brasileiro é extremamente complexa e altamente tóxica, apresentando inúmeras etapas, as quais possuem alto volume de geração de resíduos (sólidos, líquidos ou gasosos). Diversas alternativas ao problema ambiental foram citadas neste estudo, as quais podem ser implementadas de forma satisfatória e colocadas em prática. A percepção ambiental da atividade coureira pode ser aprimorada, por exemplo, há a possibilidade de assumir certas atitudes que visam minimizar os impactos gerados por esse setor industrial, principalmente pela adequação de uma produção mais limpa, considerando que o potencial econômico agregado ao país está subtendido nas etapas de melhoria desse processo fabril, além disso, deve-se sempre investigar uma proposta em que haja um equilíbrio entre a cadeia produtiva e os impactos socioambientais ocasionados.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA (00957/19 e 004413/19) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (426162/2018-8) pelo suporte financeiro; e também à Universidade Federal do Maranhão pelo suporte técnico e profissional.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRINO NETO, Pedro Soares; SOUZA, Carlos Ferreira; BEZERRA, Danilo Cutrim; BEZERRA, Nancyleni Pinto Chaves. **Resíduos sólidos gerados do abate de bovídeos: Um estudo no abatedouro-frigorífico de São Luís– MA**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE: Gampe, 2020. 1 livro digital. p. 179-190.

AQUIM, P. M.; QUTTERRES, M.; TESSARO, I. **Análise dos efluentes gerados nos processos de ribeira e curtimento da indústria do couro**. Porto Alegre, 2013.

ARAÚJO, Kássia Karina Silva de., BASTOS, Adelmo Lima., SILVA, Ana Paula Lopes da., PIMENTEL, Angélica Kelly dos Santos. **Política Nacional dos Resíduos sólidos; oportunidades e desafios para o município de Marechal Deodoro – AL**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 79-91.

BARROS, Alexandre B.; AZEVEDO, Joaquim Alexandre M.; BASTOS, Adelmo Lima; NASCIMENTO, Velber. **Caracterização e biodisponibilidade de metais no mangue da foz do rio meirim, Maceió-AL**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 53-62.

BRITO, A. G. **Impactos ambientais gerados pelos curtumes**. Fortaleza, 2013. Disponível em: <<http://www.coloquiomoda.com.br/anais/Coloquio%20de%20Moda%20-%202013/ARTIGOS-DE-GT/Artigo-GT-Moda-e-Sustentabilidade/Impactos-ambientais-gerados-pelos-curtumes.pdf>>. Acesso em: 26 mar.2021.

- CÂMARA, B. R.; GONÇALVES, V. E. **Análise dos custos ambientais da indústria de couro sob a ótica da ecoeficiência**. Paraíba, 2007.
- CAVALCANTI, M.L.C.; CRUZ, A.D.; MOURA, I.A.A.; CAVALCANTI, R.S.T.; **Avaliação do cenário jurídico e políticas públicas no setor de resíduos sólidos**. In NUNES, I.S.; PESSOA, L.A.; EL-DEIR, S. G.; (Orgs) **Resíduos sólidos: Os desafios da gestão**. 1ª. edição Gampe/UFRPE Recife, 2019.
- CETESB. **Guia técnico ambiental do setor de curtume**. 2018. Disponível em: <http://biblioteca.meioambiente.mg.gov.br/publicacoes/BD%20FEAM/Guia_Curtume_Final_logo_Governo.pdf>. Acesso em: 26 mar.2021.
- CETESB. **Guia técnico ambiental de curtumes**. São Paulo, 2015. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/camaras-ambientais/wp-content/uploads/sites/21/2013/12/Guia-T%C3%A9cnico-Ambiental-de-Curtumes-v2015.pdf>. Acesso em: 26 mar.2021.
- CULTRI, C.; ALVES, V. C. **A importância da visão sistemática para articular ações ambientais na cadeia produtiva coureiro-calçadista: uma discussão sobre os resíduos sólidos**. [S.l.], 2008.
- ESTEVES, A. S. **Estudo da Viabilidade Técnica e Ambiental da Carbonização de Resíduos de Serragem de Couro Wet-Blue: Um Estudo em Escala Piloto**. Minas Gerais: [s.n.], 2007. Disponível em: <www.modifica.com.br/moda-mudancas-climaticas/#.YH1mk2dKhPY>. Acesso em: 30 abr.2021.
- FEAM, G. **GUIA TÉCNICO AMBIENTAL DO SETOR DE CURTUME**. 2018. Disponível em: <http://biblioteca.meioambiente.mg.gov.br/publicacoes/BD%20FEAM/Guia_Curtume_Final_logo_Governo.pdf>. Acesso em: 27 mar.2021.
- FERREIRA, L. **Pele, Couro, Moda: a matança de animais e o cromo**. 2011. Disponível em: <<http://www.etno-botanica.com/2011/02/peles-couro-moda-matanca-de-animais-e-o.html>>. Acesso em: 28 mar.2021.
- FLORES, R. G. **Aplicação de processos oxidativos avançados homogêneos e heterogêneos na degradação de efluentes de curtume**. Santa Maria, 2008.
- GARNEM, R. S. **Curtumes: aspectos ambientais**. Rio Grande do Sul, 2007. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 28 mar.2021.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5468#resultado>>. Acesso em 09 abr.2021.
- LIMA, F. L. R. et al. **Indústria do couro, impactos ambientais gerados**. Ananindeua, 2015.
- LUZ, Edja Lillian Pacheco da., MEDEIROS, Marília Costa de., SANTOS, Patrícia Nazaré Ferreira dos. **Gestão ambiental na agroindústria canvieira: Técnicas e ferramentas para uma produção mais limpa**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 69-78.
- MARQUES, M.M.N.; SILVA, T.S.; EL-DEIR, S.G.; **Estratégias para a desmaterialização dos resíduos sólidos: discussões no congresso brasileiro de resíduos sólidos**. In SILVA, T.S.; MARQUES, M.M.N; EL-DEIR, S. G.; (Orgs)

Desmaterialização dos resíduos sólidos: Estratégias para a sustentabilidade 1ª. edição Gampe/UFRPE Recife, 2015.

SANTOS, João Paulo de Oliveira., SILVA, Elisson Vinícius Lima., SOUZA, Amanda Lima., EL-DEIR, Soraya Giovanetti. **Economia circular como via para minimizar o impacto ambiental gerado pelos resíduos sólidos.** 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 8-17.

SAUER, T. **Tratamento de efluentes de curtume através do processo combinado de degradação fotocatalítica seguida por adsorção em carvão aditivado.** Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2006.

SCHRANK, S. G. **Tratamento de efluentes da indústria de couros através de processos avançados de oxidação.** Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2003.

SILVA, F. A. da. **Caracterização e análise de viabilidade do bloco confeccionado a partir da reciclagem de resíduos couro oriundos da indústria coureiro calçadista de França/SP.** Universidade de São Paulo. Instituto de Arquitetura e Urbanismo. Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. São Carlos, 2019.

SILVA, G. K.; COSTA, L. N.; SILVA, W. A.; SILVA, K. A.; **Resíduos sólidos no processo de desmaterialização em restaurante universitário.** In SILVA, T.S.; MARQUES, M.M.N; EL-DEIR, S. G.; (Orgs) **Desmaterialização dos resíduos sólidos: Estratégias para a sustentabilidade** 1ª. edição Gampe/UFRPE Recife, 2015.

SILVA, Valdenildo Pedro da., ALMEIDA, Louizy Mínona Costa Ataíde de. **Resíduos sólidos versus desastres urbanos: alguns aportes teóricos.** 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 18-30.

TARANTOLA, A. **Como o couro está matando lentamente as pessoas e lugares que o produzem.** Gizmodo: [s.n.], 2014. Disponível em: <<https://gizmodo.uol.com.br/couro-giz-explica/>>. Acesso em 28 mar.2021.

TAVARES, Nathália Stefane Gomes; OLIVEIRA, Marcony Vinícius Gomes de; CORDEIRO, Ramon Borges; CARDOSO, Mariana Ferreira Martins. **Avaliação dos impactos ambientais de uma indústria de plástico no município de Gravatá - PE.** 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 34-52.

ZACARIAS, N. A. **Redução de oxigênio molecular em soluções aquosas através da metodologia de modificação de eletrodos.** Tese (doutorado) - Universidade de São Paulo. Instituto de Química. Programa de Pós-Graduação em Química, 2007.

6.7 MATÉRIA-PRIMA DA PESCA E AQUICULTURA COM POTENCIAL PARA TRATAMENTO DO COVID-19; A SOLUÇÃO ESTÁ NOS RESÍDUOS DO PESCADO?

OLIVEIRA, Vagne Melo

UFRPE

vagne_melo@hotmail.com

SILVA, Jessica Costa da

UFPE; Laboratório de Tecnologia de Bioativos/UFRPE

jess.cost@hotmail.com

COSTA, Beatriz de Aquino Marques

UFRPE ; Laboratório de Tecnologia de Bioativos/UFRPE

deaquinobeatriz@gmail.com

PORTO, Ana Lúcia Figueiredo

Laboratório de Tecnologia de Bioativos/UFRPE

analuporto@yahoo.com.br

RESUMO

A pandemia da COVID-19 tem acarretado alta mortalidade associada a quadros de tromboembolismo. Os medicamentos utilizados para este tratamento são onerosos, o que tem elevado os custos. A necessidade de fontes alternativas é urgente. Para tanto, este trabalho objetivou realizar uma prospecção científica e tecnológica das reais possibilidades os resíduos sólidos de peixes e crustáceos servirem de matéria-prima alternativa. Para a realização da prospecção científica foram utilizadas bases eletrônicas (ScienceDirect, SciELO, Elsevier, Google Scholar, Springer e PubMed), enquanto que para a tecnológica foi consultada a plataforma do Instituto Nacional da Propriedade Industrial. As prospecções científicas constataram as possibilidades de uso, uma vez que já foi reportado na literatura científica que resíduos sólidos orgânicos do pescado apresentaram atividade fibrinolítica. A ausência de dados nas prospecções tecnológicas evidenciou a possibilidade do Brasil registrar pela primeira vez o uso dessas fontes como alternativas ecologicamente benignas e economicamente viáveis. Assim, ficou evidenciada a possibilidade dos resíduos da pesca e aquicultura de serem utilizados como alternativas medicamentosas após passar por bioprocessos de purificação e testes *in vitro*, para auxiliar no combate ao tromboembolismo associado ao COVID-19.

PALAVRAS-CHAVE: agentes trombolíticos, resíduos, peixes.

1. INTRODUÇÃO

A doença do coronavírus (COVID-19) é uma doença infecciosa causada por um coronavírus recém-descoberto e que tem acometido indivíduos de todas as faixas etárias. A doença é caracterizada por um quadro respiratório. Todavia, uma gama de manifestações clínicas associadas, como tromboembolismo, tem elevado o quadro de mortalidade, como, por exemplo, o tromboembolismo venoso (COSTA et al., 2020; PORFIDIA; POLA, 2020).

Os medicamentos para tratamento de trombos são oneroso e a necessidade de novas fontes que sirvam de alternativas tem sido uma tônica constante e incentivada (OLIVEIRA et al., 2019a). A utilização de resíduos marinhos como fonte de compostos funcionais e de saúde (SHAVANDI et al., 2019), tem sido uma alternativa viável para o fornecimento de matéria-prima para fins terapêuticos, dentre eles, principalmente, os resíduos do processamento/beneficiamento de peixes e frutos do mar (SANTOS et al., 2020). Os subprodutos de peixes são fontes ricas em biomoléculas, sobretudo, de proteínas de alto valor comercial, como de enzimas da categoria de proteases (SILVA et al., 2021a).

Assim, este trabalho objetivou realizar uma prospecção científica e tecnológica, a partir de bases eletrônicas de banco de patentes, sobre o potencial da exploração pesqueira como matéria-prima para fornecimento de enzimas fibrinolíticas para uso alternativo no tratamento da COVID-19, visando uma base sustentável e ecologicamente correta.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O novo coronavírus de 2019 (CoV-2019, conhecido como SARS-CoV-2) (DARBANDI et al., 2021), que pode causar insuficiência respiratória, representa uma ameaça global à saúde pública (XU et al., 2020). A pandemia foi disseminada rapidamente no ano de 2020 e se espalhou por todo o mundo, com alto índice de mortalidade (LAX et al., 2020). Embora a COVID-19 tenha sido atrelada predominantemente às suas sequelas respiratórias, um espectro de complicações tromboembólicas e neurológicas tem sido relatado constantemente. Vários relatórios sugerem que COVID-19 pode estar associada ao risco de Acidente Vascular Cerebral (AVC) em pacientes jovens e/ou pacientes com AVC criptogênico (DARBANDI et al., 2021).

Coronavírus zoonóticos surgiram nos últimos anos e causaram surtos em humanos, como a síndrome respiratória aguda grave (SARS) e a síndrome respiratória do Oriente Médio (MERS). O vírus entra nas células através das proteínas de pico e das proteínas receptoras da enzima conversora de angiotensina 2 nas células hospedeiras. Pode afetar as vias respiratórias superiores (seios da face, nariz e garganta) e inferiores (traqueia e pulmões) e causar problemas como a síndrome da angústia respiratória aguda (SDRA), insuficiência respiratória, falência de múltiplos órgãos ou até mesmo a morte (~10%); representa um desafio de saúde global (DARBANDI et al., 2021)

Os mecanismos propostos para eventos isquêmicos incluem inflamação sistêmica (conforme evidenciado por biomarcadores), estado hipercoagulável (devido à ruptura renina-angiotensina-aldosterona e tempestade de citocinas) e lesão endotelial levando a alterações na cascata normal de coagulação (ABDALKADER et al., 2021). A trombose ocasionada pela COVID-19 tem sido reportada principalmente em pacientes obesos, levando a ser um dos fatores de risco para a doença (ALI; SPINLER, 2021).

A contenção da pandemia pela COVID-19 exigirá estratégias multifacetadas, incluindo vacinação, profilaxia e tratamento eficazes, além das medidas de proteção existentes, como distanciamento social, mascaramento e higiene das mãos. Esta pandemia resultou em uma galvanização sem paralelo da comunidade médica e científica para identificar candidatos farmacológicos para sua prevenção e tratamento. Embora o panorama de vacinas e de tratamento candidatos tenha sido revisado sistematicamente, a síntese de evidências de candidatos profiláticos permanece inexplorada (SMIT et al., 2021), principalmente para o quadro de trombose venosa cerebral que vem acarretando um grande número de óbitos (ABDALKADER et al., 2021).

COVID-19 aumenta o risco de eventos tromboembólicos venosos e arteriais (CHAN; WEITZ, 2020; KASHI et al., 2020). Na verdade, a ligação entre COVID-19 e trombose está atraindo a atenção da ampla comunidade científica (ALI; SPINLER, 2021). As complicações trombóticas são agora reconhecidas como as principais causas de morbidade e mortalidade (DEMELO-RODRÍGUEZ et al., 2020). Estes incluem: tromboembolismo venoso, acidente vascular cerebral isquêmico, isquemia aguda de membro, além de outras complicações macro e microtrombóticas, como falência de múltiplos órgãos. Entre 30% e 80% dos pacientes de UTI com COVID-19 apresentam uma complicação trombótica em algum ponto durante o curso da doença. A coagulopatia associada ao COVID-19 envolve uma fisiopatologia diferente (MEIZOSO; MOORE; MOORE, 2021). A coagulopatia inicial se apresenta com elevação do dímero D e produtos de degradação da fibrina/fibrinogênio (GÓMEZ-MESA et al., 2021), enquanto as anormalidades no tempo de protrombina, tempo parcial de tromboplastina e contagem de plaquetas são relativamente incomuns nas apresentações iniciais (CONNORS; LEVY, 2020).

A anticoagulação terapêutica foi considerada um componente potencial do manejo geral de pacientes acometidos pelo COVID-19; embora essa estratégia seja clinicamente intuitiva (MEIZOSO; MOORE; MOORE, 2021). O conhecimento sobre trombose ocasionada por COVID-19 em crianças ainda é escasso e necessita de comprovação científica (AGUILERA-ALONSO et al., 2021).

O mercado global de terapia trombolítica foi segmentado com base no tipo de medicamento, aplicação, canal de distribuição e região. Em termos de tipo de medicamento, o mercado é classificado em medicamentos específicos para fibrina e medicamentos não específicos para fibrina. O segmento de fármacos específicos da fibrina é posteriormente segmentado em ativador do plasminogênio tecidual, reteplase, tenecteplase e outros. Em termos de aplicação, o mercado global é classificado em infarto

agudo do miocárdio, embolia pulmonar, trombose venosa profunda, cateteres bloqueados, acidente vascular cerebral isquêmico agudo e outros (TRANSPARENCY MARKET RESEARCH, 2021).

A maioria dos medicamentos é administrada por via intravenosa. Em termos de canal de distribuição, o mercado está segmentado em farmácias hospitalares, farmácias varejistas e farmácias eletrônicas. O número crescente de farmácias de varejo, tendência à automedicação e fusão de farmácias hospitalares são os fatores a serem considerados nesse mercado. As empresas principais globais que operam no mercado de agentes trombolíticos são: Eumedica, Genentech, Microbix, Boehringer Mannheim, SEDICO Pharmaceutical, Crinos, Livzon Zhuhai, Medac, Mochida Pharmaceutical, Taj Pharmaceuticals Ltd., NDPharma, e a Syner-Medica (TRANSPARENCY MARKET RESEARCH, 2021).

As enzimas fibrinolíticas (ou proteases fibrinolíticas) são os medicamentos disponíveis mais eficazes para o tratamento da trombose (HU et al., 2019; KIM; RIM; CHOE, 2020), concentrando-se de acordo com seu modo de ação em dois tipos: ativadores de plasminogênio (PAs), incluindo ativador de plasminogênio tecidual (t-PA), estreptoquinase (SK, 3.4.99.22) e uroquinase (UK, EC 3.4.21.31), que pode lisar a fibrina através da formação de plasmina a partir do plasminogênio, e enzimas fibrinolíticas semelhantes à plasmina (HU et al., 2019), que podem degradar a fibrina diretamente (BATISTA et al., 2017). Apesar de extensa pesquisa sobre eles e seu amplo uso como agentes trombolíticos, esses PAs têm alto preço e baixa especificidade, levando os pesquisadores a explorar recursos mais seguros e baratos (HU et al., 2019).

Enzimas fibrinolíticas já foram investigadas de diferentes fontes (vegetal, animal e microbiano) e ainda continuam sendo objeto de pesquisa (KIM; RIM; CHOE, 2020). Foi identificada atividade fibrinolítica produzida por microrganismos durante o estágio de fermentação natural de produtos alimentícios tradicionais coreanos e chineses a base de peixes e de uma variedade de camarões na elaboração de conservas (HU et al., 2019; KIM; RIM; CHOE, 2020). Bioprospecções de resíduos de moluscos marinhos já foram utilizados para a produção de enzima fibrinolítica por *Bacillus cereus* IND5 através da fermentação em estado sólido (BIJI et al., 2016).

A indústria voltada para produtos provenientes da exploração dos recursos da Pesca e Aquicultura produz grandes volumes de resíduos sólidos orgânicos (MANGANO et al., 2021) ao passo que tenta atender a grande demanda por produtos aquícolas (LINO et al., 2021a; SILVA et al., 2021a). São descartes de uma ampla gama de espécies aquáticas: peixes teleósteos, peixes cartilagosos e de invertebrados marinhos, matéria-prima rica fonte de enzimas proteolíticas de interesse industrial (SILVA et al., 2021c), além de outras proteínas de alto valor econômico (OLIVEIRA et al., 2019b; SILVA; PORTO; OLIVEIRA, 2021), com propriedades funcionais que podem ser exploradas para fins terapêuticas (UG; BHAT; KARUNASAGAR, 2019; RIVERO-PINO; ESPEJO-CARPIO; GUADIX, 2020).

Os subprodutos do processamento de crustáceos (HAMED; OZOGUL; REGENSTEIN, 2016) incluem, principalmente, as carapaças de camarão, caranguejo, lagosta, entre outros (HAMED; OZOGUL; REGENSTEIN, 2016; MOHAN et al., 2021), sendo fonte, principalmente, de compostos quitinosos e de carotenoproteínas (POONSIN et al., 2019). Os resíduos sólidos obtidos a partir do processamento de peixes incluem: cabeça, carcaça, nadadeiras, pele (LINO et al., 2021b), escamas (SILVA et al., 2021b) e vísceras internas (SILVA et al., 2019a), tais como: intestino (SILVA et al., 2019b), cecos pilóricos (OLIVEIRA et al., 2020a), estômago (OLIVEIRA et al., 2019c), fígado (OLIVEIRA et al., 2020b), resquícios de músculos (LEES; CARSON, 2020), entre outros.

Compostos bioativos à base de peixes como nutracêuticos potentes tem sido explorados sob perspectiva terapêutica de alimentos sustentáveis do mar (ASHRAF et al., 2020), principalmente como prática ecológica a recuperação dos recursos pesqueiros para fins ecológicos e industriais (WANG et al., 2019). Subprodutos de peixes e crustáceos têm sido investigados como alternativas de servir como fontes de enzimas com potencial fibrinolítico (OLIVEIRA et al., 2017), uma vez que durante as etapas de processamento dos produtos aquáticos uma gama biomoléculas podem ser obtidas, purificadas e aplicadas biotecnologicamente (CAHU et al., 2012), incluindo enzimas proteolíticas com alta eficiência catalítica para uso biofarmacêutico (VILLAMIL; VÁQUIRO; SOLANILLA, 2017; SILVA et al., 2021d), como as enzimas fibrinolíticas (OLIVEIRA et al., 2019a), além de outros compostos potencialmente ativos (UCAK et al., 2021), muitos de base proteica (ZAMORA-SILLERO; GHARSALLAOUI; PRENTICE, 2018), funcionando como agentes antioxidantes (VÁZQUEZ et al., 2017), anti-hipertensivos (UG et al., 2019), antiglicêmicos (SHARKEY ET al., 2020), que também pode estar associados, direta ou indiretamente, ao quadro clínico da COVID-19. Assim, investigações recentes têm chamado a atenção para novas fontes de trombolíticos, principalmente, para o uso em pacientes com maior predisposição a ocorrência de trombozes (BRÜGGEMANN et al., 2020; HELMS et al., 2020).

A valorização dos resíduos sólidos orgânicos pesqueiros passa também pela exploração comercial (GHALAMARA et al., 2020), principalmente de uma variedade de espécies ainda não investigadas para fins medicamentosos (CARUSO et al., 2020; COPPOLA et al., 2021), visando a geração de novos produtos a base de vísceras e/ou carcaças, sendo uma prática altamente incentivada (MATOS et al., 2021) e, até certo ponto, sustentável (ROSA-LEÃO et al., 2021). A matéria-prima proveniente da exploração dos recursos pesqueiros possui grande potencial para uso no tratamento da doença trombolítica acarretada pela COVID-19, tonando os resíduos do pescado uma solução viável a ser explorada (OLIVEIRA et al., 2017).

3. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido em duas etapas: Etapa I: Prospecção Científica; Etapa III- Prospecção Tecnológica, descritas a seguir:

3.1 Etapa I- Parte Prospecção Científica

A prospecção científica foi realizada fazendo uso de plataformas digitais (*Online*), descritas no quadro 1, usando os termos, em inglês: “Fibrinolytic enzymes”; “fibrinolytic proteases”; "COVID-19 and thromboembolism"; "COVID-19 and fish"; "COVID-19 and solid waste"; "Pharmaceutical potential fish waste"; e, "Pharmaceutical fish viscera". Para a formação de conceitos, termos e discussões, a busca científica foi realizada com restrição temporal (2017-2021), mas sem restrição quanto ao tipo de trabalho (original, revisão, comunicação rápida) e/ou análise quantitativo-qualitativa, ficando seu uso a critério e interesse dos autores.

Quadro 1. Plataformas eletrônicas para prospecção científica

Plataforma	Link de acesso
ScienceDirect	http://www.sciencedirect.com/
SciELO - Scientific Electronic Library	http://www.scielo.com/
Elsevier	https://www.elsevier.com/pt-br
Google Scholar	https://scholar.google.com.br
Springer	http://www.springer.com/
PubMed	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/

3.2 Etapa II- Parte Prospecção Tecnológica

A prospecção tecnológica foi realizada fazendo uso do banco de patentes do INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial (<https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes>), utilizando como termos de busca: enzima fibrinolítica peixe; protease fibrinolítica pescado; ambos os descritores em português e inglês. Não houve nenhuma restrição temporal, nem houve uma análise qualitativa dos trabalhos, apenas uma descrição quantitativa para evidenciar o volume de processos depositados sobre as respectivas temáticas.

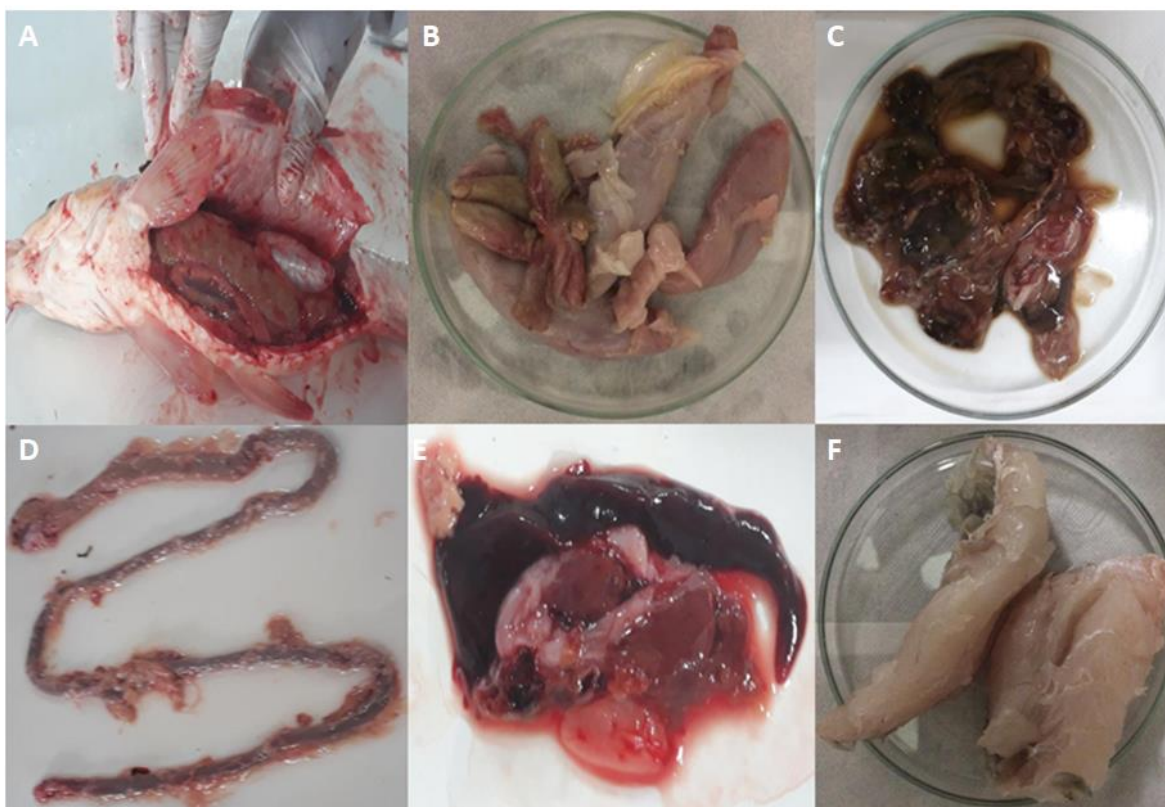
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resíduos como fontes de biomoléculas de interesse terapêutico

Os resíduos sólidos orgânicos provenientes do processamento do pescado têm sido reportados constantemente na literatura científica como fontes ricas e vastas de biomoléculas proteicas, principalmente proteínas de alto valor biológico e de enzimas com alta eficiência catalítica, principalmente de proteases – um grupo de enzimas altamente valorizadas no mercado global de enzimas. O Brasil possui potencialidade para esse manejo por possuir uma ampla faixa litorânea, além de tecnologia suficiente para exploração desse ramo biotecnológico.

Após o processamento de peixes e crustáceos, é possível obter a matéria-prima para uso industrial, acenando, inclusive, para o mercado biofarmacêutico e químico (OLIVEIRA et al., 2017). Dos peixes, é possível obter um quantitativo representativo do pescado inteiro (quase 60-70% do pescado processado é considerado resíduo), incluindo vísceras internas (figura 1), fontes de proteases fibrinolíticas – enzimas utilizadas no tratamento da COVID-19 quando associada ao tromboembolismo, além de uso em doenças cardiovasculares (OLIVEIRA et al., 2019a).

Figura 1. Vísceras internas (partes sólidas) obtidas do processamento de peixes. A- Peixe em processo de evisceração; B- Vísceras internas de peixes; C- Intestino de peixe sendo separado para processamento; D- Intestino de peixes endo higienizado; E- Órgãos digestivos anexos de peixes; F- Resquícios de músculos.



Fonte: Própria.

4.2 Prospecção científica: potencial fibrinolítico dos resíduos do pescado

O embasamento teórico foi desenvolvido a partir de uma prospecção científica realizada em base de dados eletrônicas (Tabela 1). O grande volume de publicações teve uma correção direta à doença em si (COVID-19) do que necessariamente, o uso de resíduos como objeto de tratamento para a enfermidade trombolítica. Todavia, já sinaliza a importância da enfermidade frente à comunidade científica e a necessidade urgente de fontes alternativas para tratamento das causas secundárias da doença.

Quando se refere ao uso dos resíduos sólidos, a maior parte das publicações está

relacionada com a utilização dos resíduos como substratos aproveitáveis em processos fermentativos visando à produção de proteases com ação fibrinolítica, já tendo sido empregados resíduos de peixes e camarões marinhos e/ou dulcícolas (WANG et al., 2011; BIJI et al., 2016; KIM; RIM; CHOE, 2020). Ainda, o uso de agentes microbianos isolados a partir de fontes aquáticas (BIJI et al., 2016).

Tabela 1. Prospecção científica em bancos de publicações internacionais

Termos e busca	Science Direct	Scielo	Elsevier	Google Scholar	Springer	PubMed
Fibrinolytic enzymes (Enzimas fibrinolíticas)	2,625	3	2,603	16,800	2,846	2,379
Fibrinolytic proteases (Proteases Fibrinolíticas)	1,443	2	413	12,100	315	2,175
COVID-19 and thromboembolism (COVID-19 e tromboembolismo)	1,454*	14	53,916	17,800	208,200	1,427
COVID-19 and fish (COVID-19 e peixe)	1,205	1	53,930	23,000	208,217	162
COVID-19 and solid waste (COVID-19 e resíduos sólidos)	1,039	0	54,000	19,700	208,311	66
Pharmaceutical potential fish waste (Potencial farmacêutico dos resíduos do pescado)	5,886	0	10,453	17,500	25,338	56
Pharmaceutical fish viscera (Vísceras de peixes farmacêuticas)	1,177	0	3,470	8,930	4,446	8

Foram observados por Oliveira et al. (2019a) um total de 19 resíduos do processamento pesqueiro, incluindo espécies de hábito marinho e dulcícola. O trabalho traz um dimensionamento da possibilidade de uso dos resíduos negligenciados provenientes dos recursos pesqueiros como fontes alternativas viáveis para novas investigações e uso no tratamento da trombose como doença secundária da COVID-19. Salienta-se que dos resíduos testados de várias espécies, muitas das quais são abundantes da região do Nordeste brasileiro, sinalizando a potencialidade em fornecer essa matéria-prima de modo rápido e sustentável.

O aproveitamento de subprodutos de espécies aquáticas como matéria-prima para o fornecimento de agentes trombolíticos foi descrito por Silva et al. (2018) usando uma espécie de microalga *Chlorella vulgaris* cultivada em condições autotróficas e

mixotróficas.

Pelas prospeções realizadas até a presente data, apenas alguns poucos resíduos descartados do beneficiamento de produtos aquícolas foram identificados como fontes diretas de enzimas fibrinolíticas, como os reportados por Oliveira et al. (2017) ao utilizarem vísceras digestivas de arabaiana (*Seriola dumereli*), uma espécie de peixe marinha capturada ao longo do litoral nordestino; e por Oliveira et al. (2019a), fazendo uso de subprodutos de espécies de peixes teleósteos marinhos e/ou dulcícolas, além de uma espécie de camarão marinho, como descrito na tabela 2.

Tabela 2. Resíduos sólidos de peixes e crustáceos como fonte de enzimas fibrinolíticas

Nomes científicos	Nome vulgar	Resíduo	Atividade Fibrinolítica
<i>Rachycentron canadum</i>	Arabaiana	Intestino	13.29 ± 0.06
<i>Caranx crysos</i>	Xaréu	Intestino	5.73 ± 0.01
<i>Lutjanus synagris</i>	Ariocó	Intestino	5.51 ± 0.02
<i>Scomberomorus mackerel</i>	Cavala	Intestino	24.12 ± 0.03
<i>Parachromis managuensis</i>	Jaguar	Intestino	28.55 ± 0.07
<i>Colossoma macropomum</i>	Tambaqui	Intestino	35.09 ± 0.13
<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilápia-do-Nilo	Intestino	37.53 ± 0.03
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	Surubim	Intestino	16.93 ± 0.11
<i>Cichla ocellaris</i>	Tucunaré	Intestino	22.53 ± 0.60
<i>Cynoscion leiarchus</i>	Pescada branca	Intestino	22.78 ± 0.01
<i>Centropomus undecimalis</i>	Robalo-flecha	Intestino	12.15 ± 0.05
<i>Mugil liza</i>	Tainha	Intestino	23.50 ± 0.07
<i>Sparisoma axillare</i>	Bobó	Intestino	39.50 ± 0.01
<i>Eucinostomus gula</i>	Carapicu	Intestino	15.6 ± 0.43
<i>Anisotremus virginicus</i>	Salema	Intestino	38.79 ± 0.01
<i>Astronotus ocellatus</i>	Oscar/apaiari	Intestino	29.52 ± 0.00
<i>Litopenaeus vannamei</i>	Camarão-branco-do-pacífico	Hidrolisado proteico	56.16 ± 0.42

Fonte: Oliveira et al. (2017; 2019a).

4.3 Prospeção tecnológica

A prospeção tecnológica foi baseada em dados nacionais, a partir do INPI. Não foi detectado nenhum registro de processo e/ou patentes depositadas através das buscas usando os termos chave. A ausência de dados sinaliza a possibilidade de patenteamento a partir das espécies nacionais já registradas e caminhando para que o país tenha a propriedade e prioridade na obtenção desse tipo de matéria-prima e tratamento para COVID.

5. CONCLUSÕES

Através da prospeção científica realizada foi possível constatar que os resíduos do processamento da pesca e aquicultura podem servir de matéria-prima biotecnológica para

tratamento da COVID-19, tornando-se uma fonte alternativa, abundante e viável, além de ecologicamente benigna para o ambiente, após a aplicação dessa matéria-prima em bioprocessos para purificação e testes in vivo de sua eficácia em desfazer trombos. A prospecção tecnológica demonstrou o universo ainda a ser explorado e o Brasil, pela sua área de extensão e capacidade para desenvolvimento, pode se tornar protagonista.

REFERÊNCIAS

ABDALKADER, M.; SHAIKH, S.P.; SIEGLER, J.E.; CERVANTES-ARSLANIAN, A.M.; TIU, C.; RADU, R.A.; TIU, V.E.; JILLELLA, D.V.; MANSOUR, O.Y.; VERA, V.; CHAMORRO, A.; BLASCO, J.; LÓPEZ, A.; FAROOQUI, M.; THAU, L.; SMITH, A.; GUTIERREZ, S.O.; NGUYENM T.N.; JOVIN, T.G. Cerebral venous sinus thrombosis in COVID-19 patients: A Multicenter Study and Review of Literature. **Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases**, v.30, n.6, Article 105733, 2021.

AGUILERA-ALONSO, D.; MURIAS, S.; MARTÍNEZ-DE-AZAGRA GARDE, A.; SORIANO-ARANDES, A.; PAREJA, M.; OTHEO, E.; MORALEDA, C.; TAGARRO, A.; CALVO, C. Prevalence of thrombotic complications in children with SARS-CoV-2. **Archives of disease in childhood**, Article 321351, 2021.

AHMADKELAYEH, S.; HAWBOLDT, K. Extraction of lipids and astaxanthin from crustacean by-products: A review on supercritical CO₂ extraction. **Trends in Food Science & Technology**, v.103, p.94-108, 2020.

ALI, M.; SPINLER, S.A. COVID-19 and thrombosis: From bench to bedside. **Trends in cardiovascular medicine**, v.31, n.3, p.143–160, 2021.

ASHRAF, S.A.; ADNAN, M.; PATEL, M.; SIDDIQUI, A.J.; SACHIDANANDAN, M.; SNOUSSI, M.; HADI, S. Fish-based Bioactives as potent nutraceuticals: exploring the therapeutic perspective of sustainable food from the sea. **Marine drugs**, v.18, n.5, Article 265, 2020.

BATISTA, J.M.B; PORTO, T.S.; NASCIMENTO, T.P.; PORTO, A.L.F.; PORTO, C.S. Produção e caracterização de protease fibrinolítica de *Streptomyces parvulus* DPUA 1573. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.69, p.123-129, 2017.

BIJI, G.D.; ARUN, A.; MUTHULAKSHMI, E.; VIJAYARAGHAVAN, P.; ARASU, M.V.; AL-DHABI, N. A. Bio-prospecting of cuttle fish waste and cow dung for the production of fibrinolytic enzyme from *Bacillus cereus* IND5 in solid state fermentation. **3 Biotech**, v.6, n.2, p.231, 2016.

BRÜGGEMANN, R.; GIETEMA, H.; JALLAH, B.; TEN CATE, H.; STEHOUWER, C.; SPAETGENS, B. Arterial and venous thromboembolic disease in a patient with COVID-19: A case report. **Thrombosis research**, v.191, p.153–155, 2020.

CAHU, T.B.; SANTOS, S.D.; MENDES, A.; CÓRDULA, C.R.; CHAVANTE, S.F.; CARVALHO, L.B.; NADER, H.B.; BEZERRA, R.S. Recovery of protein, chitin, carotenoids and glycosaminoglycans from pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) processing waste.

Process Biochemistry, v.47, p.570-577, 2012.

CARUSO, G.; FLORIS, R.; SERANGELI, C.; DI PAOLA, L. Fishery wastes as a yet undiscovered treasure from the sea: biomolecules sources, extraction methods and valorization. **Marine drugs**, v.18, n.12, Article 622, 2020.

CHAN, N.C.; WEITZ, J.I. COVID-19 coagulopathy, thrombosis, and bleeding. **Blood**, v.136, n.4, p.381–383, 2020.

HELMS, J.; TACQUARD, C.; SEVERAC, F.; LEONARD-LORANT, I.; OHANA, M.; DELABRANCHE, X.; MERDJI, H.; CLERE-JEHL, R.; SCHENCK, M.; FAGOT GANDET, F.; FAFI-KREMER, S.; CASTELAIN, V.; SCHNEIDER, F.; GRUNEBaum, L.; ANGLÉS-CANO, E.; SATTLER, L.; MERTES, P.M.; MEZIANI, F. High risk of thrombosis in patients with severe SARS-CoV-2 infection: a multicenter prospective cohort study. **Intensive care medicine**, v.46, n.6, p.1089–1098, 2020.

CONNORS, J.M.; LEVY, J.H. COVID-19 and its implications for thrombosis and anticoagulation. **Blood**, v.135, n.23, p.2033–2040, 2020.

COPPOLA, D.; LAURITANO, C.; PALMA ESPOSITO, F.; RICCIO, G.; RIZZO, C.; PASCALE, D. Fish waste: From problem to valuable resource. **Marine drugs**, v.19, n.2, Article 116, 2021.

COSTA, I.B.S.S.; ROCHITTE, C.E.; CAMPOS, C.M.; BARBERATO, S.H.; OLIVEIRA, G.M.M.; LOPES, M.A.C.Q.; NOMURA, C.H.; ABIZAID, A.A.; CERRI, C.; KALIL FILHO, R.; HAJJAR, L.A. Imagem cardiovascular e procedimentos intervencionistas em pacientes com infecção pelo novo coronavírus. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.115, n.1, p.111-126, 2020.

DEMELO-RODRÍGUEZ, P.; CERVILLA-MUÑOZ, E.; ORDIERES-ORTEGA, L.; PARRA-VIRTO, A.; TOLEDANO-MACÍAS, M.; TOLEDO-SAMANIEGO, N.; GARCÍA-GARCÍA, A.; GARCÍA-FERNÁNDEZ-BRAVO, I.; JI, Z.; DE-MIGUEL-DIEZ, J.; ÁLVAREZ-SALAWALTHER, L.A.; DEL-TORO-CERVERA, J.; GALEANO-VALLE, F. Incidence of asymptomatic deep vein thrombosis in patients with COVID-19 pneumonia and elevated D-dimer levels. **Thrombosis research**, v.192, p.23–26, 2020.

DARBANDI, A.; ASADI, A.; GHANAVATI, R.; AFIFIRAD, R.; EMAMIE, A.D.; KAKANJ, M.; TALEBI, M. The effect of probiotics on respiratory tract infection with special emphasis on COVID-19: Systemic review 2010–20. **International Journal of Infectious Diseases**, v.105, p.91-104, 2021.

GHALAMARA, S.; SILVA, S.; BRAZINHA, C.; PINTADO, M. Valorization of fish by-products: purification of bioactive peptides from codfish blood and sardine cooking wastewaters by membrane processing. **Membranes**, v.10, n.3, Article 44, 2020.

GÓMEZ-MESA, J.E.; GALINDO-CORAL, S.; MONTES, M.C.; MUÑOZ MARTIN, A.J. Thrombosis and Coagulopathy in COVID-19. **Current problems in cardiology**, v.46, n.3, Article 100742, 2021.

HU, Y.; YU, D.; WANG, Z.; HOU, J.; TYAGI, R.; LIANG, Y.; HU, Y. Purification and characterization of a novel, highly potent fibrinolytic enzyme from *Bacillus subtilis* DC27 screened from Douchi, a traditional Chinese fermented soybean food. **Scientific Reports**, v.9, n.1, p.9235, 2019.

KASHI, M.; JACQUIN, A.; DAKHIL, B.; ZAIMI, R.; MAHÉ, E.; TELLA, E.; BAGAN, P. Severe arterial thrombosis associated with Covid-19 infection. **Thrombosis research**, v.192, p.75–77, 2020.

KIM, C.; RI, K.; CHOE, S. A novel fibrinolytic enzymes from the Korean traditional fermented food—Jotgal: Purification and characterization. **Journal of Food Biochemistry**, v.44, p.e13255, 2020.

LEES, M.J.; CARSON, B.P. The potential role of fish-derived protein hydrolysates on metabolic health, skeletal muscle mass and function in ageing. **Nutrients**, v.12, n.8, Article 2434, 2020.

LINO, L.H.S.; COSTA, B.A.M.; OLIVEIRA, V.M.; ANDRADE, D.H.H. Matéria-Prima residual de apaiari capturado no Rio São Francisco, Paulo Afonso-BA. In: MENEZES, N.S.; EL-DEIR, S.G.; GUEDES, F.L.; ALMEIDA, I.M.S. (Org.). **Resíduos sólidos: educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021a. p.142-154.

LINO, L.H.S.; ROSA-LEÃO, N.S.; OLIVEIRA, V.M.; PORTO, A.L.F. Análises espectroscópicas de proteínas residuais de Robalo-Flecha. In: MENEZES, N.S.; EL-DEIR, S.G.; GUEDES, F.L.; ALMEIDA, I.M.S. (Org.). **Resíduos sólidos: educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021b. p.129-141.

MANGANO, V.; GERVASI, T.; ROTONDO, A.; DE PASQUALE, P.; DUGO, G.; MACRÌ, F.; SALVO, A. Protein hydrolysates from anchovy waste: purification and chemical characterization. **Natural product research**, v.35, n.3, p.399–406, 2021.

MATOS, F.A.; SILVA, Q.J.; PORTO, A.L.F.; OLIVEIRA, V.M. Resíduos pesqueiros e seu uso sustentável; Inovação para geração de novos produtos. In: MENEZES, N.S.; EL-DEIR, S.G.; GUEDES, F.L.; ALMEIDA, I.M.S. (Org.). **Resíduos sólidos: educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 36-48.

MEIZOSO, J.; MOORE, H.B.; MOORE, E.E. Fibrinolysis Shutdown in COVID-19: Clinical Manifestations, molecular mechanisms, and therapeutic implications. **Journal of the American College of Surgeons**, v.232, p.1-9, 2021.

MOHAN, K.; MURALISANKAR, T.; JAYAKUMAR, R.; RAJEEVGANDHI, C. A study on structural comparisons of α -chitin extracted from marine crustacean shell waste. **Carbohydrate Polymer Technologies and Applications**, v.2, Article 100037, 2021.

OLIVEIRA, V.M.; NASCIMENTO, T. P.; ASSIS, C.R.D.; BEZERRA, R.S.; PORTO, A.L.F. Study on enzymes of industrial interest in digestive viscera: Greater amberjack (*Seriola dumerili*). **Journal of Coastal Life Medicine**, v.5, p.233-238, 2017.

OLIVEIRA, V.M.; ASSIS, C.R.D.; SILVA, J.C.; SILVA, Q.J.; BEZERRA, R.S.; PORTO, A.L.F. Recovery of fibrinolytic and collagenolytic enzymes from fish and shrimp byproducts: potential

source for biomedical applications. **Boletim do Instituto de Pesca (Online)**, v.45, p.1-10, 2019a.

OLIVEIRA, V.M.; SILVA, J.C.; SILVA, Q.G.; PORTO, A.L.F. Purificação parcial de biomoléculas extraídas dos resíduos sólidos do pescado beneficiado em Petrolândia-PE. In: AGUIAR, A.C.; SILVA, K.A.; EL-DEIR, S.G. (Org.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019b. p.127-139.

OLIVEIRA, V.M.; SILVA, Q.J.; SILVA, J.C.; PORTO, A.L.F. Uso de resíduos orgânicos do pescado como ferramenta de aprendizado em aulas práticas de bioquímica. In: NUNES, I.L.S.; PESSOA, L.A.; EL-DEIR, S.G. (Org.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019c. p.185-194.

OLIVEIRA, V.M.; MATOS, F.A.; LINO, L.H.S.; PORTO, A.L.F. Novas abordagens para isolamento de proteínas extraídas de resíduos da indústria pesqueira. In: SANTANA, R.F.; ARAGÃO JÚNIOR, W.R.; EL-DEIR, S.G. (Org.). **Resíduos Sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020a. p.264-273.

OLIVEIRA, V.M.; ROBERTO, N.A.; LINO, L.H.S.; PORTO, A.L.F. Purificação parcial de protease colagenolítica a partir de agro-resíduos da piscicultura marinha artesanal. In: SANTANA, R.F.; ARAGÃO JÚNIOR, W.R.; EL-DEIR, S.G. (Org.). **Resíduos Sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020b. p.308-316.

POONSIN, T.; SIMPSON, B.K.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W.; YOSHIDA, A.; KLOMKLAO, S. Albacore tuna spleen trypsin: Potential application as laundry detergent additive and in carotenoprotein extraction from Pacific white shrimp shells. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v.17, p.638-646, 2019.

POLLARD, C.A.; MORRAN, M.P.; NESTOR-KALINOSKI, A.L. The COVID-19 pandemic: a global health crisis. **Physiological genomics**, v.52, n.11, p.549–557, 2020.

PORFIDIA, A.; POLA, R. Venous thromboembolism in COVID-19 patients. **Journal of thrombosis and haemostasis: JTH**, v.18, n.6, p.1516–1517, 2020.

RIVERO-PINO, F.; ESPEJO-CARPIO, F.J.; GUADIX, E.M. Evaluation of the bioactive potential of foods fortified with fish protein hydrolysates. **Food research international (Ottawa, Ont.)**, v.137, Article 109572, 2020.

ROSA-LEÃO, N.S.; SILVA, J.C.; OLIVEIRA, V.M.; PORTO, A.L.F. Subprodutos de peixes cultivados e o desafio da sustentabilidade. In: MENEZES, N.S.; EL-DEIR, S.G.; GUEDES, F.L.; ALMEIDA, I.M.S. (Org.). **Resíduos sólidos: educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 21-35.

SANTOS, D.M.R.C.; SANTOS, C.W.V.; SOUZA, C.B.; ALBUQUERQUE, F.S.; OLIVEIRA, J.M.S.; PEREIRA, H.J.V. Trypsin purified from *Coryphaena hippurus* (common dolphinfish): Purification, characterization, and application in commercial detergents. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v.25, Article 101584, 2020.

SHARKEY, S.J.; HARNEDY-ROTHWELL, P.A.; ALLSOPP, P.J.; HOLLYWOOD, L.E.; FITZGERALD, R.J.; O'HARTE, F. A narrative review of the anti-hyperglycemic and satiating

- effects of fish protein hydrolysates and their bioactive peptides. **Molecular nutrition & food research**, v.64, n.21, Article e2000403, 2020.
- SHAVANDI, A.; HOU, Y.; CARNE, A.; MCCONNELL, M.; BEKHIT, A. Marine waste utilization as a source of functional and health compounds. **Advances in food and nutrition research**, v.87, p.187–254, 2019.
- SILVA, P.E.C.; BARROS, R.C.; ALBUQUERQUE, W.W.C.; BRANDÃO, R.M.P.; BEZERRA, R.P.; PORTO, A.L. F. *In vitro* thrombolytic activity of a purified fibrinolytic enzyme from *Chlorella vulgaris*. **Journal of Chromatography B**, v.1092, p.524–529, 2018.
- SILVA, J.C.; SILVA, Q.G.; OLIVEIRA, V.M.; PORTO, A.L.F. Uso de resíduos orgânicos de anchova (*Pomatomus saltatrix*) e robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) para recuperação de proteases alcalinas. In: AGUIAR, A.C.; SILVA, K.A.; EL-DEIR, S.G. (Org.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019a. p.117-126.
- SILVA, Q.J.; SILVA, J.C.; PORTO, A.L.F.; OLIVEIRA, V.M. Estudo da influência da temperatura na atividade enzimática recuperada de resíduos sólidos do beneficiamento do pescado em Maceió-AL. In: AGUIAR, A.C.; SILVA, K.A.; EL-DEIR, S.G. (Org.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019b. p.547-556.
- SILVA, J.C.; LINO, L.H.S.; CUNHA, M.N.C.; SILVA, J.M.; OLIVEIRA, V.M.; PORTO, A.L.F. Extraction of collagenolytic enzyme from fish viscera by phase partitioning (PEG/citrate) and its potential for industrial application. **Boletim do Instituto de Pesca (Online)**, v.46, p.1-8, 2021a.
- SILVA, J.C.; COSTA, B.A.M.; PORTO, A.L.F.; OLIVEIRA, V.M. Ondas ultrassônicas auxiliando no particionamento de proteases residuais de tainha (*Mugil liza*). In: MENEZES, N.S.; EL-DEIR, S.G.; GUEDES, F.L.; ALMEIDA, I.M.S. (Org.). **Resíduos sólidos: educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021b. p.75-87.
- SILVA, Q.J.; SILVA, S.R.S.; OLIVEIRA, V.M.; PORTO, A.L.F. Aproveitamento integral da pele e escamas de Apaiari cultivado na base de Pesca e Aquicultura da UFRPE. In: MENEZES, N.S.; EL-DEIR, S.G.; GUEDES, F.L.; ALMEIDA, I.M.S. (Org.). **Resíduos sólidos: educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021c. p.102-114.
- SILVA, N.F.B.; MATOS, F.A.; PORTO, A.L.F.; OLIVEIRA, V.M. Purificação de collagenases dos subprodutos da piscicultura marinha; Potencial biofarmacêutico. In: MENEZES, N.S.; EL-DEIR, S.G.; GUEDES, F.L.; ALMEIDA, I.M.S. (Org.). **Resíduos sólidos: educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021d. p.61-74.
- SILVA, N.F.B.; PORTO, A.L.F.; OLIVEIRA, V.M. Aplicação da espectroscopia de FTIR na identificação do colágeno extraído de subprodutos marinhos. In: MENEZES, N.S.; EL-DEIR, S.G.; GUEDES, F.L.; ALMEIDA, I.M.S. (Org.). **Resíduos sólidos: educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p.49-60.
- SMIT, M.; MARINOSCI, A.; AGORITSAS, T.; CALMY, A. Prophylaxis for COVID-19: a systematic review. **Clinical Microbiology and Infection**, v.27, n.4, p.532-537, 2021.

TRANSPARENCY MARKET RESEARCH. **Thrombolytic Therapy Market - Global industry analysis, size, share, growth, trends and forecast 2017-2025**. Disponível em: <https://www.transparencymarketresearch.com/thrombolytic-therapy-market.html>; Acesso em: 01 mai. 2021.

UCAK, I.; AFREEN, M.; MONTESANO, D.; CARRILLO, C.; TOMASEVIC, I.; SIMALGANDARA, J.; BARBA, F.J. Functional and bioactive properties of peptides derived from marine side streams. **Marine drugs**, v.19, n.2, Article 71, 2021.

UG, Y.; BHAT, I.; KARUNASAGAR, I.; BS, M. Antihypertensive activity of fish protein hydrolysates and its peptides. **Critical reviews in food science and nutrition**, v.59, n.15, p.2363–2374, 2019.

VÁZQUEZ, J.A.; BLANCO, M.; MASSA, A.E.; AMADO, I.R.; PÉREZ-MARTÍN, R.I. Production of fish protein hydrolysates from scylliorhinus canicula discards with antihypertensive and antioxidant activities by enzymatic hydrolysis and mathematical optimization using response surface methodology. **Marine drugs**, v.15, n.10, Article 306, 2017.

VILLAMIL, O.; VÁQUIRO, H.; SOLANILLA, J.F. Fish viscera protein hydrolysates: Production, potential applications and functional and bioactive properties. **Food chemistry**, v.224, p.160–171, 2017.

WANG, C.-H.; DOAN, C.T.; NGUYEN, V.B.; NGUYEN, A.D.; WANG, S.-L. Reclamation of Fishery Processing Waste: A Mini-Review. **Molecules**, v.24, Article 2234, 2019.

WANG, S.; WU, Y.; LIANG, T. Purification and biochemical characterization of a nattokinase by conversion of shrimp shell with *Bacillus subtilis* TKU007. **New Biotechnology**, v.28, n.2, p.196–202, 2011.

XU, T.; CHEN, C.; ZHU, Z.; CUI, M.; CHEN, C.; DAI, H.; XUE, Y. Clinical features and dynamics of viral load in imported and non-imported patients with COVID-19. **International Journal of Infectious Diseases**, v.94, p.68-71, 2020.

ZAMORA-SILLERO, J.; GHARSALLAOUI, A.; PRENTICE, C. Peptides from fish by-product protein hydrolysates and its functional properties: an overview. **Marine biotechnology (New York, N.Y.)**, v.20, n.2, p.118–130, 2018.

6.8 REUTILIZAÇÃO DO RESÍDUO INDUSTRIAL “BORRA DE TINTA” NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CERÂMICA VERMELHA E A INFLUÊNCIA DA PANDEMIA DO COVID-19 NA PRODUTIVIDADE

ANDRADE, Clayton Barbosa de
CITAR/UFRPE
cbandradee@gmail.com

FALCÃO, Symone Maria Pancrácio
CITAR/UFRPE
monempf@gmail.com

**DIAS, Viviane
Borges**
CITAR/UFRPE
borgesdias.eng@gmail.com

HOLANDA, Romildo Morant
CITAR/UFRPE
romildomorant@gmail.com

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi analisar a viabilidade da reutilização de resíduo oriundo da fabricação de tintas, denominado borra de tinta, na fabricação de blocos cerâmicos de vedação numa indústria da cerâmica vermelha localizada no município de Paudalho/PE e compreender como a atual pandemia da COVID-19 tem influenciado a produtividade dos funcionários dessa indústria. A borra de tinta foi incorporada ao traço de argila num volume correspondente a 10% do total adicionado, em seguida o traço passou por processo de umidificação e posterior moldagem através de uma extrusora. Após a moldagem os blocos foram mantidos em processo de secagem natural durante sete dias e seguiram para o forno tipo Hoffmann, que submete os blocos a temperaturas de aproximadamente 600 °C durante 24 horas. Posterior à saída dos blocos do forno foram executados ensaios de determinação da absorção de água e dimensões dos blocos, espessura das paredes, esquadro e planeza das faces e resistência à compressão. Foi aplicado também um questionário com os funcionários da cerâmica visando compreender como as incertezas acerca do vírus do COVID-19 têm prejudicado a execução dos seus serviços diários. Os resultados dos ensaios dos blocos obtidos foram comparados aos critérios determinados pela NBR NM 15.270/2017. Foi observado que o reaproveitamento da borra de tinta na composição dos blocos cerâmicos não prejudicou suas propriedades, comprovando sua eficácia e viabilidade. Esse processo reduz impactos ambientais, aumenta o tempo de vida dos aterros industriais receptores deste tipo de resíduo e reduz o consumo da argila. Além disto, percebe-se que ainda que algumas medidas de proteção contra contágio do vírus do COVID-19 tenham sido empregadas na planta, grande parte dos funcionários ainda não se sente segura para exercer suas funções.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo industrial, Borra de tinta, Bloco cerâmico.

1. INTRODUÇÃO

A atual sociedade passa por um processo de aumento na percepção da escassez de matérias-primas que advém da intensa exploração dos recursos naturais e do uso ineficiente dos materiais. Isso acarreta numa elevada e insustentável geração de resíduos, que por sua vez demanda a adoção de modelos produtivos capazes de incorporarem subprodutos industriais a fim de reduzir o imenso consumo de recursos naturais (MERLI, PREZIOSI e ACAMPORA, 2018; FORT e CERNY, 2020). Segundo Oliveira Junior, Gusmão e Luna (2021), a reutilização de resíduos para execução de novos produtos é um exemplo de prática que evita o desperdício e contribui para o desenvolvimento sustentável.

O gerenciamento de resíduos oriundos das indústrias de tintas é bastante complexo em função da variedade de matérias-primas e insumos utilizados, reagentes adicionados e dos próprios processos produtivos que implicam numa geração de composição bastante variável. Esses resíduos podem apresentar sais, corantes, pigmentos, metais e outros compostos orgânicos diversos, que são provenientes de etapas distintas do processo global (DA SILVA, DE OLIVEIRA e NOGUEIRA, 2004).

De acordo com Santos Neta et al. (2021) a Engenharia vem buscando novas tecnologias que conciliem a construção civil e a sustentabilidade visando gerar produtos que atendam as necessidades social, econômica e ambiental. Segundo Vieira et al. (2007), a reutilização de resíduos industriais como matéria-prima para produção de materiais de construção, como a cerâmica vermelha, trata-se de uma solução tecnológica viável e sustentável.

Vitorino, Monteiro e Vieira (2009) explicam que a etapa do tratamento térmico dos blocos cerâmicos promove a inertização de muitos materiais potencialmente tóxicos por volatilização, transformação química e estabilização na fase vítrea que se forma pela participação de alumino silicatos e fundentes presentes na massa cerâmica.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi analisar a reutilização de resíduo oriundo da fabricação de tintas, denominado borra de tinta, na fabricação de blocos cerâmicos de vedação numa indústria da cerâmica vermelha localizada no município de Paudalho/PE. Essa indústria recebe a borra de uma indústria de tintas localizada na Região Metropolitana do Recife, e a incorpora no traço de argila para produção dos blocos. A metodologia empregada consistiu na análise de conformidade técnica conduzida por meio de ensaios técnicos conforme orienta a NBR NM 15.270 de 2017.

Além disso, considerando que o resíduo utilizado pode ser um veículo de transmissão do novo coronavírus em razão do seu manuseio pelos operadores e frequente contato que existe entre os colaboradores, conforme comentado por Dos Santos Araújo e Silva (2020), o presente estudo também investigou a percepção desses em relação ao desempenho de atividades no contexto da pandemia da COVID-19.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 RESÍDUOS INDUSTRIAIS E REUTILIZAÇÃO

A partir do século XX, houve um crescimento elevado no setor tecnológico e industrial, o que resultou no uso desenfreado de recursos naturais e conseqüentemente na degradação de vários ecossistemas. Atualmente o modelo de desenvolvimento é um indutor na geração de resíduos industriais que necessitam ser recolhidos, tratados e dispostos corretamente, a fim de evitar passivos ao meio ambiente e à saúde pública (MENEZES *et al.*, 2021).

O descarte de resíduos, porém, não significa ausência de valor monetário e potencial de reutilização desses materiais. Na verdade há grandes chances de reutilização em forma original ou reciclada, caso recebam tratamento adequado, possibilitando o aumento de seu ciclo (MENDONÇA, OLIVEIRA e LIMA, 2021).

Tendo em vista esse cenário, Gusmão, Póvoas e Oliveira Junior (2021) afirmam que a reciclagem e a reutilização de resíduos sólidos tratam-se das melhores alternativas, pois contribuem de forma positiva para o meio ambiente, para a sociedade e para o desenvolvimento das indústrias.

Sendo assim, é necessário que o segmento industrial desenvolva ações voltadas à elaboração de Planos Multisetoriais em conjunto com Políticas Públicas, com o objetivo de reduzir a geração e maximizar o reuso/reaproveitamento/reciclagem dos resíduos. Além disso, desenvolver um Sistema de Gestão Integrada de Resíduos (SGIR) que busque atender plenamente às diretrizes de proteção ambiental e de responsabilidade social referente a cada processo industrial (SILVA, ALMEIDA e EL-DEIR, 2019).

Nesse contexto a Lei 12.305 de 2010 estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010). A PNRS traz como premissa a adequação entre os principais atores responsáveis pelo descarte inadequado de resíduos industriais e urbanos, são eles: o governo, as entidades públicas, empresas privadas e a sociedade como um todo, a fim de destinar esses resíduos de forma sustentável. De acordo com Silva *et al.* (2020) há uma tendência de aumento descontrolado dos rejeitos industriais graças ao desinteresse e desorganização dos setores responsáveis por essa problemática.

A indústria da cerâmica vermelha é um segmento no qual a adoção de boas práticas visando menores impactos ambientais e destinação adequada de resíduos tem ficado cada vez mais evidenciada. Muitas cerâmicas já destinam seus resíduos para a prática de reutilização, como é o caso das cinzas oriundas do tratamento térmico, ou para reciclagem, no caso das peças defeituosas produzidas que podem ser trituradas e incorporadas para substituição de matérias-primas não renováveis como a areia ou argila (ALMEIDA, SOARES e MATOS, 2020).

Para que essas práticas sejam amplamente difundidas no âmbito industrial é necessário que esforços sejam empregados na adoção da logística reversa. Segundo Ribeiro *et al.* (2018), a logística reversa proporciona benefícios ambientais, sociais e econômico, portanto, cumpre as premissas do desenvolvimento sustentável, afinal para garantir uma destinação ambientalmente adequada é necessária uma estrutura logística assertiva para o fluxo reverso de materiais. Silva *et al.* (2018) esclarece que a PNRS é uma das principais motivadoras da implementação da logística reversa na indústria, alertando inclusive sobre a economia financeira por parte das empresas ao reduzir o volume de resíduos de processos industriais e embalagens enviados a aterros sanitários.

O modelo econômico vigente é ultrapassado e limita o desenvolvimento sustentável mediante os problemas ambientais oriundos da geração de resíduos. Isso demanda do setor industrial um novo olhar perante a relação de produção-consumo, e nesse contexto a Economia Circular é um modelo que se propõe a substituir o atual para mitigação de impactos ambientais e sem gerar prejuízos econômicos (SANTOS, *et al.* 2018).

2.2 RESÍDUOS INDUSTRIAIS E COVID-19

A crise econômica e sanitária gerada pelo novo vírus do COVID trouxe uma série de dificuldades adicionais para a indústria brasileira. Diante da pandemia de Covid-19 no Brasil e no mundo, o isolamento social é a principal medida para diminuição dos riscos de contágio e transmissão do vírus (MARCATO e TORRACA, 2020).

Diante da incerteza em relação ao período de duração de contração da atividade econômica somada à incerteza quanto à efetividade da atuação do governo na amortização dos impactos, a direção e a intensidade da atuação das empresas serão fatores determinantes para mitigar os efeitos da diminuição dos empregos, do empobrecimento da população e do fechamento das mesmas (DWECK *et al.*, 2020).

De acordo com a ABRELPE (2020) a situação extraordinária da pandemia e o aumento das quantidades de resíduos produzidos certamente demandarão um rearranjo das soluções logísticas e operacionais no processo de coleta e transporte de resíduos domiciliares e industriais. No entanto o manuseio dos resíduos sólidos quando executado conforme as normas operacionais e de saúde e segurança aplicáveis não exigirá medidas adicionais, pois tais atividades não constituem um canal de transmissão de doenças e até o presente momento não existem evidências nesse sentido com relação ao novo Coronavírus.

O fato do vírus e suas variantes ainda não serem totalmente conhecidos incentivou o desenvolvimento e o uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) como podcasts, *lives* e publicações com imagem e texto de forma educativa, sendo possível disseminar informações com o objetivo de expor as descobertas sobre a Covid-19. A partir dessas ferramentas vários temas têm sido discutidos em sites e redes sociais e um destes é a transmissão do vírus, que pode ser por várias formas, inclusive através dos resíduos sólidos industriais e domésticos (ARAÚJO *et al.*, 2021).

2.3 RESÍDUO DA FABRICAÇÃO DE TINTAS

Existe uma evolução nas tendências mundiais que têm inseridos as tintas para novas finalidades como pintura artística, automotiva, etc. Essa variedade de utilização faz com que essa indústria crie novos produtos, o que aumenta também a quantidade de resíduo (borra de tinta) gerado diariamente (BARBOSA e CRIPPA, 2017).

De acordo com Ribas (2017), a geração do resíduo denominado “borra de tinta” ocorre durante o processo de manutenção das máquinas que é periódica a fim de garantir o bom funcionamento e limpeza para fabricação de outra remessa. A tinta que não ficou aderida à superfície metálica é coletada na forma aquosa ou pastosa, passando para o estado sólido em seguida.

A borra de tinta apresenta grandes concentrações de metais pesados, sendo classificada como resíduo perigoso, e por esse motivo são descartados, na maioria dos casos, em aterros industriais. A ausência de estudos a respeito desse rejeito e a não utilização do mesmo como matéria-prima de outros processos implica cada vez mais passivos ao meio ambiente (RIBAS, 2017).

Gaspar (2018) alerta que nas indústrias do ramo são geradas grandes quantidades desse resíduo por mês, e sua reutilização é capaz de reduzir custos, eliminar os passivos ambientais e preservar a longevidade dos aterros que recebem esse rejeito.

2.4 LEGISLAÇÃO PERTINENTE AOS RESÍDUOS DA FABRICAÇÃO DE TINTAS

A Resolução CONAMA 313 de 2002 dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais e traz uma definição a estes:

Resíduo Sólido Industrial é todo resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre em estado sólido, semissólido, gasoso – quando contido, líquido – cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas ou ecologicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (Art. 2º CONAMA, 2002).

A NBR 10.004 de 2004 classifica os resíduos sólidos como perigosos e não perigosos da seguinte forma: Classe I perigosos; Classe II Não perigosos, divididos em resíduos classe II-A (Não inertes) e classe II-B (Inertes).

O anexo II da Resolução 313 do CONAMA aponta a borra de tinta como resíduo Classe I (perigosos) que de acordo a NBR 10.004 podem apresentar propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, podendo apresentar risco à saúde pública, provocando

mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices e riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.

3. METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A indústria de cerâmica vermelha escolhida para o presente estudo está localizada no município de Paudalho, situado na Zona da Mata de Pernambuco. Essa indústria recebe a “borra de tinta” de uma fábrica de tintas localizada na Região Metropolitana do Recife.

A indústria cerâmica se dedica a produção de blocos cerâmicos de vedação, possui 45 funcionários, e apresenta produção mensal de aproximadamente 1 milhão de blocos de vedação mensalmente. O fato de a indústria adotar a reutilização da borra de tinta decorre do fato de seu empreendedor também possuir um aterro industrial classe I que inclusive está localizado em área próxima da indústria. A borra é um rejeito recebido no aterro industrial e a atual gestão decidiu desenvolver estudos que verifiquem a viabilidade técnica da sua reutilização para fabricação dos blocos cerâmicos.

3.2 ANÁLISES DE CONFORMIDADE TÉCNICA

Inicialmente a borra de tinta (Figura 1a) foi incorporada ao traço de argila num volume correspondente a 10% do total da massa cerâmica. Em seguida, essa massa (Figura 1b) passou por processo de umidificação, moldagem de blocos por meio de extrusão e corte, respectivamente. Após tais processos, os blocos foram mantidos em repouso no pátio da cerâmica para secagem natural durante sete dias e seguiram para o forno tipo Hoffmann, no qual foram submetidos a temperaturas de aproximadamente 600 °C durante 24 horas para formação de blocos cerâmicos.

Figura 1a. Borra de tinta recém recebida pelo aterro
Figura 1b. Borra de tinta incorporada ao traço de argila



Após obtenção dos blocos cerâmicos, eles foram submetidos aos ensaios técnicos de determinação da absorção de água, dimensões dos blocos, espessura das paredes, esquadro e planeza das faces e resistência à compressão, conforme orienta a NBR NM 15.270: 2005 e os resultados obtidos foram comparados aos requisitos determinados pela mesma norma, que determina os parâmetros técnicos mínimos que os blocos cerâmicos precisam atender.

3.3. PERCEPÇÃO DE COLABORADORES SOBRE O DESEMPENHO DE SUAS ATIVIDADES NA INDÚSTRIA CERÂMICA FRENTE À COVID-19

Foi aplicado um questionário com os funcionários da indústria a fim de analisar a percepção dos mesmos em relação às medidas adotadas na planta para evitar a propagação da COVID-19 e contaminação dos mesmos. Foram obtidas respostas de 30 trabalhadores de um total de 45 funcionários. A Tabela 1 abaixo apresenta as perguntas presentes no questionário.

Quadro 1. Questionário aplicado aos funcionários da indústria cerâmica a respeito das medidas de controle de contágio por COVID-19

QUESTIONÁRIO COVID-19
Q1) Foi aplicada alguma medida de prevenção ao contágio do COVID-19 no seu ambiente de trabalho?
Q2) A empresa disponibiliza máscaras, álcool, pias e sabão no ambiente de trabalho?
Q3) Você costuma utilizar máscara e higienizar as mãos durante o expediente de trabalho?
Q4) A empresa fez algum comunicado geral ou deu treinamento referente aos cuidados com o COVID-19?
Q5) A empresa disponibiliza recursos e equipamentos necessários para execução de trabalho sem risco de contaminação pelo COVID-19?
Q6) Qual o nível de facilidade ou dificuldade que você sente para desenvolver suas atividades diante da atual pandemia?
Q7) Quão seguro você se sente no trabalho por ter recebido equipamentos e recursos de proteção contra a contaminação pelo COVID-19?

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após passarem pelo tratamento térmico adequado, 13 amostras de blocos cerâmicos com adição de 10% do volume de borra de tinta presentes num lote total de 1000 blocos, já prontos para utilização, foram selecionados de forma aleatória e submetidos aos ensaios determinados pela NBR NM 15.270: 2017. De acordo com outros estudos disponíveis na literatura a respeito do reaproveitamento de resíduos em blocos cerâmicos dentre os parâmetros analisados, dois são diretamente influenciados pela presença do resíduo no traço de argila, a umidade e a resistência mecânica, e existem diversos benefícios associados à reutilização destes rejeitos.

Mendonça, Sousa e de Sousa Neto (2017) verificaram que é possível a incorporação do resíduo industrial Caulim para produção de blocos cerâmicos numa proporção de 20%

atendendo aos parâmetros normativos, contribuindo a mitigação dos impactos ambientais originários do seu descarte no meio ambiente, reduzindo a extração de matérias-primas, agregando valor a um material indesejável, além de reduzir os custos da empresa geradora com local para disposição do mesmo.

Já Silva et al. (2018) analisaram o reuso do resíduo scheelita, em especial, na cerâmica estrutural e concluíram que a reutilização do rejeito é uma alternativa viável para possíveis aplicações, além de propiciar uma redução da quantidade desses materiais que são produzidos e descartados no meio ambiente e, conseqüentemente, diminuir o impacto ambiental provocado pelos mesmos.

Em seu estudo, da Silva e Maciel (2020) afirmam que pelo fato da argila ser um recurso natural não renovável e de acordo com o estudo de suas propriedades mecânicas pelos ensaios tecnológicos, ela pode ser substituída, mesmo em pequenas quantidades, pelo resíduo lodo de ETA, podendo viabilizar o processo de construção civil e minimizar a perda desse valioso recurso natural.

A Figura 2 e a Tabela 1 abaixo apresentam três blocos sendo submetidos a ensaios laboratoriais e os resultados obtidos nos ensaios de porcentagem de absorção de água e de resistência mecânica em MPa (Mega Pascal), respectivamente. Os valores obtidos nos ensaios foram comparados aos limites de aceitação estipulados pela norma citada. Dentre as 13 amostras ensaiadas, nenhuma ultrapassou os limites estabelecidos para esses dois parâmetros.

Figura 2. Três amostras de blocos submetidas aos ensaios laboratoriais

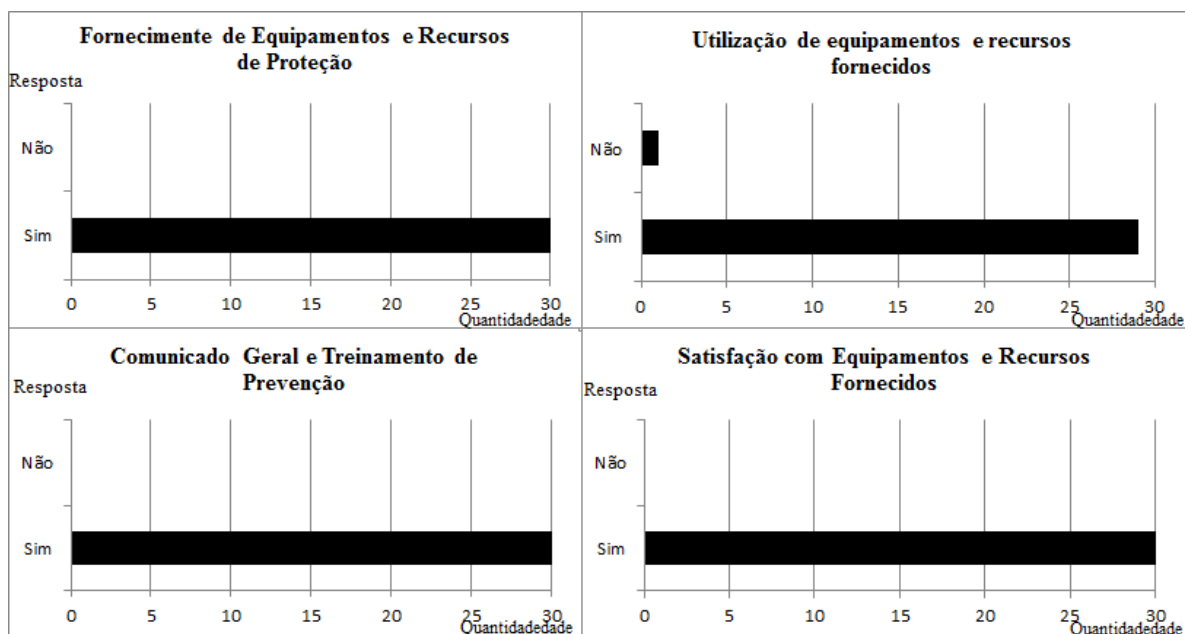


Tabela 1. Resultados dos ensaios realizados em relação à Absorção de água e Resistência Mecânica dos blocos e comparação com os valores estabelecidos pela NBR 15.270 para aceitação de desempenho

Amostra	% Absorção de água (Aceitação: 8-22)	Resistência mecânica (Mpa) (Aceitação: >1,5)	Situação
1	13	1,6	APROVADO
2	13	1,5	APROVADO
3	13	1,8	APROVADO
4	14	2,1	APROVADO
5	14	1,5	APROVADO
6	13	1,6	APROVADO
7	15	1,5	APROVADO
8	11	1,8	APROVADO
9	12	1,9	APROVADO
10	14	2,4	APROVADO
11	12	2,1	APROVADO
12	12	2,4	APROVADO
13	14	2,3	APROVADO

Em relação à percepção dos funcionários a respeito de exercer suas funções em meio à Pandemia do COVID-19 e às medidas preventivas tomadas pela indústria cerâmica a fim de evitar a propagação do vírus no ambiente de trabalho foi gerada a Figura 3 abaixo.

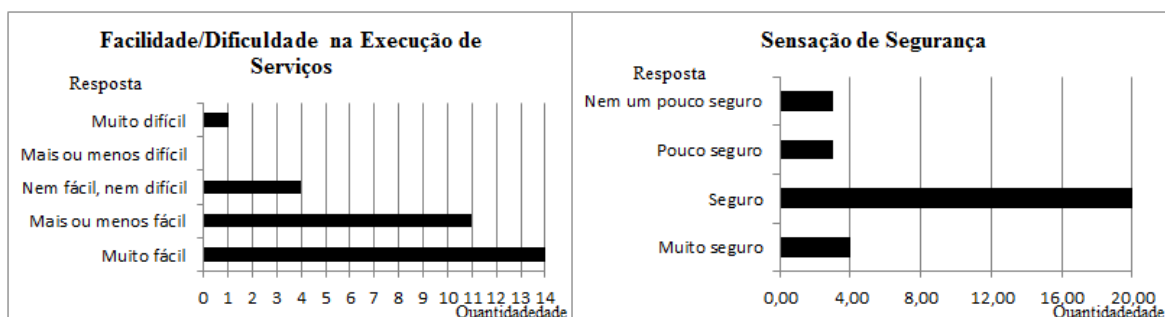
Figura 3. Respostas dos funcionários em relação as medidas adotadas na Cerâmica para combater a propagação do vírus do COVID-19



De acordo com as respostas dos funcionários entrevistados, a indústria forneceu todos os equipamentos e materiais necessários para evitar a propagação do vírus do COVID-19 na cerâmica, além de treinamento e fiscalização da utilização dos mesmos. Na Figura 4 a seguir observa-se as respostas dos funcionários em relação à facilidade ou dificuldade

quem têm enfrentado para exercer suas funções e estão se sentindo seguros no exercício de suas atividades.

Figura 4. Percepção dos funcionários a respeito de sua segurança no ambiente de trabalho e como isso afeta seu desempenho nas atividades diárias



As respostas dos entrevistados mostram que 20% dos funcionários não se sentem seguros em relação ao contágio pelo vírus do COVID-19 para exercer suas funções diárias mesmo estando satisfeitos com as medidas adotadas pela indústria e equipamentos de proteção e aproximadamente 17% possui algum grau de dificuldade para exercer suas funções.

Segundo Drucker (1993) a promoção de Qualidade de Vida no Trabalho (QVT) é um aspecto importante e neste contexto de mudanças, onde as indústrias precisam se preocupar com o bem estar dos seus funcionários para que mantenham bons índices de produtividade e também para sua sobrevivência em período de grave crise sanitária mundial, estão os ativos considerados relevantes para as organizações, sendo eles, os recursos humanos.

Vargem (2021) apontou em seu estudo os principais fatores que geram insatisfação nos funcionários durante a pandemia atual, e que se analisados e corrigidos irão estimular a qualidade de vida no trabalho e melhorar a condição psicológica dos funcionários, são eles: a falta de flexibilidade de horários, o trabalho excessivo, falta de treinamento (principalmente em relação aos cuidados com a transmissão do vírus do COVID-19) e a falta de motivação que provoca efeitos negativos na saúde emocional e física dos funcionários, como falta de atenção e baixa produtividade.

5. CONCLUSÕES

Após a realização dos ensaios laboratoriais com os blocos cerâmicos com adição de borra de tinta verificou-se que os blocos possuem eficiência para utilização na construção civil de acordo com a NBR NM 15.270: 2017, responsável pela definição dos parâmetros mínimos para utilização de blocos cerâmicos, ou seja, pode-se perceber que a utilização do resíduo industrial de borra de tinta pode ser reutilizado na indústria cerâmica com adição de 10% no traço sem prejudicar as propriedades dos blocos e proporcionando um fechamento de ciclo sustentável ao rejeito.

O questionário aplicado com os funcionários levanta uma problemática importante em relação à insegurança vivenciada por funcionários da indústria, na atual realidade de pandemia, em relação ao contágio de COVID-19. Mesmo tendo acesso a equipamentos de proteção como máscaras, álcool e pias para higienização regular das mãos, muitos trabalhadores continuam com medo de contrair o novo coronavírus podendo transportar esse vetor até suas residências, colocando suas próprias vidas em risco e também de suas famílias.

Insta salientar a importância das empresas do ramo industrial estabelecerem um plano de contingência para a atual pandemia que seja capaz de apontar medidas preventivas para redução do risco de contágio, tais como: higienização eficiente e frequente das mãos, uso de máscaras e aglomeração de pessoas em ambientes. Além disso, garantir que os colaboradores recebam atenção do setor de segurança do trabalho no caso de queixas de possíveis sintomas de COVID-19, e caso necessário, possam se ausentar para promoção dos cuidados.

REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Recomendações para a gestão de resíduos sólidos durante a pandemia de coronavírus (COVID-19)**. Abrelpe, São Paulo/SP. 2020. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/abrelpe-no-combate-a-covid-19/>>. Acesso em: 27 mar. 2021.

ALMEIDA, K. S.; SOARES, R. A. L.; MATOS, J. M. E. Efeito de resíduos de gesso e de granito em produtos da indústria de cerâmica vermelha: revisão bibliográfica. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 25, n. 1, 2020.

ARAÚJO, E. C. S.; SILVA, V. F. A gestão de resíduos sólidos em época de pandemia do Covid-19. *GeoGraphos. Revista Digital para Estudantes de Geografia y Ciencias Sociales*, v. 11, n 129, p. 192-215, 2020.

ARAÚJO, V. G. M.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; BARBOSA, G. S.; EL-DEIR, S. G. Utilização de tecnologias da Informação e comunicação (TIC) na educação para sustentabilidade em tempos de pandemia. *In: EL-DEIR, S. G. (Org.). Resíduos Sólidos e COVID-19*. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021, Cap. 1.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10.004:2004** - Resíduos sólidos – Classificação. 2004. Disponível em: <<https://analiticaqmcresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 15270:2005** - Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação — Terminologia e requisitos. 2005. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/material/NBR_15270_1_2005.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT, **ABNT NBR 15270:2005** - Componentes cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. 2005. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/material/NBR_15270_2_2005.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2021

BARBOSA, F. A. T.; CRIPPA, L. B. Viabilidade da borra de tinta na aplicação da técnica de coprocessamento em fornos de cimento. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 4, n. 2, p. 8-15, 2017.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Conama. Resolução nº 313, de 29 de outubro de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2002.

DA SILVA, E. L. G.; MACIEL, A. P. Uso de resíduos sólidos de estação de tratamento de água como carga em blocos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, v. 24, n. 4, p. 29-36, 2020.

DA SILVA, M. R. A.; DE OLIVEIRA, M. C.; NOGUEIRA, Raquel Fernandes Pupo. Estudo da aplicação do processo foto-Fenton solar na degradação de efluentes de indústria de tintas. **Eclética Química**, v. 29, n. 2, p. 19-26, 2004.

DRUCKER, P. Sociedade pós-capitalista. Trad. Nivaldo Montingelli Jr. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1993.

DWECK, E.; ROCHA, C. F.; FREITAS, F.; FERRAZ, J. C.; TORRACA, J.; COSTA, K. V.; FERREIRA, K.; VILAR, M. C.; MARCATO, M. B.; C., M.; Miguez, T. Impactos macroeconômicos e setoriais da Covid-19 no Brasil. **Rio de Janeiro. Discussion Paper, IE/UFRJ**, n. 19, 2020.

FORT, J.; ČERNÝ, R. Transition to circular economy in the construction industry: Environmental aspects of waste brick recycling scenarios. **Waste Management**, v. 118, p. 510-520, 2020.

GASPAR, D. N. **Resíduos sólidos–tratamento de borra de tinta nas unidades industriais**. 2018. 35f. Monografia de Especialização em Gestão Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

GUSMÃO, L. R. C.; PÓVOAS, Y. V. T.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. I. Viabilidade de resíduo de construção e demolição reciclado (RCD-R) em camada de base de pavimento de concreto permeável. In: MENEZES, N. S. et al. (Org.). **Resíduos Sólidos: Educação e meio ambiente**. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021, Cap. 3.

MARCATO, M. B.; TORRACA, J. Impactos da Covid-19 na indústria de transformação do Brasil. **Discussion Paper, IE/UFRJ**, n. 19, 2020.

MENDONÇA, A. M. G. D.; SOUSA, L. M. C.; DE SOUSA NETO, V. F. Aproveitamento de resíduo de caulim na produção de blocos cerâmicos. In: VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Anais... Campo Grande. 2017.

MENDONÇA, E. A. S.; OLIVEIRA, F. C. S. F.; LIMA, I. L. P. Relação entre covid-19 e resíduos sólidos em localidades de menor IDH de Recife-PE. . In: EL-DEIR, Soraya Giovanetti (Org.). **Resíduos Sólidos e COVID-19**. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021, Cap. 1.

MENEZES, N. S.; ALMEIDA, I. M. S. ARTEIRO, K. A.; EL-DEIR, S. Resíduos sólidos: gestão e tecnologia. In: MENEZES, Natália Santana de et al. (Org.). **Resíduos Sólidos: Educação e meio ambiente**. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021.

MERLI, R.; PREZIOSI, M. ACAMPORA, A.. How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 178, p. 703-722, 2018.

OLIVEIRA JUNIOR, A. I. GUSMÃO, L. R. C.; LUNA, S. V. S. Utilização dos resíduos fibrosos da casca do coco verde como reforço de materiais compósitos. In: MENEZES, Natália Santana de et al. (Org.). **Resíduos Sólidos: Educação e meio ambiente**. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021, Cap. 3.

RIBAS, H. E. **Novos compósitos cerâmicos com base em caulim, borra de tinta, areia de fundição e vidros residuais**. 2017. 86f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

RIBEIRO, A. R. B.; SANTOS, M. V. N. LIMA, T. L. A.; OLIVEIRA, S. A. Análise dos benefícios de uma gestão sustentável gerados com a utilização da logística reversa. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos: Tecnologias e boas práticas de economia circular**. Recife: Edufrpe/Gampe, 2018, Cap. 1.

SANTOS, J. P. O.; SILVA, E. V. L.; SOUZA, A. L.; EL-DEIR, S. G. Economia circular como via para minimizar o impacto ambiental gerado pelos resíduos sólidos. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos: Tecnologias e boas práticas de economia circular**. Recife: Edufrpe/Gampe, 2018, Cap. 1.

SANTOS NETA, A. V.; SANTOS, A. C.; LEMOS, B. L. S.; BEZERRA, H. J. C. L. Estudo físico-mecânico em concreto permeável simples e com adição de resíduo de borracha. In: MENEZES, Natália Santana de et al. (Org.). **Resíduos Sólidos: Educação e meio ambiente**. Recife: Edufrpe/Gampe, 2021, Cap. 3.

SILVA, Á. M. B.; RIBEIRO, A. R. B.; SANTOS, M. V. do N.; LIMA, T. L. de A. Impactos ambientais, sociais e econômicos da logística reversa; uma revisão bibliográfica. In: SANTOS, J. P. de O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P. de; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. Recife: Edufrpe/Gampe, 2018.

SILVA, G.; LOPES, A. A.; SILVA JÚNIOR, É. D.; SALES, A. S. B. Análise do gerenciamento dos resíduos de construção civil (RCC) em um município de pequeno porte. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 8, n. 59, p. 1-16, 2020.

SILVA, K. A.; ALMEIDA, I. M. S.; EL-DEIR, S. G. Gerenciamento dos resíduos sólidos nos planos de manejo do arquipélago de Fernando de Noronha – PE. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos: Os desafios da gestão**. Recife: Edufrpe/Gampe, 2019.

SILVA, Y. E., MACHADO, T. G., MOREIRA, D. M., ASSIS, R. B., & MEDEIROS, P. N. Incorporação de resíduo de scheelita em massa cerâmica para produção de blocos cerâmicos. In: 70ª Reunião Anual da SBPC. **Anais...** Maceió. 2018.

VARGEM, P. K. R. S. Qualidade de vida nas empresas como fator importante para a automotivação dos trabalhadores em tempos de covid/19. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Administração) – Coordenação do curso de Administração. IFES, Guarapari.

VIEIRA, C. M. F.; DIAS, C. A. C. M., MOTHÉ, A. V., SÁNCHEZ, R.; MONTEIRO, S. N.. Incorporação de lama de alto forno em cerâmica vermelha (Incorporation of blast furnace sludge into red ceramic). **Cerâmica**, v. 53, p. 381-387, 2007.

VITORINO, J. P. D.; MONTEIRO, S. N.; VIEIRA, C. M. F. Caracterização e incorporação de resíduos provenientes de estação de tratamento de água em cerâmica argilosa. **Cerâmica**, v. 55, n. 336, p. 385-392, 2009.

6.9 EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO COMBUSTÍVEL DERIVADO DE RESÍDUOS ORIUNDOS DE PRODUÇÃO MUNICIPAL

GUEDES, Flávio Leôncio
Gampe/UFRPE, GRS/UFPE
f_1_guedes@hotmail.com

COSTA, Amanda Rodrigues Santos
GRS/UFPE
amandarsc@gmail.com

EL-DEIR, Soraya Giovanetti
Gampe/UFRPE
sorayageldeir@gmail.com

JUCÁ, José Fernando Thomé
Gampe/UFRPE; GRS/UFPE
jftjucah@gmail.com

RESUMO

A disposição final dos Resíduos Sólidos sem tratamento prévio pode resultar em danos irreversíveis ao meio ambiente, a saúde e o bem-estar da população, além de provocar impactos financeiros para correção dos problemas decorrentes do mau gerenciamento. O aproveitamento do potencial energético contido nos resíduos é uma forma utilizada para de reduzir gases de efeito estufa. O uso da energia dos resíduos como combustível apresenta-se como uma alternativa de energia limpa, face à matriz energética convencional. Este estudo teve como objetivo analisar o impacto processual da produção de Combustível Derivado de Resíduos com os parâmetros de geração de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Paulista-PE. A metodologia desse estudo seguiu as recomendações da técnica de Avaliação de Ciclo de Vida de processos. O estudo indicou que durante a disposição final no Centro de Tratamento houve a maior contribuição nas emissões de poluentes. O processo de produção evitou os impactos ambientais negativos na maioria das categorias, com exceção das categorias relacionadas à toxicidade humana. O processo produtivo se destacou com maiores benefícios na categoria depleção de recursos abióticos, depleção de recursos abióticos combustíveis fósseis e mudanças climáticas e o maior impacto na categoria toxicidade humana câncer e TH-c toxicidade humana não câncer.

PALAVRAS-CHAVE: ACV, CDR, GEE, Resíduos Sólidos Urbanos

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) está ligada ao estilo de vida, influenciado para o consumo e o uso excessivo de embalagens, aumentando assim a geração de resíduos. Este modelo de comportamento é típico dos países desenvolvidos, sendo replicado pelos países em desenvolvimento como resultado do crescimento urbano e as atividades humanas (SARMENTO et al., 2020).

A disposição final dos RSU, sem tratamento prévio, pode se tornar um problema, que tem como resultado danos ao meio ambiente, à saúde e ao bem-estar da população, além de provocar um impacto financeiro, ao provocar gastos para correção dos problemas decorrentes do mau gerenciamento. Todo este contexto é acentuado pelo posicionamento midiático de elevação do consumo, havendo uma estruturação social no sentido de transferência da felicidade para o potencial de aquisição de bens duráveis ou de uso contínuo.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) incentiva o uso de tecnologias para recuperar energia dos RSU. O aproveitamento do potencial energético contido nos resíduos é uma forma utilizada para de reduzir os gases de efeito estufa (GEE) e contribuir com o meio ambiente, desde que seja assegurada a viabilidade técnica e ambiental (SILVA et al., 2019).

A separação de RSU é um dos mecanismos fundamentais para implementação de processos de tratamento e de reciclagem, resultando na compensação de impactos ambientais em todo o ciclo de vida, inclusive na economia de energia (MERSONI; REICHERT, 2017, TRENTIN et al., 2019).

Os resíduos não viabilizados no processo de reciclagem e com alto poder calorífico pode ser utilizados como combustíveis alternativos. Segundo Jucá et al. (2014), os combustíveis derivados de resíduos (CDR), em sua composição, devem conter material orgânico com umidade baixa, sem frações de contaminação, nem substâncias orgânicas críticas, pois esses fatores podem gerar um CDR de baixa qualidade. Desta forma, o objetivo desse estudo é analisar a emissão de GEE na produção de CDR, através de uma Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) a ser realizada com os parâmetros de produção de RSU no Município de Paulista-PE.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Resíduos Sólidos Urbanos Energéticos (RSUE)

Os RSU são chamados de RSUE quando se tornam elegíveis para recuperação energética, por possuírem alto poder calorífico, sendo uma das possibilidades de tratamento para a recuperação de energia, através de processos termoquímicos (ARAÚJO et al., 2019; DRUDI et al., 2019).

A NBR 16.849 (ABNT, 2020) estabelece os requisitos para o aproveitamento dos RSUE, promovendo a utilização de forma segura e sustentável, por meio do uso racional de RSU na preparação e no emprego da tecnologia mais adequada de queima.

Esta Norma estabelece os requisitos para aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos com ou sem incorporação de outros resíduos classe II – Não perigosos, abrangendo os aspectos de elegibilidade de resíduos, registros e rastreabilidade, amostragem e formação dos lotes, armazenamento, preparo de resíduos sólidos urbanos para fins energéticos (RSUE), classificação dos lotes gerados e uso do RSUE nas unidades de recuperação energética (URE) [...] (ABNT, 2020, p. 1).

Os resíduos passíveis de recuperação energética classificam-se como fonte alternativa de energia para todos os efeitos previstos na legislação (BRASIL, 2019). Dentro deste contexto, o aproveitamento energético de RSU, em termos legais, é uma alternativa sustentável em sistemas de conversão de energia (TRENTIN et al., 2019; MOREIRA et al. 2020; SILVA; CRUZ, 2020; SANTOS JÚNIOR, 2020).

2.3 Combustível de Derivados de Resíduos (CDR)

Com o crescimento da demanda energética no mundo, as novas tecnologias para a geração de energia alternativa são vistas como solução para responder a este desafio (SOARES et al., 2017; VITAL; BORBA; CARVALHO, 2018). O uso de energia proveniente de RSU apresenta-se como uma alternativa de energia limpa, face à matriz convencional. Um processo de gerenciamento de RSU eficiente possibilita o alcance de parâmetros de custo, tempo, recursos e qualidade, pois qualquer ineficiência do sistema pode acarretar em perdas (MARINHO et al., 2018, NASCIMENTO et al. 2018).

Em sua história, o termo CDR, em inglês de *Refused Derived Fuel* (RDF), surgiu no mundo nos anos da crise do petróleo, para designar qualquer combustível concebido a partir de diferentes rejeitos, inexistindo critérios explícitos (TORRES, 2019). O CDR é utilizado na impossibilidade da reciclagem, sendo necessário efetuar outra abordagem que evite a imediata eliminação dos RSU em aterros sanitários.

No Brasil, a indústria cimenteira contribui de 6% a 8% com o CO₂ emitido, sendo responsável por uma grande parcela das emissões de GEE, o que coloca o setor numa posição de destaque quando se discute formas de minimizar tais emissões (JOHN, 2000, BENHELAL et al., 2018). Os combustíveis que alimentam os fornos do Setor do Cimento são, na maioria das vezes, oriundos de fontes não renováveis, como o petróleo e o carvão. Para Visedo e Pecchio (2019), o uso de CDR, em permuta aos combustíveis fósseis não renováveis, como o coque de petróleo, representa a segunda principal alternativa do setor da indústria do cimento.

2.3 Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)

A integração entre o gerenciamento ambiental e as estratégias de manufatura das empresas visa a redução de resíduos e uso consciente de recursos para diminuir os impactos ambientais gerados por este setor industrial. Segundo Stradioto Neto et al. (2020), a ACV é uma ferramenta de gestão ambiental que auxilia na determinação do impacto causado ao meio ambiente durante o processo de fabricação de um produto.

Trata-se de uma técnica bastante utilizada para avaliar os impactos oriundos de tecnologias de tratamento e recuperação dos resíduos, tendo como finalidade uma ferramenta tecnológica de apoio à tomada de decisão sobre o padrão a ser adotado para a gestão de resíduos sólidos (GUEDES et al., 2021). Sabe-se que cada produto possui um ciclo de vida com diversas etapas nas quais cada uma destas gera impactos ambientais (MENDONÇA; PEDROSA, 2018; RIBEIRO et al., 2018)

No Brasil, pesquisas sobre a ferramenta ACV são raras e pobres em dados disponíveis, apesar de ter se consolidado como um mecanismo capaz de quantificar os impactos ambientais potenciais do ciclo de vida de um produto ou serviço (CLAUDINO; TALAMINI, 2013, PILZ; MACENO, 2020).

A ACV foi estruturada e normatizada pela Organização Internacional para Normalização, por meio da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Tais normas descrevem como esta técnica pode servir de colaboração na análise e na interpretação de impactos ambientais, por meio de levantamentos e compilação dos dados das entradas, produção, consumo e saídas de um sistema durante todo o ciclo de vida (CALDAS et al., 2017; ARAÚJO et al., 2019; AZEVEDO et al., 2020).

3. METODOLOGIA

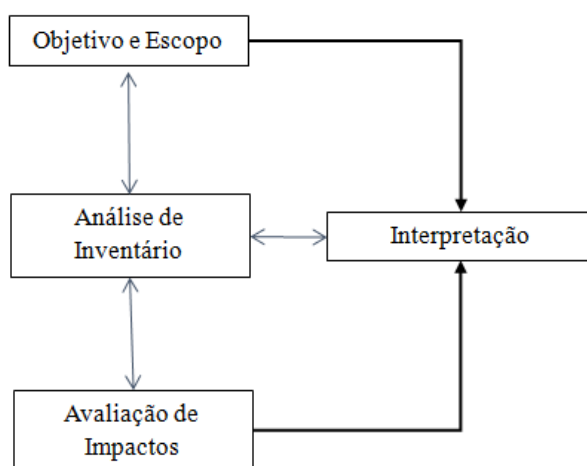
O local de estudo é o município de Paulista, em Pernambuco, distante 15,5 km da capital Recife (Figura 1). Possui um território de 96,846 km², dividido em 24 bairros, e uma população estimada para o ano de 2018 de 329.117 habitantes (IBGE, 2019).

Figura 1. Localização de Paulista-PE



A metodologia de estudo seguiu as recomendações da norma da Organização Internacional de Padronização (ISO) e Norma Técnica Brasileira (NBR) para a realização da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), preconizadas na ISO NBR 14040 (ABNT, 2009a) e 14044 (ABNT, 2009b). Estudos sobre ACV são indicados para quantificar a Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), associada a processos de produção (MELQUÍADES et al., 2019). A metodologia desenvolvida neste estudo é baseada na ACV e estruturada em quatro etapas principais: (i) Definição de Objetivo e Escopo; (ii) Análise de Inventário; (iii) Avaliação de Impacto; e (iv) Interpretação (Figura 2). Os dados foram coletados por medidas diretas e revisão da literatura.

Figura 2. Estrutura da ACV



Fonte: Adaptado ABNT (2009a)

3.1 Definição de Objetivo e Escopo

O primeiro passo na ACV é a definição do objetivo e do escopo, no qual inclui a determinação de uma unidade de referência ou unidade funcional, que expressem são todas as entradas e as saídas que estão relacionadas a esta referência. O objetivo e o escopo devem utilizar uma abordagem geral, que estabeleçam os limites do sistema. O limite do sistema é responsável por determinar quais processos unitários estão incluídos na ACV e devem refletir o objetivo do estudo. Esta etapa fornece uma descrição clara, completa e definitiva do produto ou serviço que está sendo investigado, além de permitir que os resultados subsequentes sejam interpretados corretamente. Neste estudo, adotou-se a unidade funcional de 1 kg de CDR.

3.2 Análise de Inventário

A segunda etapa da ACV é uma análise de inventário que se baseia, principalmente, na análise da cadeia de processo das entradas e saídas. Portanto, no sistema de produto são definidos os limites deste e projetados os diagramas de fluxo com processos unitários, através da coleta dos dados para cada um dos processos e averiguação das emissões que irão ocorrer. Os dados foram obtidos através de dados primários e da base de dados da Ecoinvent.

3.3 Avaliação de Impacto

Foi utilizado o método IPCC 2013 GWP 100a, um dos mais aplicados para análise de impactos ambientais, expressando o impacto em termos de quilogramas de dióxido de carbono-equivalente (kg CO₂-eq). Este método utiliza os fatores de conversão atualizados do IPCC para a quantificação das contribuições de emissões atmosféricas e caracteriza as diferentes emissões de GEE, de acordo com o seu potencial de aquecimento global em 100 anos (Tabela 1).

Tabela 1 - Potencial de aquecimento global (GWP) em relação ao CO₂

Designação industrial ou nome comum	Valores GWP para horizonte de tempo de 100 anos			
	Fórmula Química	Segundo Relatório de Avaliação (SAR)	Quarto Relatório de Avaliação (AR4)	Quinto Relatório de Avaliação (AR5)
Dióxido de Carbono	CO ₂	1	1	1
Metano	CH ₄	21	25	28
Oxido Nitroso	N ₂ O	310	298	265

Fonte: IPCC (2013)

Foi realizado na avaliação de impacto do ciclo de vida, além da categoria mudanças climáticas (GWP), os métodos (a) CML2001 (*baseline*) e (b) USEtox (*consensus only*).

Quadro 1. Categorias do sistema de avaliação do ciclo de vida

(a) CML2001 (baseline)		(b) USEtox (consensus only)	
DRA	Depleção de recursos abióticos	THc	Toxicidade humana câncer
DRA-f	Depleção recursos abióticos combustíveis fósseis	TH-nc	Toxicidade humana não câncer
GWP	Mudanças climáticas	EC	ecotoxicidade
DCO	Depleção da camada de ozônio		
EU	Eutrofização		
AC	Acidificação		
OF	Oxidação fotoquímica		

Através da gravimetria foi possível destacar os materiais não orgânicos, não recicláveis, e elegíveis para produção do combustível derivado de resíduo. Foi atribuído valores em termos de energia aos materiais contidos no CDR, que são aproveitados antes da disposição final em aterro sanitário (BARROS, 2012).

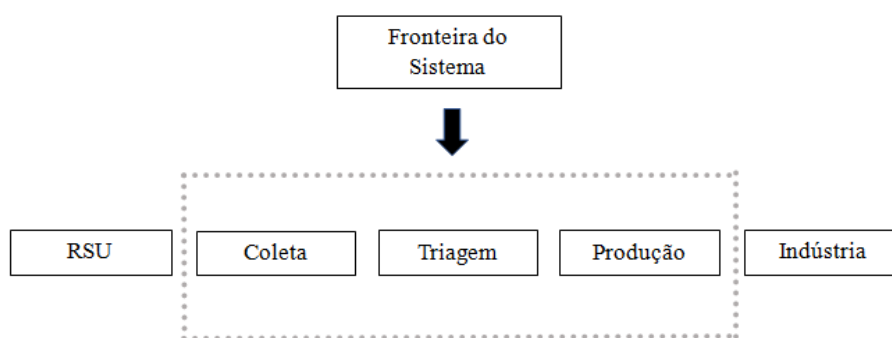
3.3 Interpretações dos Dados

Ao final, buscou-se identificar as questões significativas do estudo, bem como checar a integridade, a consistência dos resultados e definição das conclusões, com as limitações e as recomendações que surgiram durante o estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo considerou a produção de CDR contabilizado apenas da produção de RSU do Município de Paulista, em Pernambuco. A fronteira do estudo (Figura 3) abrange os processos de coleta de RSU do Município à Central de Tratamento de Resíduos (CTR PE), processo de triagem manual, automática e produção de CDR. Assim, a ACV pode ser considerada de berço ao portão, no qual será utilizada para quantificar a carga ambiental do CDR desde a coleta do RSU que entram no sistema de produção (berço) ao produto produzido pronto para comercialização (portão).

Figura 2: Fronteira do estudo



A quantidade média mensal de recebimento de resíduos e caminhões recepcionados de RSU é de aproximadamente 38.942,78 Ton.mês⁻¹. Segundo Tavares (2018), a análise gravimétrica do município apresentou um percentual de 34,96% de matéria orgânica, 21,7% de materiais com potencial reciclável e os 35,94% de materiais com potencial para recuperação energética para 35,94% (Tabela 2).

Tabela 2. Composição Gravimétrica dos RSU de Paulista-PE.

Paulista-PE	
Material	(%)
Vidro	2,94
Metal	1,11
Alumínio	0,80
Papel	3,36
Papelão	10,27
PET	3,22
Plástico mole ou Filme	10,11
Plástico Duro ou Rígido	7,76
Matéria Orgânica	34,96
Resíduos Perigosos	1,42
Outros	16,65
Rejeitos	7,41

Fonte: Tavares (2018)

Nesse estudo, as variáveis de entrada consideradas do sistema de produto foram, além da quantidade de RSU coletados diariamente, o transporte dos resíduos da unidade de transbordo até a unidade de tratamento, que correspondeu a quantidade de combustível utilizado por tonelada de resíduo, bem como a operação da unidade de transferência, contabilizada através da utilização de energia (kwh/t) e diesel (L/t). Na produção de CDR, há o consumo de água, diesel e eletricidade. As variáveis de saída são as emissões gasosas para a atmosfera. Todos estes dados representam o inventário completo do sistema em análise (Tabela 3).

Tabela 3. Inventário de Ciclo de Vida do sistema estação transbordo à estação de tratamento

Entradas		Saídas	
Coleta (Estação de Transbordo)			
Total RSD (mês)	7.400 t	CO ₂	150.651 kg
Eletricidade	4617 kwh	CO ₂	1.008,80 kg
Diesel (escavadeira hidráulica)	4500 L	CH ₄	6,37 kg
Transporte - CTR			
Total (mês)	7400 t	CO ₂	35.140,00 kg
Distância Percorrida (mês)	22.200 km	NO _x	36,52 kg
Diesel	13.500 L	MP	0,35 kg
		CO	6,11 kg
		CH ₄	1,33 kg
Operação - CTR			
Água	415,14 m ³	CO ₂	625.033 kg
Diesel	8.563,00 L	CH ₄	288.064 kg
Eletricidade	9.990,00 kWh	N ₂	1.650,2 kg

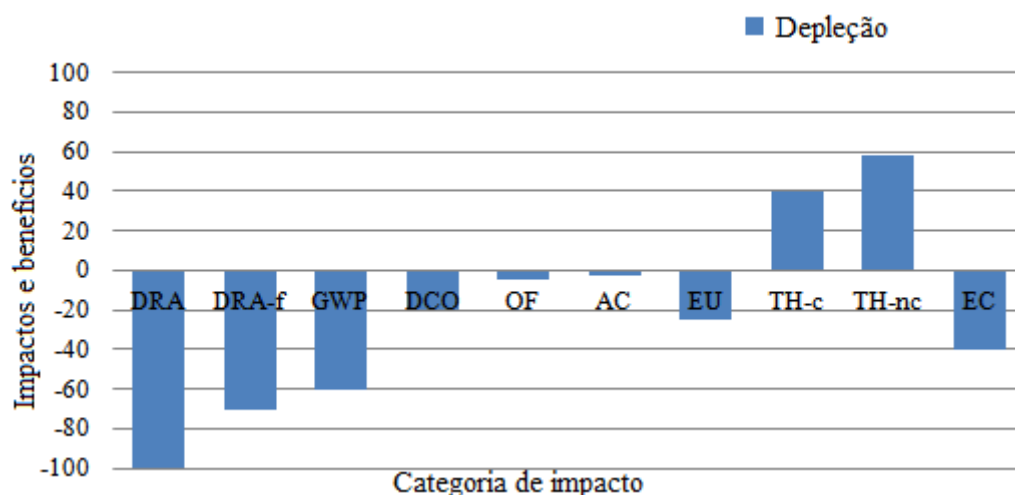
Na estação de transbordo, o consumo de energia elétrica é, em média, 4617 kWh.mês⁻¹ e representa a iluminação do galpão de transferência e do bloco administrativo e recepção dos veículos, e a contabilização da energia é geral para toda a estação de transbordo; também há utilização de uma escavadeira hidráulica, a qual consome em média 4500 L de diesel.mês⁻¹.

Para a disposição final há o transporte dos resíduos da unidade de transbordo até o CTR-PE, em que se utilizam caminhões carretas de capacidade entre 29 e 35 m³ e a distância percorrida média percorrida é de 22.200 km e o consumo de combustível é de 1,8 L/t.

É possível observar que a fase em que há maior emissão de GEE para a atmosfera é a disposição final, devido à operação do CTR. A coleta comum dos resíduos também representa uma fase de grande consumo de combustível e emissão de gases devido à queima do combustível. Também é possível observar que o consumo de diesel na coleta é mais de 6 vezes o consumo para as atividades de aterramento e compactação na operação do aterro sanitário. Já a geração do metano devido ao tratamento dos resíduos no CTR é mais representativa do que na coleta e transferência dos resíduos. Segundo Paes (2018), a etapa de operação do aterro é a mais significativa em relação às emissões de GEE para a atmosfera.

Os resultados da avaliação de impacto obtidos da fonte de dados da Ecoinvent somados as substituições dos produtos evitados conforme adaptações de Schlummer et al. (2007), indicam que os RSU não recicláveis após triagem e com valor energético e convertidos em CDR, apresentou benefícios ambientais para a maioria das categorias de impacto ambiental, com exceção das categorias de toxicidade humana (Figura 3).

Figura 2. Benefícios x impactos ambientais por categoria de impacto



Em relação ao impacto processual dos principais componentes do CDR, se destacam por apresentar os maiores benefícios na categoria DRA, DRA-f e GWP e o maior impacto negativo as categorias TH-nc e TH-c. Os benefícios estão relacionados à redução da exploração de petróleo para fabricação de resinas plásticas (virgem), principais componentes do CDR, enquanto o impacto está relacionado ao uso de energia elétrica para moagem e extrusão do plástico durante a reciclagem.

5. CONCLUSÕES

O estudo indicou que na disposição final no CTR PE houve a maior contribuição na emissão de GEE. Porém, o processo de triagem e coleta seletiva dentro CTR, bem como de tecnologias de transformação dos RSU em CDR antes da disposição final diminui as cargas ambientais sobre o aterro, evitando a emissão de GEE em algumas etapas.

O processo de produção de CDR evitou os impactos ambientais negativos na maioria das categorias avaliadas, com exceção das categorias relacionadas à toxicidade humana. Esse modelo pode ser atenuado com utilização d reciclagem, pois não utilizam a queima de alguns componentes da sua composição. Assim, o processo produtivo se destacou por apresentar os maiores benefícios na categoria DRA (depleção de recursos abióticos), DRA-f (depleção de recursos abióticos combustíveis fósseis) e GWP (mudanças climáticas) e o maior impacto na categoria TH-nc (toxicidade humana câncer) e TH-c (toxicidade humana não câncer).

Para trabalhos futuros, sugere-se a avaliação de outros aspectos além da produção do CDR, como por exemplo, o consumo do CDR nas indústrias de cimento, para verificar a

emissão de poluentes atmosféricos ou outros gases do efeito estufa, bem como a realização de estudo comparativo com o combustível derivado de petróleo.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISO 14040**: 2009 Versão Corrigida: 2014: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e Estrutura. Brasil. Rio de Janeiro. 2009a.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISO 14044**: 2009 Versão Corrigida: 2014: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e Orientações. Rio de Janeiro. 2009b.

ARAUJO, Y. R. V.; SOARES, H. C. C.; COELHO JUNIOR, L. M.; CARVALHO, M. Geração de energia dos resíduos da arborização urbana de João Pessoa: uma estratégia de mdl, In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Org). **Resíduos sólidos**: impactos ambientais e inovações tecnológicas. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 524-537.

AZEVEDO, L. D.; GERALDI, M. S.; GHISI, E. Avaliação do Ciclo de Vida de diferentes envoltórias para habitações de interesse social em Florianópolis. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 123-141, Dez. 2020.

BARROS, R. T. DE V. **Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos**. 1. ed. Belo Horizonte: Tessitura, 2012.

BENHELAL, E.; ZAHEDI, G.; SHAMSAEI, E.; BAHADORI, A. Global strategies and potentials to curb CO₂ emissions in cement industry. **Journal of Cleaner Production**, 51, 142-161. 2018.

BRASIL. **Portaria interministerial nº 274, de 30 de abril de 2019**. Disciplina a recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos referida no § 1º do art. 9º da Lei nº 12.305, de 2010 e no art. 37 do Decreto nº 7.404, de 2010. Meio Ambiente. Gabinete do Ministro. Brasília, 2019

CALDAS, L. R.; LIRA, J. S. M. M.; SPOSTO, R. M. Avaliação do Ciclo de Vida de habitações de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos e painéis pré-moldados de concreto considerando diferentes zonas bioclimáticas. **Revista Latino-americana em Avaliação do Ciclo e Vida**, Brasília, v. 1, n. 1, p.138-167, dez. 2017.

COELHO JÚNIOR, L. M.; SANTOS JÚNIOR, E. P.; CARNEIRO, P. F. G.; ARAÚJO, D. M. Concentração e conglomerados das termoelétricas de licor negro no Brasil. In: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos**: tecnologia e boas práticas de economia circular. 1a ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 355 - 365.

CLAUDINO, E. S.; TALAMINI, E. Análise do Ciclo de Vida (ACV) aplicada ao agronegócio - Uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, S.l., v. 17, n. 1, p.77-85, jan. 2013.

DRUDI, K. C. R.; DRUDI, R.; MARTINS, G.; ANTONIO, C. G.; LEITE, C. J. T. Statistical model for heating value of municipal solid waste in Brazil based on gravimetric composition. **Waste Management**, v. 87, p. 782–790, 2019.

GUEDES, F. L.; ALMEIDA, A. J. G. A.; TAVARES, C. M.; JUCÁ, J. F. T. Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida do Combustível Derivado de Resíduo Produzido em Pernambuco. In: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. (Org.). **Resíduos Sólidos: Educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 738-749.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio Contínua 2020**. IBGE, 2021.

Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/17270-pnad-continua.html?edicao=24437&t=publicacoes>>. Acesso em: 03 de mai. 2021.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Special Report on Emissions Scenarios: (Data) IPCC SRES Emissions Scenarios - Version 1.1**. 2013.

Disponível em: <http://sres.ciesin.org/data/Version1.1/table/A2_ASF/A2_ASF_World.html>. Acesso em: 03 de mai. 2021.

JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 120f. **Tese (Livre Docência)** – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

JUCÁ, J. F. T.; LIMA, J. D.; MARIANO, M. O. H.; FIRMO, A. L. B.; LIMA, D. G. A.; LUCENA, L. F. L.; FARIAS, P. R. R.; JUNIOR, F. H. C.; CARVALHO, E. H.; FERREIRA, J. A.; REICHERT, G. A. Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. **Grupo de Resíduos Sólidos**. Jaboatão dos Guararapes-PE, UFPE, 2014.

MARINHO, G. P. A.; LORENA, E. M. G.; BEZERRA, A. P. X. G.; HOLANDA, R. M. Aplicação do diagrama de Ishikawa na identificação dos resíduos sólidos na indústria cerâmica. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1a ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 166-175.

MELQUÍADES, T. F.; CARVALHO, M.; ROMMEL, Y. V. A.; COELHO JUNIOR, L. M. Pegada de carbono associada ao processo de pasteurização de sorvetes. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá (PR). V. 12, n. 2, p. 609-629, abr./jun. 2019.

MENDONÇA, R. C. A.; PEDROSA, I. V. Compras públicas sustentáveis: ferramenta de incentivo para políticas públicas de sustentabilidade. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1a ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 31-44.

MERSONI, C.; REICHERT, G. A. Comparação de cenários de tratamento de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica da Avaliação do Ciclo de Vida: o caso do município de Garibaldi, RS. Comparison of municipal solid waste treatment scenarios through the technique of Life Cycle Assessment: the case of the city of Garibaldi, RS, Brazil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22 n. 5. set/out 2017.

NASCIMENTO, D. P.; MENEZES, V. L.; CHACARTEGUI, R. CARVALHO, M.; Produção de eletricidade a partir de biogás no aterro sanitário metropolitano de João Pessoa – PB. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1a ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 221-233.

PAES, M. X. Gestão de resíduos sólidos urbanos: integração de indicadores ambientais e econômicos por meio da avaliação do ciclo de vida. 2018. 183 f. **Tese** – Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista ‘Júlio de Mesquita Júnior’, Sorocaba, 2018.

PILZ, T. L.; MACENO, M. M. C. (2020). Avaliação do ciclo de vida e construção civil: uma revisão da literatura acerca da avaliação de residências unifamiliares. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 6, n. 1, p. 49-55.

RIBEIRO, A. R. B.; SANTOS, M. V. N.; LIMA, T. L. A.; OLIVEIRA, S.A. Análise dos benefícios de uma gestão sustentável gerados com a utilização da logística reversa. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1a ed. Recife: EDUFRPE, p. 18-30. 2018.

SANTOS JÚNIOR, E. P.; SANTOS, P. R. A.; SILVA, A. L. T.; COELHO JÚNIOR, L. M. Concentração da oferta brasileira de eletricidade a partir dos resíduos animais e urbanos. In: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1a ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 341 - 354.

SARMENTO, E. B.; RODRIGUES, D. A.; TONELI, J. T. C. L.; ANTONIO, G. C. Estudo do Potencial Energético dos Resíduos Sólidos Domiciliares Brasileiros a partir da sua Composição Gravimétrica. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 9, n. esp., p. 616-630, mai. 2020.

SCHLUMMER, M.; GRUBER, L.; MAURER, A.; WOLZ, G. and ELDIK, R. (2007). Characterisation of polymer fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE) and implications for waste management. **Chemosphere**, v. 67, n. 9, p. 1866–76, abr. 2007.

SILVA, E. R., TONELI, J. T. C. L., BERECHÉ, R. P. Estimativa do potencial de recuperação energética de resíduos sólidos urbanos usando modelos matemáticos de biodigestão anaeróbia e incineração. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 2 Mar./Apr. 2019.

SILVA, J. B. S.; CRUZ, G. Potencial Energético dos Resíduos de Podas Urbanas e aproveitamento por meio da Produção de Biocombustíveis. In: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1a ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 393 - 405.

SOARES, F. R.; MIYAMARU, E. S.; MARTINS, G. Desempenho ambiental da destinação e do tratamento de resíduos sólidos urbanos com reaproveitamento energético por meio da avaliação do ciclo de vida na Central de Tratamento de Resíduos – Caieiras. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 993-1003. 2017.

STRADIOTO NETO, I. A.; DE SOUZA, N. L. S.; ROSSATO, I. F.; HENKES, J. A.; KEINE, S. Avaliação dos Métodos para Aplicação da Análise do Inventário do Ciclo de Vida na Indústria

Movleira. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 9, n. 4, p. 126-152, out/dez. 2020.

TAVARES, G. S. C. Contribuição para a sustentabilidade na gestão dos resíduos sólidos urbanos nos municípios da Região Metropolitana. 2018. 124f. **Dissertação**. Engenharia Civil - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.
Disponível em: < <https://cutt.ly/8nZ38u2>> . Acesso em: fev. 2021.

TORRES, D. D. Avaliação do Potencial de Utilização de Resíduos Hospitalares de grupo III para Produção de Combustíveis derivados de Resíduos. 84f. **Dissertação** – Universidade do Porto. Portugal, 2019.

TRENTIN A.W. S., BRAUN A. B, RODRÍGUEZ A. L, LOPES D. A. R. Estudo Da Composição Gravimétrica Dos Resíduos Sólidos Urbanos Em Santa Cruz Do Sul, Brasil. **Revista de Ciências Ambientais - RCA**, Canoas, v. 13, n. 1, 2019.

VISEDO, G.; PECCHIO, M. **ROADMAP tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050 / coordenado por Gonzalo Visedo e Marcelo Pecchio**. Rio de Janeiro: SNIC, 2019 64 p. 2019.

VITAL, A. A. B.; BORBA, J. E. M.; CARVALHO, M. Geração de energia elétrica num condomínio residencial a partir da gaseificação de biomassa. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1a ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 259-270.

DOS ORGANIZADORES (AS)

Kardelan Arteiro da Silva

Analista Ambiental – IDEMA/RN, Pesquisador e Consultor Ambiental – Gampe/UFRPE, Mestre em Engenharia Ambiental – UFRPE/PE e Engenheiro Ambiental – UFCG/PB. Atua com: Licenciamento Ambiental, Tratamento de Água e Esgoto, Gerenciamento de Resíduos Sólidos, Gestão de Projetos, Gestão de Ambientes Insulares, Geoprocessamento Ambiental e Sensoriamento Remoto, Bioindicadores da Qualidade Ambiental, Avaliação de Impacto Ambiental, Indicadores de Sustentabilidade, Reaproveitamento Hídrico e Educação para Sustentabilidade. orcid.org/0000-0001-5610-0754.

Irene Maria Silva de Almeida

Mestranda em Engenharia Agrícola pela UFRPE, pós-graduada em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Integrada de Patos (UNIFIP), graduada em Engenharia Agrícola e Ambiental pela UFRPE. Pesquisadora do Gampe/UFRPE e do Gpesa/UFRPE. Atua na área de resíduos sólidos. Fundadora da ELO Ambiental - Consultoria e Projetos, atuante na gestão ambiental aplicada à resíduos sólidos e na Engenharia de Segurança do Trabalho. Engenheira de Segurança do Trabalho e Coordenadora de SESMT em empresa de grande porte no ramo de telecomunicações e BPO.

Soraya Giovanetti El-Deir

Participa das Pós-graduações: Engenharia Ambiental da UFRPE; Engenharia Civil da UFPE; Tecnologias Ambientais do ITEP; Especialização em Gestão de Resíduos Sólidos da Universidade Católica. Pesquisadora líder do Gampe, pesquisa sobre: Gestão e Planejamento Ambientais; Educação para a Sustentabilidade; Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Revisora de 20 revistas científicas. Publicou: 35 artigos; 28 livros; 62 capítulos de livros. Organizadora do Epersol, signatária do ODS/ONU - Development Sustainable Goals da Organização das Nações Unidas. orcid.org/0000-0002-7187-7438

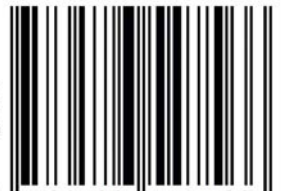


Acesse nosso site!



Editora
Universitária
da UFRPE

ISBN: 978-65-86547-56-6



9 786586 547566