

Organizador  
Rômulo Maziero



# Resíduos Sólidos

Desafios e perspectivas

Volume 2



Organizador  
Rômulo Maziero



# Resíduos Sólidos

Desafios e perspectivas

Volume 2



## **Editor Chefe**

Dr Washington Moreira Cavalcanti

## **Organizadore**

Rômulo Maziero

## **Conselho Editorial**

Dr. Lais Brito Cangussu

Dr. Rômulo Maziero

Dr Jean Canestri

Dr Paulo Henrique Nogueira da Fonseca

Msc Jorge dos Santos Mariano

Msc Daniela Aparecida de Faria

Msc Daniella Maria Penna Soares

Msc Edgard Gonçalves da Costa

## **Projeto Gráfico e Diagramação**

Departamento de arte Synapse Editora

## **Editoria de Arte**

Maria Aparecida Fernandes

## **Revisão**

Os Autores

2023 by Synapse Editora

Copyright © Synapse Editora

Copyright do Texto © 2023 Os autores

Copyright da Edição © 2023 Synapse Editora

Direitos para esta edição cedidos à

Synapse Editora pelos autores.

Todo o texto bem como seus elementos, metodologia, dados apurados e a correção são de inteira responsabilidade dos autores. Estes textos não representam de forma alusiva ou efetiva a posição oficial da Synapse Editora.

A Synapse Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Os livros editados pela Synapse Editora, por serem de acesso livre, *Open Access*, é autorizado o download da obra, bem como o seu compartilhamento, respeitando que sejam referenciados os créditos autorais. Não é permitido que a obra seja alterada de nenhuma forma ou usada para fins comerciais.

O Conselho Editorial e pareceristas convidados analisaram previamente todos os manuscritos que foram submetidos à avaliação pelos autores, tendo sido aprovados para a publicação.



Compartilhando conhecimento

**2023**

M476r Maziero, Rômulo

Resíduos Sólidos: Desafios e perspectivas - Volume 2  
Organizador Rômulo Maziero  
Belo Horizonte, MG: Synapse Editora, 2023, 218 p.

Formato: PDF  
Modo de acesso: World Wide Web.  
Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-88890-32-5  
DOI: <http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5>

1. Resíduos sólidos, 2. Engenharia ambiental, 3. Gestão de resíduos

I. Resíduos Sólidos: Desafios e perspectivas - Volume 2  
II. Organizador Rômulo Maziero

CDD: 620 - 710  
CDU: 62 - 628

**SYNAPSE EDITORA**

Belo Horizonte – Minas Gerais  
CNPJ: 20.874.438/0001-06  
Tel: + 55 31 98264-1586  
[www.editorasynapse.org](http://www.editorasynapse.org)  
[editorasynapse@gmail.com](mailto:editorasynapse@gmail.com)



Compartilhando conhecimento  
**2023**

## ***Apresentação***

Neste 2º Volume, o livro Resíduos sólidos: desafios e perspectivas apresenta novos e amplos estudos de aproveitamento de resíduos sólidos na preparação de produtos de valor agregado, com intuito de mitigar os efeitos nocivos desses subprodutos dispostos em ambientes urbanos e/ou aterros sanitários. Análises dos resíduos foram realizadas para identificar os potenciais riscos ao ambiente e ao ser humano, visto que o não tratamento prévio desses materiais ocasiona degradação ambiental, conseqüentemente esgotamento dos recursos naturais.

Uma excelente leitura a todos e todas!

***Rômulo Maziero***



Compartilhando conhecimento  
**2023**

# Sumário

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>8</b>
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE NA ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE	
Cátia Helena Damando Salomão Susana Segura Muñoz	
DOI : <a href="http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_001">http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_001</a>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>28</b>
PROPOSTA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE PARA CLÍNICA MÉDICA DE GRANDE PORTE	
Aline Ferrão Custodio Passini Alexandre Couto Rodrigues Willian Fernando de Borba Lorimar Francisco Munaretto	
DOI: <a href="http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_002">http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_002</a>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>45</b>
PESQUISA COM OS MUNICÍPIOS DO DISTRITO DE SILVEIRÓPOLIS – PR SOBRE A PRÁTICA DA LOGÍSTICA REVERSA DE LÂMPADAS FLUORESCENTES	
Grazielli Bueno Caroline Ketlin dos Santos Belchior	
DOI: <a href="http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_003">http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_003</a>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>57</b>
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SAÚDE: CONCEITOS E APLICAÇÕES	
Ana Carolina Dutra	
DOI: <a href="http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_004">http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_004</a>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>78</b>
AVALIAÇÃO DO RISCO DE TOXICIDADE AMBIENTAL DE EFLUENTES TRATADOS POR PROCESSOS DE REMOÇÃO DE PRATA, DE EFLUENTES DO SETOR RADIOGRÁFICO, E DOS PRODUTOS FORMADOS PÓS REMOÇÃO EM HOSPITAL DE GRANDE PORTE DE JOINVILLE/SC	
Matheus Duarte do Prado Luciano Henrique Pinto Vanessa Cristine Kobs Roseneide Campos Deglmann	
DOI: <a href="http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_005">http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_005</a>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>93</b>
REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE EXTRAÇÕES E APLICAÇÕES DE COMPOSTOS BIOATIVOS PROVENIENTES DE RESÍDUOS DE FRUTOS ALIMENTÍCIOS	
Jaqueline Ferreira Silva Jaqueline Gilmar Barboza Januário Bruna Mayara Roldão Ferreira Bruno Henrique Figueiredo Saqueti Carmen Torres Guedes Eloize Silva Alves	Jéssica de Souza Alves Friedrichsen Luciana Alves da Silva Marina Melliny Guimarães de Freitas Pauline Godoi Silva Angélica Marquetotti Salcedo Vieira
DOI: <a href="http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_006">http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_006</a>	

# Sumário

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>112</b>
INOVAÇÕES E NOVAS FORMAS DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE COCOS NUCÍFERA EM DIFERENTES INDÚSTRIAS - UMA REVISÃO	
Pauline Godoi Silva Alinne Karla dos Santos Gabriela Cavalca Ongaratto Thalita Faleiros Demito Santos	
DOI: <a href="http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_007">http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_007</a>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>128</b>
PANORAMA TECNOLÓGICO DA CONTAMINAÇÃO E BIORREMEDIAÇÃO POR NECROCHORUME EM SOLOS E AQUÍFEROS CEMITERIAIS	
Raysa Costa Maia Renata Gomes de Brito Mariano Roberta Dalvo Pereira da Conceição	
DOI: <a href="http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_008">http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_008</a>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>148</b>
RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE: DESAFIOS DO USO, DESCARTE E DISPOSIÇÃO FINAL NO MEIO AMBIENTE	
Simone Aquino Wagner França Aquino	
DOI: <a href="http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_009">http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_009</a>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>169</b>
O RESIDUAL DE PINUS spp. (ACÍCULAS) UTILIZADO COMO COBERTURA EM ACESSOS DE HORTA CASEIRA E PREVENÇÃO DO CRESCIMENTO DE ERVAS DANINHAS	
Solange Drews Aguiar Mengue Roger Morony Martins Moisés de Souza	
DOI: <a href="http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_010">http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_010</a>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>185</b>
AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL GERADO POR RESÍDUOS DE MEDICAMENTOS ANTINEOPLÁSICOS EM UM HOSPITAL UNIVERSITÁRIO	
Leonardo de Lima Moura Ronaldo Ferreira da Silva	
DOI : <a href="http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_011">http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_011</a>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>199</b>
OS DESAFIOS E AS POSSIBILIDADES PARA A IMPLANTAÇÃO DA COLETA SELETIVA COM A VALORIZAÇÃO DOS CATADORES E CATADORAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS NOS SEIS MUNICÍPIOS MAIS POPULOSOS DA BAHIA	
André Luís Dantas da Silva Cristiano Cassiano de Araújo	
DOI: <a href="http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_012">http://doi.org/10.36599/editpa-978-65-88890-32-5_012</a>	

# GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE NA ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE

Cátia Helena Damando Salomão  
Universidade do Estado de São Paulo - USP  
catia.damando@gmail.com

Susana Segura Muñoz  
Universidade do Estado de São Paulo - USP

## RESUMO

O aumento na geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) tem sido discutido como um problema que atinge países nas diversas etapas de desenvolvimento, trazendo até mesmo para uma questão de cidadania. Dentre esses RSU encontramos os resíduos produzidos na assistência à saúde no âmbito dos serviços de saúde (RSS) sejam eles, públicos, privados ou filantrópicos. Nesse contexto as legislações vigentes possibilitam e indicam diretrizes a serem seguidas por todos os geradores de RSS e destacam a obrigatoriedade, em sua mais recente publicação RDC nº 222/18 do Programa de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde

(PGRSS), nesse tocante através de um arcabouço de elementos necessários para a implantação e implementação do PGRSS, um dos pilares para esta conquista aos gestores tange a conscientização e mudança de comportamento das equipes de saúde, tendo como primordial treinamentos e capacitações que possam firmar os objetivos elencados por meio de metodologias construtivistas, trazendo os profissionais para o protagonismo na temática RSS.

### Palavras-chave:

Resíduo de saúde; Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde.

## ABSTRACT

*The increase in the generation of urban solid waste (MSW) has been discussed as a problem that affects countries in different stages of development, even bringing it to a citizenship issue. Among these MSW we find waste produced in health care within the scope of health services (RSS), whether public, private or philanthropic. In this context, current legislation enables and indicates guidelines to be followed by all RSS generators and highlights the obligation, in its most recent publication RDC No. 222/18 of the Health Services Waste Management Program (PGRSS), in this regard through a*

*framework of elements necessary for the implantation and implementation of the PGRSS, one of the pillars for this achievement for the managers concerns the awareness and change of behavior of the health teams, having as primordial training and qualifications that can establish the objectives listed through constructivist methodologies, bringing professionals to the forefront of RSS.*

### Keywords:

*Health waste; Waste Management Health services.*

## INTRODUÇÃO



o aumento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) tem se tornado objeto de preocupação da sociedade, quando a percepção sociopolítica, deixa de ser uma atribuição que cabe somente ao poder público e passa a ser uma questão social.

A geração de resíduos provenientes das atividades humanas é um ciclo comum existente das necessidades de sobrevivência, ou seja, praticamente tudo aquilo que consumimos produz algum tipo de resíduo. Encontramos resíduos em todo estado físico de matéria: sólido; líquido; e gasoso, em função de padrões de consumo imposto pela sociedade industrial, esses resíduos começam a ser produzidos e descartados de forma inadequada no meio ambiente e esse por sua vez não consegue absorver no mesmo ritmo que os produzimos (ABRELPE, 2014).

Podemos caracterizar os RSU como sendo aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas e os resíduos de limpeza urbana, quais sejam, os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, bem como de outros serviços de limpeza urbana. Destacamos também dentre esses resíduos alguns mais complexos, como os da construção civil, hospitalares, radioativos, agrícolas, industriais e de mineração (BRASIL, 2010).

Um dos maiores países geradores de RSU é o Brasil que apresenta mais de 210 milhões de habitantes e diversos desses resíduos tais como; materiais, substâncias e objetos descartados, não recebem o tratamento ideal e sua destinação final acabam, ainda em parte, sendo despejados a céu aberto, lançados na rede pública de esgotos ou até queimados. Esses resíduos seriam passíveis de receber tratamento com soluções economicamente viáveis, de acordo com a legislação e com tecnologias atualmente disponíveis (SZIGETHY; ANETNOR, 2021)

A geração de RSU, apresenta relação direta com a existência humana e suas atividades, considerando que o descarte desses resíduos advém diretamente do processo de aquisição e consumo de bens e produtos das mais diversas características. Antes do período pandêmico COVID 19, a geração de resíduos acontecia de maneira descentralizada nas diferentes atividades exercidas nas cidades, sendo realizadas escritórios, escolas, centros comerciais entre outros, e os resíduos sendo manejados por diferentes estruturas. Com o trabalho sendo realizado nos domicílios ao home office, as residências passaram a ser um local de grande concentração das pessoas, e conseqüentemente houve um aumento da geração de resíduos nesses locais, atendidos diretamente pelos serviços de limpeza urbana (ABRELPE, 2021).

Os dados revelam que a geração de RSU no País sofreu influência direta da pandemia COVID-19 durante o ano de 2020, tendo alcançado um total de aproximadamente 82,5 milhões de toneladas geradas, ou 225.965 toneladas diárias. Nesse sentido, cada brasileiro gerou, em média, 1,07 kg de resíduo por dia. Esse fato pode ser relacionado às novas dinâmicas sociais acarretadas pela pandemia, onde vários setores de trabalho foram transferidos tanto para domicílios como a expansão dos serviços de, atribuídos ao fechamento dos restaurantes concentrando ainda mais os domiciliares (ABRELPE, 2021).

No Brasil a taxa de geração de RSU devido ao grande território e suas diversidades econômicas, políticas e sociais, gerando média no Brasil em torno de 1,067 kilos/habitante/dia, divididos nas cinco regiões à saber: Norte (0,898), Nordeste (0,971), Centro Oeste (1,022), Sudeste (1,262), Sul (0,805). Se pensarmos que o aumento na geração dos resíduos domiciliares cresce juntamente com a quantidade de materiais dispostos para coleta junto aos serviços de limpeza urbana, em 2020 foram coletadas 76,1 milhões de toneladas, o que implica em uma cobertura de coleta de 92,2%. A região Sudeste estatisticamente apresenta a maior quantidade coletada de RSU dentre as demais regiões do país, com pouco mais de 40 milhões de toneladas por ano, logo depois as regiões Nordeste, com 16,5 milhões de toneladas e Sul, com cerca de 8,5 milhões de toneladas coletadas. Vale destacar que, conforme visto anteriormente, enquanto as regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste alcançam índice de cobertura de coleta superior à média nacional, as regiões Norte e Nordeste ainda apresentam pouco mais de 80%, o que mostra que em torno de 20% dos resíduos gerados não conseguem ter os serviços de coleta regular nos municípios localizados nessas regiões (ABRELPE, 2021).

Ao longo dos anos, a disposição incorreta e irregular, em diversas cidades brasileiras e ainda, aliadas ao alto custo de armazenagem, resultaram em volumes crescentes de RSU, que historicamente geram sérios problemas ambientais e de saúde pública contaminando solos, cursos d'água e lençóis freáticos, e sendo locais propícios para disseminação de variados vetores de doenças como dengue, leishmaniose, leptospirose e esquistossomose, entre outras. Dentre as legislações vigentes no Brasil com a finalidade de sanar as dificuldades enfrentadas com relação ao RSU destacamos a Política Nacional de Resíduos sólidos datada de 2010, em que já se destaca o uso das tecnologias necessárias, porém especialistas apontam que para o seu cumprimento existe um distanciamento entre os custos e a falta de integração e que muitos países já resolveram ou estão muito próximos a solucionar essas questões utilizando de incineradores, biodigestores para geração de energia, porém no Brasil os desafios ainda são extremamente presentes (SZIGETHY; ANTENOR, 2021).

Esse marco regulatório que prevê a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo inicialmente um prazo de quatro anos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, responsabilizando os municípios a responsabilidade pelos resíduos gerados em seus territórios. Embora o prazo inicial tenha terminado em 2014 para que os municípios se adequassem à legislação, cerca de 53% destes ainda não cumpriram a determinação na íntegra. Várias discussões nesta temática apontam para solução desta problemática a adoção de uma gestão tecnológica integrada e de um gerenciamento com vistas à sustentabilidade e oportunidades para que os resíduos sejam melhor aproveitados antes de chegarem aos aterros (JACINTO; ZOGAYBE, 2016).

Um olhar pelo panorama mundial pode ser destacado pelo relatório “*What a Waste 2.0*” do Banco Mundial, onde cerca de 2,01 bilhões de toneladas de RSU são geradas anualmente no mundo, e estima-se que em 2050 esse número alcance uma média de 3,40 bilhões de toneladas. Na tentativa de diminuir esse efeito, alguns países apostam no uso de tecnologia e inovação, considerando o tratamento como imprescindível na gestão. Um exemplo bem sucedido se destaca na Alemanha, onde em 2005 proibiu a remessa de resíduos domésticos sem tratamento e industriais para os aterros, e em 2012 promove a lei da economia circular, com ações que tiveram papel de destaque para a destinação adequada dos resíduos no País, onde em média 13% dos produtos adquiridos pela indústria utilizam matérias-primas recicladas, além de sua cadeia de gestão de resíduos empregar mais de 250 mil pessoas. A lei no Japão data de 1995, onde a coleta seletiva e reciclagem produzem garrafas de poliolefina com 100% de material reciclado, o levou à uma redução de 90% no uso de novos plásticos e 60% em emissões de dióxido de carbono. Outros exemplos devem ser citados tais como: Estocolmo (Suécia), apresenta um tipo de coleta seletiva através de sistemas de lixeiras conectadas em uma rede subterrânea, um sensor detecta quando está cheia, os resíduos num local de armazenamento depois são separados e compactados, após são separados ou compactados, depois seguem para reaproveitamento, compostagem e incineração. Na cidade de San Francisco (EUA) um programa de reciclagem e compostagem impactou positivamente por meio de incentivos com diminuição da taxa de lixo para as residências que realizam a compostagem isso fez com que houvesse uma redução de 12% nas emissões de gases de efeito estufa (JACOBI; BESEN, 2011).

Nessa arena de enfrentamentos onde a premissa da PNRS trata do manejo e gerenciamento adequado dos RSU, considerando essas normas como primordiais na tentativa de evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança adequada, nos deparamos com um questionamento acerca da disposição final como sendo uma das alternativas de destinação final ambientalmente correta e ferramenta para minimizar impactos ambientais indesejados. No Brasil, 46 milhões de toneladas seguiram para disposição final em aterros sanitários no ano de 2020, sendo que 40% desse montante ainda seguiu com destinação inadequada para lixões e aterros controlados, sendo verificados na Figura 1 (GOMES et al., 2015).

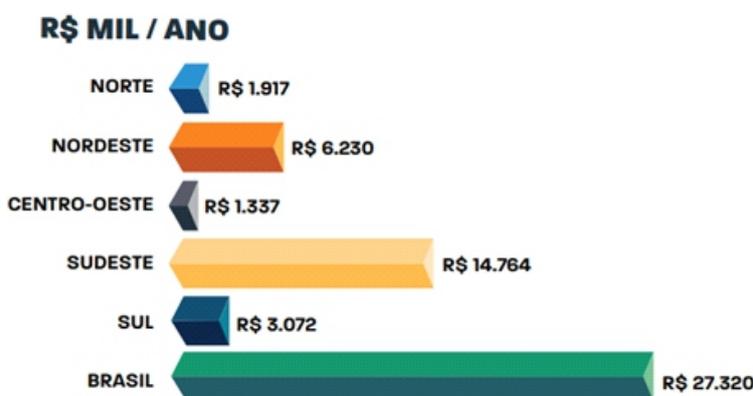
Figura 1. Número de municípios por tipo de disposição final adequada, 2021

Regiões	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Brasil
Adequada	96	511	172	862	1.061	2.702
Inadequada	354	1.283	295	806	130	2.868
<b>Total</b>	<b>450</b>	<b>1.794</b>	<b>467</b>	<b>1.668</b>	<b>1.191</b>	<b>5.570</b>

Fonte: ABRELPE, 2021

Nesse cenário a figura 2 descreve o quanto os municípios injetam recursos financeiros a fim de realizar a gestão dos RSU sendo aplicados pelos municípios na limpeza urbana e no manejo desses resíduos, incluindo a coleta, transporte, a destinação final e os serviços de varrição, capina, limpeza e manutenção de parques e jardins, limpeza de córregos, entre outros, alcançando cerca de R\$ 27,3 bilhões no ano, o que representa R\$ 10,75 por habitante/mês aplicados para custeio empregues nesses serviços (FERREIRA; BARROS, 2021).

Figura 2: Recursos aplicados nos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos no Brasil e regiões, 2021k



Fonte: ABRELPE, 2021

Ponto importante a ser discutido dentre os RSU encontram-se os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS). Há inúmeras formas de RSU, dos quais a composição varia conforme a população e seus hábitos de vida. Ainda como RSU, há o grupo dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) resíduos classificados como especiais devido às suas composições físicas, biológicas, químicas e radioativas que associadas às características de corrosividade e toxicidade, apresentam exponenciais danos à saúde e ao meio ambiente (ABRELPE, 2017).

Um breve resgate histórico acerca das normativas no Brasil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA no uso de suas competências faz várias considerações acerca: “dos princípios da prevenção, da precaução, do poluidor pagador, da correção na fonte e de integração entre os vários órgãos envolvidos para fins do licenciamento e da fiscalização; da necessidade de minimizar riscos ocupacionais nos ambientes de trabalho e proteger a saúde do trabalhador e da população em geral; da necessidade de estimular a minimização da geração de resíduos, promovendo a substituição de materiais e de processos por alternativas de menor risco, a redução na fonte e a reciclagem, dentre outras alternativas; da segregação dos resíduos, no momento e local de sua geração, permite reduzir o volume de resíduos que necessitam de manejo diferenciado; que as ações preventivas são menos onerosas do que as ações corretivas e minimizam com mais eficácia os danos causados à saúde pública e ao meio ambiente; dentre outras” (BRASIL, 2005).

Nessa perspectiva no decorrer dos anos e das normativas, os municípios e demais órgãos vem construindo novas diretrizes no intuito de chegar a uma eficácia no que diz respeito aos RSU. Desse universo podemos destacar na produção dos resíduos sólidos, um que é considerado como classe especial, ou seja, aqueles produzidos pelos serviços de saúde, também chamado de “lixo hospitalar”. Não obstante representem uma pequena parte do total de resíduos sólidos produzidos por um município/serviço de saúde, não são menos importantes, os mesmos afetam segurança dos trabalhadores e os níveis de atenção à saúde pública e a o meio ambiente (CUSSIOL et al., 2008).

Ainda como RSU, há o grupo dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) resíduos classificados como especiais devido às suas composições físicas, biológicas, químicas e radioativas que associadas às características de corrosividade e toxicidade, apresentam exponenciais danos à saúde e ao meio ambiente (ABRELPE, 2021).

A definição de RSS encontra-se destacada no artigo nº 13 da Lei Federal nº 12.305/2010, da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), aborda a definição de RSS como sendo aqueles que são gerados nas instituições que prestam serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS). Nesse caso, o gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde é pautado por um conjunto de decisões administrativas em conjunto aos órgãos responsáveis. Estes conjuntos de decisões são arquitetados e exercidos sob o alicerce de normativas jurídicas e técnico/científicos, que desvelam a diminuição dos resíduos gerados nas instituições de saúde, para que sejam enviados, de maneira eficiente, a um destino ideal, no sentido de manter a saúde ocupacional, preservando à saúde pública e o meio ambiente. A recomendação para os RSS deve ser iniciada por um Programa de Gerenciamento de RSS (PGRSS) eficaz e eficiente, com o planejamento de recursos físicos e dos recursos materiais necessários, sendo conduzido à destinação final ambientalmente correta (RIBEIRO et al., 2009).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) através da RDC nº 306/04 que dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde, serviu como outro marco legal que sustenta a relevância da temática dos RSS. Recentemente foi sancionado a RDC nº 222/18 que regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências, revogando a RDC nº 306/04. Nesta Resolução existe a aplicabilidade aos geradores de resíduos de serviços de saúde– RSS cujas atividades envolvam qualquer etapa do gerenciamento dos RSS, sejam eles públicos e privados, filantrópicos, civis ou militares, incluindo aqueles que exercem ações de ensino e pesquisa (ANVISA, 2018).

Essa mesma resolução que regulamenta boas práticas ressalta define como geradores de RSS todos os serviços cujas atividades estejam relacionadas com a atenção à saúde humana ou animal, inclusive os serviços de assistência domiciliar; laboratórios analíticos de produtos para saúde; necrotérios, funerárias e serviços onde se realizem atividades de embalsamamento (*tanatopraxia* e *somatoconservação*); serviços de medicina legal; drogarias e farmácias, inclusive as de manipulação;

estabelecimentos de ensino e pesquisa na área de saúde; centros de controle de zoonoses; distribuidores de produtos farmacêuticos, importadores, distribuidores de materiais e controles para diagnóstico in vitro; unidades móveis de atendimento à saúde; serviços de acupuntura; serviços de *piercing* e tatuagem, salões de beleza e estética, dentre outros afins.

As atividades cotidianas dos diversos serviços prestados em um estabelecimento de saúde produzem uma apreciável quantidade de resíduos, alguns com características que podem representar riscos à saúde da comunidade hospitalar e a população em geral. Autores como Ramos et al. (2011), citam que os RSS compõem parte importante do total dos resíduos sólidos urbanos, não pela quantidade gerada, mas pelo potencial risco que afeta à saúde ambiental e coletiva. Para tanto essa normativa vem de encontro na importância do gerenciamento dos RSS e da abrangência de todas as etapas de planejamento dos recursos físicos, dos recursos materiais e da capacitação dos recursos humanos envolvidos, interpondo também que todo serviço gerador deve dispor de um PGRSS, observando as regulamentações federais, estaduais, municipais ou do Distrito Federal. Nesse sentido o PGRSS deve seguir algumas etapas, como a segregação, o acondicionamento, a identificação, o transporte interno, o armazenamento temporário, o armazenamento externo, a coleta e transportes externos, a destinação, o tratamento e a disposição final (ANVISA, 2018).

Portanto um desafio instalado nos estabelecimentos de saúde na tentativa de colocar em prática o PGRSS haja visto as diferentes interfaces que perpassem a relação dos RSS e o cumprimento eficaz das normativas sendo sempre atualizado, renovado e reciclado, periodicamente (SALOMÃO, 2021).

Fazem parte da obrigação do PGRSS quanto ao gerador de RSS os seguintes itens:

- Estimar a quantidade dos RSS gerados por grupos;
- Descrever os procedimentos relacionados ao gerenciamento dos RSS quanto à geração, à segregação, ao acondicionamento, à identificação, à coleta, ao armazenamento, ao transporte, ao tratamento e à disposição final ambientalmente adequada;
- Estar em conformidade com as ações de proteção à saúde pública, do trabalhador e do meio ambiente;
- Estar em conformidade com a regulamentação sanitária e ambiental, bem como com as normas de coleta e transporte dos serviços locais de limpeza urbana;
- Quando aplicável, contemplar os procedimentos locais definidos pelo processo de logística reversa para os diversos RSS;
- Estar em conformidade com as rotinas e processos de higienização e limpeza vigentes no serviço gerador de RSS;
- Descrever as ações a serem adotadas em situações de emergência e acidentes decorrentes do gerenciamento dos RSS;
- Descrever as medidas preventivas e corretivas de controle integrado de vetores e pragas urbanas, incluindo a tecnologia utilizada e a periodicidade de sua implantação;

- Descrever os programas de capacitação desenvolvidos e implantados pelo serviço gerador abrangendo todas as unidades geradoras de RSS e o setor de limpeza e conservação;
- Apresentar documento comprobatório da capacitação e treinamento dos funcionários envolvidos na prestação de serviço de limpeza e conservação que atuam no serviço, próprios ou terceiros de todas as unidades geradoras;
- Apresentar cópia do contrato de prestação de serviços e da licença ambiental das empresas prestadoras de serviços para a destinação dos RSS; e
- Apresentar documento comprobatório de operação de venda ou de doação dos RSS destinados à recuperação, à reciclagem, à compostagem e à logística reversa.

**Parágrafo único:** Os documentos referidos nos incisos X e XII devem ser mantidos arquivados, em meio físico ou eletrônico, por no mínimo cinco anos, para fins de inspeção sanitária, a critério da autoridade sanitária competente.

Diante dessa premissa do PGRSS o mesmo deve seguir a classificação por meio dos grupos de RSS em função das características e riscos comuns. O **Grupo A** subdivididos em resíduos - Subgrupo A1, A2, A3, A4 e A5 são compostos a saber:

- *Subgrupo A1* - as culturas e os estoques de microrganismos; os resíduos de fabricação de produtos biológicos, exceto os de medicamentos hemoderivados; os meios de cultura e os instrumentais utilizados para transferência, inoculação ou mistura de culturas; e os resíduos de laboratórios de manipulação genética devem ser tratados.
- *Subgrupo A2* - Carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais submetidos a processos de experimentação com inoculação de microrganismos, bem como suas forrações, e os cadáveres de animais suspeitos de serem portadores de microrganismos de relevância epidemiológica e com risco de disseminação, que foram submetidos ou não a estudo anátomo-patológico ou confirmação diagnóstica. Devem ser submetidos a tratamento antes da disposição final.
- *Subgrupo A3* - Peças anatômicas (membros) do ser humano; produto de fecundação sem sinais vitais, com peso menor que 500 gramas ou estatura menor que 25 centímetros ou idade gestacional menor que 20 semanas, que não tenham valor científico ou legal e não tenha havido requisição pelo paciente ou seus familiares.
- *Subgrupo A4* - Kits de linhas arteriais, endovenosas e dialisadores; filtros de ar e gases aspirados de área contaminada; membrana filtrante de equipamento médico-hospitalar e de pesquisa, entre outros similares; sobras de amostras de laboratório e seus recipientes contendo fezes, urina e secreções, provenientes de pacientes que não contenham e nem sejam suspeitos de conter agentes Classe de Risco 4, e nem apresentem relevância epidemiológica e risco de disseminação, ou microrganismo causador de doença emergente

que se torne epidemiologicamente importante ou cujo mecanismo de transmissão seja desconhecido ou com suspeita de contaminação com príons; tecido adiposo proveniente de lipoaspiração, lipoescultura ou outro procedimento de cirurgia plástica que gere este tipo de resíduo; recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, que não contenham sangue ou líquidos corpóreos na forma livre; peças anatômicas (órgãos e tecidos) e outros resíduos provenientes de procedimentos cirúrgicos ou de estudos anátomo-patológicos ou de confirmação diagnóstica; carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais não submetidos a processos de experimentação com inoculação de microorganismos, bem como suas forrações; cadáveres de animais provenientes de serviços de assistência; Bolsas transfusionais vazias ou com volume residual pós transfusão.

- *Subgrupo A5* - Órgãos, tecidos, fluidos orgânicos, materiais perfurocortantes ou escarificantes e demais materiais resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, com suspeita ou certeza de contaminação com príons.

**Grupo B** - constitui os resíduos de substâncias químicas de potenciais riscos à saúde pública e ao meio ambiente. O gerenciamento dos RSS do Grupo B deve observar a periculosidade das substâncias presentes, decorrentes das características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. As características dos produtos químicos estão identificadas nas Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ), não se aplicando aos produtos farmacêuticos e cosméticos.

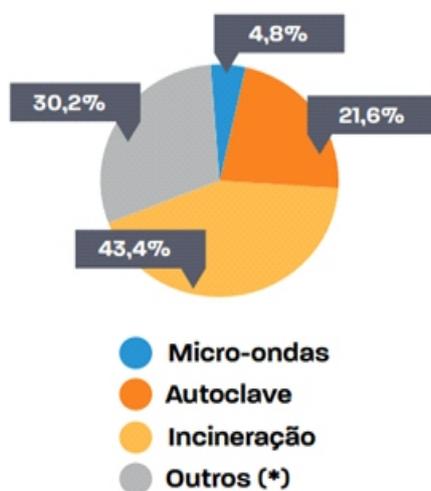
**Grupo C** - é formado por quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação específicos nas normas da Comissão Nacional de energia Nuclear – CNEN.

**Grupo D** - é baseado nos resíduos que não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde e ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares, esses resíduos quando não encaminhados para reutilização, recuperação, reciclagem, compostagem, logística reversa ou aproveitamento energético, devem ser classificados como rejeitos.

Por fim, o **Grupo E**, são compostos por materiais perfurocortantes, escarificantes ou similares devem ser descartados separadamente, no local de sua geração, imediatamente após o uso ou necessidade de descarte, em recipientes, rígidos, resistentes à punctura, ruptura e vazamento, com tampa, devidamente identificados, atendendo aos parâmetros referenciados na norma NBR 13853/97 da ABNT, sendo expressamente proibido o esvaziamento desses recipientes para o seu reaproveitamento. As agulhas descartáveis devem ser desprezadas juntamente com as seringas, quando descartáveis, sendo proibido reencapá-las ou proceder a sua retirada manualmente (CONAMA, 2005; BRASIL, 2018).

Mesmo diante do exposto acerca da importância do cumprimento de todas as etapas do manejo de RSS e de um PGRSS coeso, o panorama brasileiro permanece distante do ideal, onde a pandemia COVID 19 aumentou o número de internações hospitalares e atendimentos de saúde, cerca de 290 mil toneladas de resíduos de serviços de saúde foram coletadas nos municípios brasileiros, com um índice de coleta per capita em torno de 1,4 kg por habitante no ano. A figura 3 demonstra a destinação final destes resíduos coletados, onde cerca de 30% dos municípios brasileiros ainda destinam os resíduos sem nenhum tratamento prévio, o que contraria as normas vigentes e aumentando os riscos ocupacionais, à saúde pública e ao meio ambiente (ABRELPE, 2021).

Figura 3. Destinação final de RSS pelos municípios nas regiões (%)



Fonte: ABRELPE, 2021.

Isto posto e com esses elementos tecem as etapas do manejo compondo a essencialidade do PGRSS à saber: segregação; acondicionamento; identificação; coleta e transporte interno; armazenamento interno, temporário e externo; coleta e transportes externos e destinação. André; Takayanaghi (2019) ainda afirmam que a caracterização e classificação dos RSS são o ponto de partida para a realização de uma coleta, transporte, tratamento e disposição final mais seguros para o homem e o meio ambiente. Para efeito das definições segue:

- **Segregação:** a segregação deve acontecer no momento da geração dos RSS, seguindo a classificação baseada nos grupos em função do risco presente (BRASIL, 2018). As vantagens de praticar a segregação na origem são reduzir os riscos para a saúde e o ambiente, impedindo que os resíduos infecciosos ou especiais, que geralmente são frações pequenas, contaminem os outros resíduos gerados no hospital; diminuir gastos, já que apenas terá tratamento especial uma fração e não todos e, reciclar diretamente alguns resíduos que não requerem tratamento nem acondicionamento prévios (CORREA et al., 2019).
- **Acondicionamento:** o acondicionamento tido como, ato de embalar os resíduos segregados em sacos ou recipientes que evitem vazamentos, e quando couber, sejam resistentes às ações de punctura, ruptura e tombamento, e que sejam adequados física e quimicamente ao conteúdo acondicionado. Importante ainda respeitar os limites de peso de cada saco, assim como o limite de 2/3 (dois terços) de sua capacidade, ou então a cada 48 (quarenta e oito) horas, independentemente do volume, garantindo-se sua

integridade e fechamento. Com a finalidade de evitar os riscos aos profissionais de saúde e de limpeza fica proibido o esvaziamento ou reaproveitamento dos sacos. Quando falamos do acondicionamento dos resíduos do grupo B os mesmos devem ser constituídos de material rígido, resistente, compatível com as características do produto químico acondicionado e identificados. Os rejeitos radioativos devem ser acondicionados conforme procedimentos definidos pelo supervisor de proteção radiológica, com certificado de qualificação emitido pela CNEN, ou equivalente de acordo com normas da CNEN, na área de atuação correspondente, porém na Atenção Primária este tipo de resíduo não é gerado na maioria das Unidades de Saúde, salvo alguma exceção. Os RSS do Grupo D devem ser acondicionados de acordo com as orientações dos órgãos locais responsáveis pelo serviço de limpeza urbana. 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; ponteiros de 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. O quadro 1 faz a associação entre a simbologia e acondicionamento correto (BRASIL, 2018).

Quadro 1. Símbolos associados de acordo com cada grupo de resíduos

SÍMBOLO	GRUPO X ACONDICIONAMENTO
 Figura 1. Resíduo Infectante	<u>Grupo A - Símbolo de Substância Infectante</u> Enquadra-se neste grupo de resíduo infectante: A.1 Agentes Biológicos A.2 Sangue e Hemoderivado A.3 Cirúrgico, Anatomopatológico e Exsudato A.4 Perfurante ou Cortante A.5 Animal Contaminado A.6 Assistência ao Paciente
 Figura 2. Resíduos Químicos	<u>Grupo B - Símbolo de Risco Associado</u> Enquadra-se neste grupo de resíduos químicos: B.1 Rejeito Radioativo B.2 Resíduo Farmacêutico B.3 Resíduo Químico Perigoso B.4 Resíduo Comum
 Figura 3. Radiação Ionizante	<u>Grupo C - Símbolo de Radiação Ionizante</u> Enquadra-se neste grupo de resíduos de radiação ionizante: 1. Líquidos; 2. Sólidos; 3. Lixo radioativo biológico; 4. Gasosos; 5. Rejeitos sólidos, líquidos e gasosos; 6. Rejeitos líquidos; Rejeitos gasosos.
 Figura 4. Resíduos Comuns	<u>Grupo D - Símbolo de Resíduos Comuns</u> Enquadra-se neste grupo de resíduo comum: 1. Metal (amarelo); 2. Papel (azul); 3. Plástico (vermelho); 4. Resíduos Orgânicos (marrom); Vidro (verde).
 Figura 5. Resíduos Perfurocortantes	<u>Grupo E - Símbolo de substância infectante constante</u> Enquadra-se neste grupo de resíduos perfurocortantes: 1. As lâminas de bisturi, lancetas; 2. Micropipetas; 3. Lâminas elamínulas; 4. Espátulas; Vidros quebrados no laboratório, lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, brocas, limas endodônticas, pontas diamantadas e outros similares com potencial de perfuração ou corte.

Fonte: ANVISA, 2018

- **Identificação:** identificação dos resíduos de serviços de saúde: conjunto de medidas que permite o reconhecimento dos riscos presentes nos resíduos acondicionados, de forma clara e legível em tamanho proporcional aos sacos, coletores e seus ambientes de armazenamento, deve estar afixada em local de fácil visualização, de forma clara e legível, utilizando-se símbolos e expressões, e outras exigências relacionadas à identificação de conteúdo e à periculosidade específica de cada grupo de RSS, sendo vedado o uso de adesivos. Segue quadro 2 esclarecendo a normativa (BRASIL, 2018).

Quadro 2. Simbologia adotada para identificação de sacos e recipientes

GRUPO	SIMBOLOGIA	CARACTERÍSTICA DA FIGURA
A	<u>Símbolo de Substância Infectante</u> Resíduos com agentes biológicos (fig.1)	Com rótulos de fundo branco, desenho e contornos pretos, podendo a depender do risco apresentar uma cor de fundo vermelha
B	<u>Símbolo de Risco associado</u> Resíduos de natureza química (fig.2)	Com discriminação de substância química e frases de risco
C	<u>Símbolo de Radiação Ionizante</u> Rejeitos radioativos (fig. 3)	Rótulos de fundo amarelo e contornos pretos, acrescida a expressão REJEITO RADIOATIVO
D	<u>Símbolo de Resíduos Comuns</u> Todos que não se enquadram nos anteriores (fig.4)	Não há na NBR 7.500 características de figura, ou seja, inexistente símbolo para o grupo D, no entanto, associado a simbologia de resíduos recicláveis.
E	<u>Símbolo de substância infectante constante</u> Resíduos perfurocortantes (fig. 5)	Com rótulos de fundo branco, desenho e contornos pretos, acrescida a inscrição de RESÍDUO PERFUROCORTANTE, indicando o risco que apresenta o resíduo

Fonte: Adaptada pelo autor

- **Armazenamento externo:** guarda dos coletores de resíduos em ambiente exclusivo, com acesso facilitado para a coleta externa (BRASIL, 2018).
- **Armazenamento interno:** guarda do resíduo contendo produto químico ou rejeito radioativo na área de trabalho, em condições definidas pela legislação e normas aplicáveis a essa atividade (BRASIL, 2018).
- **Armazenamento temporário:** guarda temporária dos coletores de resíduos de serviços de saúde, em ambiente próximo aos pontos de geração, visando agilizar a coleta no interior das instalações e otimizar o deslocamento entre os pontos geradores e o ponto destinado à apresentação para coleta externa (BRASIL, 2018).
- **Coleta e transporte externos:** remoção dos resíduos de serviços de saúde do abrigo externo até a unidade de tratamento ou outra destinação, ou disposição final ambientalmente adequada, utilizando-se de técnicas que garantam a preservação das condições de acondicionamento (BRASIL, 2018).

- **Destinação final ambientalmente adequada:** destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (Suasa), entre elas a disposição final ambientalmente adequada, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2018).
- **Disposição final ambientalmente adequada:** 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 (BRASIL, 2018).

No tocante dos geradores RSS, existem uma diversidade de estabelecimentos enquadrados nas legislações, principalmente na mais atual RDC nº 222/18, e nesse sentido iremos destacar os RSS gerados na Atenção Primária à Saúde. As Unidades Básicas de Saúde (UBSs) são geradoras de materiais contaminantes, dessa forma torna-se fundamental caracterizar qualitativa e quantitativamente os RSS produzidos nas UBSs dos municípios, para dessa forma então dimensionar necessidades, desafios e prioridades pelos gestores dos serviços.

Importante entender e compreender que o sistema de saúde baseado na atenção primária à saúde, traz consigo a premissa de valores buscados pela população tais como equidade e solidariedade social, e ao direito de todo ser humano de gozar do mais alto nível de saúde sem distinções, sejam elas de razão, política, religião, social e econômica. Nesse Sistema de Saúde almeja-se um atendimento natural, eficiente e que atua nas necessidades dos cidadãos, agindo com responsabilidade dos governos, sustentabilidade, qualidade e segurança para cidadãos e trabalhadores. Nos deparamos nesse cenário com o aumento da busca pelo atendimento na APS, e esse aumento apresenta uma estreita relação com o desemprego, visto que as pessoas perdem seus convênios médicos e migram para o Sistema Único de Saúde (SUS) e com isso, uma maior demanda de RSS. Outra demanda que tem crescido são as aquisições de novas tecnologias no setor da APS. Esse tipo de Sistema de Saúde (OPAS, 2022).

A publicação de 2018 em sua versão final do relatório consta para o Brasil um horizonte de “30 anos de SUS – Que SUS para 2020”, sintetizando os conhecimentos e experiências e uma concepção de contribuição para alcançar metas para um desenvolvimento sustentável. Esse sistema tido como forte (APS forte) traduz uma APS com resultados, diminuição de custos, qualidade comparados a outros modelos (OPAS, 2022).

Ações para um desenvolvimento sustentável onde a preocupação com o desenvolvimento seja um dos caminhos para melhorar a qualidade de vida das pessoas se torna uma questão ampla e

complexa que envolvendo esferas distintas de novos pensamentos e elementos sendo eles, políticos, econômicos, éticos e ambiental e que as práticas das equipes de saúde incorporem em seus processos de cuidar a temática ecológica como um marco importante a se considerar, não restringindo suas ações apenas ao cuidado do paciente, mas sim que muitas vezes é vítima de alterações do meio ambiente (CORREA et al., 2007).

Importante salientar que o meio ambiente está diretamente ligado com o processo saúde/doença, e assim faz-se importante que as equipes de saúde assumam essa dimensão em suas rotinas de trabalho. Entretanto, não basta somente preparar o ambiente para ser saneado. De um lado, é preciso que o profissional de saúde desenvolva um pensamento ecológico crítico em relação a problemática dos resíduos gerados em serviço a fim de produzir ações modificadoras, redefinindo o sistema de gerenciamento desses resíduos, em seus respectivos processos. Para que isto aconteça é primordial o conhecimento das principais diretrizes em vigor no País conferindo informações acerca da coleta, segregação, transporte e armazenamento dos resíduos de serviços de saúde, evitando assim, uma exposição aos mesmos e sua interface no ambiente (VILELA-RIBEIRO et al., 2009).

Delimitando a questão do RSS associada aos trabalhadores, estudos destacam que a geração dos RSS e biossegurança estando diretamente relacionadas ao manuseio e o descarte inadequado de materiais perfurocortantes também é referido como principal causa de acidentes ocupacionais em profissionais de saúde (CUNHA; GOMES, 2017). Calcula-se que possivelmente a aquisição da infecção pelo vírus da imunodeficiência humana pós-exposição percutânea com material biológico contaminado seja de aproximadamente 0,3% e de 0,09% após a exposição de mucosas, 6% a 33% para hepatite B e 3% para hepatite C, dependendo do estado do paciente - fonte entre outros fatores (BRASIL, 2018). Estudos apontam, que diversos fatores estão relacionados aos riscos de acidentes com material biológico destacando o descarte de materiais infectados em locais inadequados ou superlotados, como exemplo em sacos de lixos comum e a não utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) ao realizar os procedimentos em saúde. Justificando ainda que o mapeamento e panorama sistematizado relacionado aos acidentes ocupacionais ainda permanece subnotificado, o que dificulta o delineamento e planejamento das ações em saúde (MARZIALE et al., 2014).

Estudo que analisou a percepção da equipe de enfermagem de uma unidade hospitalar a respeito dos RSS e meio ambiente, apontou como um de seus resultados relevantes, a relação dos RSS apenas com o controle de infecção, eximindo-se os fatores ambientais (SILVA; BONFADA, 2012). Outro estudo evidencia lapsos no processo de aprendizagem tanto na formação acadêmica quanto na capacitação dos profissionais de saúde, e estes lapsos impactam diretamente no manejo dos RSS desde a geração até a destinação final (MAHLER; MOURA, 2017).

A fragmentação do ensino e um “saber superficial” frente à temática dos RSS ainda no processo de formação, corrobora para a necessidade de medidas alternativas que tornem o aprendizado

significativo (CORREA et al., 2007), considerando os impactos futuros de uma ação negligente na temática dos RSS. Nessa lógica, quando o manejo dos RSS não é realizado adequadamente, partindo ainda da segregação como primordial, resulta em amplas e complexas falhas, de nada adiantará insumos tais como acondicionadores de qualidade e quantidade adequada, se não houver um processo educativo criterioso, consciente e responsável (ANDRÉ; TAKAYANAGUI, 2016).

No entanto, poucos estudos relacionam a capacitação e educação permanente dos profissionais condicionadas a minimização da geração de RSS, além da relevância social do tema, e das políticas públicas que norteiam o gerenciamento de RSS na tentativa de atingir um modelo eficaz e eficiente, estudos evidenciam que o alicerce para alcançar os objetivos do PGRSS está relacionado principalmente a não geração e minimização da geração de RSS, que poderiam ser conquistadas mediante aos investimentos em PGRSS evidenciando a importância da conscientização das equipes de saúde e sociedade quanto à responsabilidade sustentável e do papel de cada um no cuidado dos RSS. Em concordância com estudos anteriores, foi verificada também a ausência ou superficialidade de capacitação de profissionais para exercer a gestão local de RSS na atenção básica, com vistas a considerar os riscos ambientais, ocupacionais e de saúde pública (MOREIRA; GUNTER, 2016).

O emprego de metodologia inapropriada para realização da capacitação e do treinamento sobre as normas e rotinas do manejo dos RSS pode não alcançar o aprendizado desses procedimentos, visto que para atingir uma conformidade de resultados dependerá do tipo de linguagem e conteúdo ministrados tendo em vista a capacitação de diferentes categorias profissionais e níveis de responsabilidade inerentes as atividades dos colaboradores nos estabelecimentos de saúde (MORESCHI et al., 2014).

Diante do exposto, o reconhecimento desta temática está documentado na vasta literatura nacional e internacional que retratam a quantificação e manejo dos RSS, muitos destes alertam acerca dos riscos ambientais, ocupacionais e de saúde pública nos diversos estabelecimentos de saúde. Observa-se uma escassez de estudos científicos que indiquem uma diretriz relacionada as metodologias que externem a mudança da prática profissional, porque pese a sua relevância para a formação de uma consciência ambiental, inicialmente é visto pelo profissional de saúde como uma temática árida e pouco atraente, principalmente por ser uma temática pautada nas disposições de legislações em vigor, o gerenciamento não deve se restringir apenas ao cumprimento da legislação, mas sim implicar nas mudanças de condutas referentes ao manejo dos RSS. A implantação e implementação de intervenções educativas inovadoras/ativas direcionadas aos profissionais de saúde trazendo-os como protagonistas do processo ensino - aprendizagem e como corresponsáveis nesse processo, pode impactar fundamentalmente para adesão à adoção de boas práticas no que se refere ao manejo de RSS, bem como re/formar a consciência voltada à prevenção aos riscos ambientais, profissionais e de saúde pública.

De um modo geral, o PGRSS exige atenção imediata no cotidiano do profissional de saúde, perante as grandes especificidades dos serviços, a sobrecarga de jornada de trabalho com consequente

cansaço físico e mental e ao manuseio constante de resíduos infectantes, químicos e materiais perfurocortantes, nas atividades da assistência direta ao paciente (MOURA et al., 2017).

Diversificar e promover uma releitura de contextos, situações, fatos e acontecimentos relacionados a RSS, a partir de estratégias de treinamento amplas e práticas, visando que os profissionais de saúde interpretem e construam novas ações no exercício da assistência à saúde, apontam para um melhor aproveitamento e desenvolvimento de competências entre prática e aprendizagem ecológica, sustentável e livre de riscos. É necessário desenvolver, por intermédio da educação, a consciência crítica dos grupos sociais, buscando o seu comprometimento com as questões ambientais, procurando alternativas para a equação desenvolvimento versus qualidade de vida. (SALOMÃO et al., 2021).

Traçar dentro do PGRSS indicadores intervencionistas no processo de ensino aprendizagem, o uso de protocolos e procedimentos referentes ao manuseio de RSS, sendo desenvolvidos passo a passo, auxiliarão as equipes de saúde frente a um manejo mais consciente dos resíduos gerados durante a realização de procedimentos em saúde. Sabe-se que no processo de ensino-aprendizagem todas as tipologias de conteúdos são relevantes. No entanto, na área relacionada com questões ambientais e, especificamente, no que se refere ao GRSS, merecem destaque os conteúdos atitudinais, considerando a necessidade da conscientização e mudança de percepção em relação aos riscos associados às práticas inapropriadas de manuseio de RSS. A estratégia de ensino envolvendo trabalho grupal em estações de aprendizagem, propicia o desenvolvimento de atitudes e valores nos profissionais para que fomentem a promoção da saúde ocupacional e ambiental (MOREIRA; GÜNTHER, 2019).

Tal fomento também corrobora no encaminhamento para o modelo, utiliza-se de uma perspectiva processual, onde as fases de planejamento, aplicação e avaliação, devem assegurar um sentido integral às variáveis metodológicas que caracterizam as unidades de intervenção pedagógica. Também as condicionantes do contexto educativo, como as pressões sociais, a trajetória profissional dos professores, entre outras, assumem uma posição de relevância.

A busca por novos elementos na implementação do PGRSS tais como as experiências exitosas quando relacionadas ao ensino-aprendizagem que, segundo Zabala (2010), explicita que ordenar e articular as atividades são elementos marcantes nas metodologias, e que nesse repertório de atividades caracterizar o tipo de ordem que as atividades ocorrem são pilares na construção deste processo construtivista. Ressalta que dividir a prática educativa pode se tornar artificial, no sentido da interpretação dos que estão sendo treinados e até mesmo na dificuldade que pode ser desvelada no que deveria permitir o estudo conjunto de todas as variáveis incidentes nos processos educativos.

Importante considerar quais as intenções da capacitação/treinamento na definição dos conteúdos de aprendizagem e o papel das atividades que são propostas, na perspectiva de êxito final – dessa forma o impacto da diminuição dos RSS, riscos ocupacionais e ambientais. Alguns

critérios para análise das sequências dentro do conteúdo sugerido para aprendizagem, segundo mesmo autor, perpassam por determinadas dimensões que explicitam as intenções sugeridas. Certos questionamentos pareceram-nos relevantes: na sequência há atividades que nos permitam determinar os conhecimentos prévios?; Atividades cujos conteúdos sejam propostos de forma significativa e funcional?; Atividades em que possamos inferir sua adequação ao nível de desenvolvimento de cada participante?; Atividades que representem um desafio alcançável?; Provoquem um conflito cognitivo e promovam a atividade mental?; Sejam motivadoras em relação à aprendizagem dos novos conteúdos?; Estimulem a auto-estima e o auto-conceito?; Ajudem o participante a adquirir habilidades relacionadas com o aprender a aprender, sendo cada vez mais autônomo em suas aprendizagens? Em relação às questões, convém expor sua relevância para a temática RSS, salientando que o conflito mental proposto pode ser também de ordem motora – de modo integrado (ZABALA, 2010).

Mantendo nesse pensamento reflexivo diante de tudo que foi explicitado acerca desse arcabouço árido que é o tema dos RSS, sobre como realizar um PGRSS eficiente, eficaz e que traga benefícios pessoais às equipes de saúde, que as mesmas se sintam parte deste processo de construção ambiental e ética, refletimos e apontamos como sendo uma estratégia no ensino-aprendizagem o uso de diversas teorias, porém destacamos êxito neste caso como aponta a teoria vigotskiana sobre a importância da linguagem para o desenvolvimento cognitivo e social do homem, ressaltando que pelo caráter social do ser humano é que este cria a linguagem. A partir dessa relação dialética o homem é capaz de abstrair e de transmitir às gerações futuras a cultura, história e ensinamentos obtidos. Vygotsky buscou produzir uma nova abordagem teórica, ordenada em estudos complexos e abrangentes acerca do desenvolvimento humano, e como os aspectos histórico-culturais são incorporados pelos indivíduos nos processos de aprendizagem. Deste modo, vários conceitos de sua teoria são amplamente utilizados nos processos de educação. Vale ressaltar que para Vygotsky (1998, 2001, 2004) o desenvolvimento do indivíduo permeia a sua construção nas e pelas interações que estabelecidas no contexto histórico e cultural em que está inserido. A construção do conhecimento deve ser fundamentada com apoio dos processos mediados, construir capacitações e treinamentos pautados em dinâmicas científicas, principalmente quando relacionamos assuntos tal qual os RSS, sendo que os mesmos são literalmente pautados em legislações e nesse sentido, o mecanismo de técnicas educacionais construtivistas levam em consideração as emoções como sendo influenciadoras no comportamento, portanto os sentimentos dos profissionais de saúde diante do cenário do trabalho precisa ser levado em consideração no momento destas reflexões de ensino-aprendizagem (VYGOTSKY, 2001).

Ante o exposto, o homem é explorado como sendo ser histórico, social, dinâmico e sua relação com o meio modifica-o ao mesmo tempo em que modifica o próprio homem. “De acordo com o pensamento dialético, sujeito e objeto de conhecimento se relacionam de modo recíproco (um depende do outro) e se compõe pelo processo histórico-social.” (REGO, 2002).

Na perspectiva do autor, a aprendizagem de competências é sempre funcional. Assim sendo, o uso de metodologia ativa no processo de ensino-aprendizagem, bem como análise das competências, são aspectos correlatos de aprendizagem de fatos, conceitos, procedimentos e atitudes, todas trabalhadas em um contexto de complexidade de situações que possuam caráter procedimental enfatizando a importância da temática a ser estudada. Assim, para atingir os princípios de uma aprendizagem significativa que leve em consideração as variadas diversidades deve-se contemplar outras atividades que ofereçam mais informação acerca dos processos e que permitam adequar a intervenção aos acontecimentos (ZABALA, 2010).

Acreditamos que almejar a excelência em Plano de gerenciamento de Resíduos de serviços de saúde é uma discussão ampla, intervencionista e intencional, porém aponta diversos desafios a serem superados, que esbarram como visto em questões políticas, econômicas e sociais, mas que tem suas diretrizes legitimadas e diversos profissionais entusiasmados na gestão do PGRSS. Também é assinalado que a literatura relacionada aos PGRSS voltado para APS apresenta limitações, mas tem se tornado objeto de estudo em relatos de experiências bem sucedidas. Existe também uma busca para que os profissionais que compõe as equipes de saúde consigam modificar o comportamento para um olhar mais ampliado que possa contemplar uma dimensão ecológica numa perspectiva de grupo e de cidadania, de forma a promover a qualidade de vida associada à sustentabilidade e preservação (SALOMÃO, 2021).

## REFERÊNCIAS

Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS). Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/atencao-primaria-saude>. Acesso em 02 de fevereiro de 2022.

Centro de pesquisa em ciência, tecnologia e sociedade (IPEA). Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em janeiro de 2021.

Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Panorama dos resíduos sólidos do Brasil, 2017. Disponível em: [https://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama\\_abrelpe\\_2017.pdf](https://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf). Acesso em: 20 de maio 2019.

Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Panorama dos resíduos sólidos do Brasil, 2021. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2021/>. Acesso em 12 de dezembro 2021.

ANDRÉ, S. C. S.; TAKAYANAGUI, A. M. Geração de Resíduos de Serviços de Saúde em Hospitais do Município de Ribeirão Preto – SP. Eng. Sanit. Ambient, v. 21, n. 1, p. 123-130, Mar. 2016.

JACOBI, P.; BESEN G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. Estudos Avançados, v. 25, n. 71, p. 135-158, Abr. 2011.

BRASIL. Lei n. 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 providencias. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília DF, 02 de agosto de 2010.

JACINTO, A. C.; ZOGAHIB A. L. N. Política pública de resíduos sólidos: uma análise. Lei nº 12.305/201 que institui a política nacional de resíduos sólidos – PNRS, por meio dos serviços executados pela secretaria municipal de limpeza pública – SEMULSP no município de Manaus /AM. Disponível em: <http://revista.ufrb.br/index.php/adminrr/2016>. Acesso em 10 de janeiro de 2022.

GOMES, L. P.; KOHL, C. A.; SOUZA, C. L. L.; MIRANDA N. R. L. A. S.; MORAES C. A. M. Avaliação ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos precedidos ou não por unidades de compostagem. Eng Sanit Ambient, v. 20, n. 3, p. 449-462, jul/set. 2015.

FERREIRA, A. C.; BARROS, R. T. V. Panorama dos gastos públicos municipais com os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: uma análise da Região Metropolitana de Belo Horizonte (MG). Eng. Sanit. Ambient, v. 26, n. 4, p. 659-668, Jul-Aug. 2021.

CORRÊA, L. B.; LUNARDI, V. L.; DE CONTO, S. M. O processo de formação em saúde: o saber resíduos sólidos de serviços de saúde em vivências práticas. Rev. Brasileira de enfermagem (online), v. 60, n. 1, p. 21-25, Fev. 2007.

Resolução CONAMA. Lei nº 358 de 29/04/2005. Publicado no DOU em 4 de maio de 2005. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=102253>.

CUSSIOL, N. A. M.; LANGE, L. C.; FERREIRA, J. A. Os Resíduos de serviços de saúde e o seu gerenciamento. In: Couto, R.; Pedrosa, T. M. G.; Nogueira, J. M. Infecção hospitalar e outras complicações não-infecciosas da doença: epidemiologia, controle e tratamento. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2009. p. 281-318. 6. Naime R, Ramalho, A. H. P.; Naime, I. S. Avaliação do sistema de gestão dos resíduos sólidos do Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Rev Espaço Saúde, v. 9, n. 1, p. 1-17, 2008;

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 União, 3 de Agosto de 2010.

RIBEIRO, E. B. V.; COSTA, L. S. O.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; SOUSA MARIA, H. Uma abordagem normativa dos resíduos sólidos de saúde e a questão ambiental. *Rev Eletr Mestr Educ Ambient*, v. 22, jan/jul. 2009. Disponível em: <http://www.remea.furg.br/edicoes/vol22/art12v22.pdf>.

REGO, T. C. *Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da Educação*. Petrópolis: Vozes, 2002.

RIBEIRO, M. C. S.; BERTOLOZZI, M. R. Reflexões sobre a participação da enfermagem nas questões ecológicas. *Rev Esc Enferm USP*, v. 36, n.4, p. 300, 2002.

RAMOS, Y. S.; Pessoa, Y. S. R. Q.; Ramos, Y. S.; Netto, F. B. Araújo.; Pessoa C. E. Q. Vulnerabilidade no manejo dos resíduos de serviço de saúde de João Pessoa (PB, Brasil). *Ciências & Saúde Coletiva*, v. 16, n. 8, p. 3553-3560, ago. 2011.

SALOMAO, C. H. D; LEITE K. F. S.; PUGA, E. A. A.; MUÑOZ, S. S. Relato de experiência acerca de uma capacitação em resíduos de serviços de saúde na atenção primária a saúde (APS). 2021, Gramado. Anais. [...]. Gramado: 4º Congresso Sul-Americano, Conresol, 2021.

SILVA, M. I.; RODRÍGUES, B. S.; JUNIOR, P. M.; MARQUES, A. C. T. L.; POLICARPO, S. P. F. Estudo do Método de Rotação por Estações para o desenvolvimento de diferentes linguagens. 2016, Florianópolis, SC, Brasil. [...]. Florianópolis: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ), 25 a 28 de julho de 2016. Disponível em: [www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R1080-1.pdf](http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R1080-1.pdf). Acesso em: 04 abr. 2019.

VILELA-RIBEIRO, E. B.; COSTA, L. S. O.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; SOUSA, M. H. Uma abordagem normativa dos resíduos sólidos de saúde e a questão ambiental. *Rev Eletr Mestr Educ Ambient*, v. 22, jan/jul. 2009.

MAHLER, G. R.; MOURA, L. Avaliação do gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (RSS) de um hospital maternidade do Estado do rio de Janeiro. In: Congresso Ibero-Americano em Investigación Cualitativa, 6, 2017. Salamanca. Anais. Salamanca, p.37-46, 2017.

MOREIRA, A. M. M.; GÜNTHER, W. M. R. Solid waste management in primary healthcare centers: application of a facilitation tool. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*. 24:e2768, 2016.

MARZIALE, M. H. P. Santos, H. E. C.; Cenzi, C. M.; Rocha, F. L. R.; Trovó, M. E. M. Consequências da exposição ocupacional a material biológico entre trabalhadores de um hospital universitário. *Esc Anna Nery [Internet]*, v. 18, n. 1, p. 11-16, 2014.

VYGOTSKY, L. S. *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2000. *A formação social da mente*. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998. *Pensamento e linguagem*. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2004. *Psicologia pedagógica*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

# PROPOSTA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE PARA CLÍNICA MÉDICA DE GRANDE PORTE

Aline Ferrão Custodio Passini

Willian Fernando de Borba

Alexandre Couto Rodrigues

Lorimar Francisco Munaretto

## RESUMO

Um dos grandes desafios da sociedade atual tem sido compatibilizar o crescimento socioeconômico com a preservação ambiental. Neste ambiente o homem enfrenta dificuldades em desenvolver soluções eficientes e eficazes que combatam os efeitos gerados pela sua própria cultura, que herdou situações de desequilíbrio ambiental, e ao mesmo tempo proporcionar a possibilidade de evolução e de desenvolvimento econômico. Os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) estão inseridos neste contexto, e tem um papel de destaque no cenário da saúde pública, não só pelas questões relativas ao bem-estar social como também pelas ambientais. Com isso, o objetivo deste trabalho foi realizar o diagnóstico do Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde no município de Passo Fundo, tendo como base duas clínicas médicas de grande porte, e propor um Plano de Gerenciamento de

Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde. A metodologia utilizada foi do tipo descritiva e exploratória. A coleta dos dados se deu mediante a aplicação de questionário, o qual foi respondido pelos profissionais responsáveis pelo RSS nas Clínicas médicas diagnosticadas. Os dados coletados demonstraram possibilidades de melhorias frente às não conformidades e necessidades evidenciadas no gerenciamento dos RSS nos estabelecimentos de saúde. O modelo proposto constitui-se num conjunto de ações para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde visando à qualidade e eficiência dos serviços desenvolvidos pelas clínicas médicas estudadas, bem como em outros estabelecimentos de características semelhantes.

### Palavras-chave:

Gerenciamento de Resíduos, Resíduos de Saúde, Clínica Médica, PNRS.

## ABSTRACT

*One of the great challenges of today's society has been to make socioeconomic growth compatible with environmental preservation. In this environment, man faces difficulties in developing efficient and effective solutions that combat the effects generated by his own culture, which inherited situations of environmental imbalance, and that at the same time provides the possibility of prospering and developing economically. Health Services Residues (RSS) are inserted in this context and have a prominent role in the public health scenario, not only for issues related to social well-being but also for environmental ones. Thus, the objective of this work was to carry out the diagnosis of Health Services Solid Waste Management in the municipality of Passo Fundo, based on two large medical clinics, and to propose a Health Services Solid Waste Management Plan. The methodology used was of the descriptive and exploratory type. Data collection took place through*

*the application of a questionnaire, which was answered by the professionals responsible for RSS in diagnosed medical clinics. The data collected demonstrated possibilities for improvement in the face of non-conformities and needs evidenced in the management of SSN in health facilities. The proposed model consists of a set of actions for the management of waste from health services aiming at the quality and efficiency of the services developed by the studied medical clinics as well as in other establishments with similar characteristics. In addition, this model promotes environmental and social sustainability, as the actions established in the model have benefits for the institution, the environment and society.*

### Keywords:

*Solid Waste Management, Health Waste, Medical Clinic, PNRS.*

## INTRODUÇÃO



crescimento populacional promove o aumento das atividades relacionadas a prestação de serviços, gerando maior consumo de materiais e produção excessiva de resíduos, por isso constituem-se de um dos principais problemas ambientais enfrentados pela sociedade atualmente. Essa problemática se agrava com a expansão dos aglomerados urbanos, em que muitas vezes a infraestrutura de saneamento básico dos municípios não acompanha o ritmo acelerado de crescimento (POLAZ; TEIXEIRA, 2009).

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2008, relevou que 50,8% dos resíduos sólidos produzidos pelos municípios brasileiros eram destinados a vazadouros a céu aberto, popularmente chamados de lixões (IBGE, 2010a). Os lixões são locais inadequados de disposição final dos resíduos sólidos urbanos (RSU), pois, não oferecem nenhum tipo de proteção, como impermeabilização do solo, recobrimento ou drenagem de percolados. O percentual de RSU destinados a esses locais vem diminuindo no decorrer dos anos, no entanto, ainda é grande a quantidade de resíduos dispostos inadequadamente, causando problemas de contaminação do solo e dos recursos hídricos e o aumento de infecções hospitalares ocasionadas por doenças de veiculação hídrica (CUSSIOL, 2017; IBGE, 2010a).

Uma parcela da massa de RSU produzidos no Brasil anualmente, refere-se a resíduos que podem conferir periculosidade, como os resíduos de serviços de saúde (RSS), oriundos de serviços de assistência à saúde, prestados em estabelecimentos como hospitais, centros de saúde, clínicas, laboratórios, centros de pesquisa, prontos-socorros, entre outros. Apesar de ser uma pequena quantidade do total de resíduos coletados, merecem atenção quanto aos procedimentos de manejo adotados dentro e fora dos estabelecimentos, no sentido de diminuir os riscos potenciais à saúde pública e ao meio ambiente (BRASIL, 2006).

Os riscos ambientais dos RSS estão associados a aspectos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes. Os acidentes com perfuro cortantes são apontados pela literatura como um dos principais causadores de infecções nos estabelecimentos de assistência à saúde, podendo ocasionar doenças como hepatite B, hepatite C e síndrome da imunodeficiência adquirida (SIDA) pela exposição dos indivíduos a agentes biológicos (FEDRI, 2012). Para que os problemas relacionados aos riscos dos RSS sejam minimizados, uma série de ações devem ser desenvolvidas dentro dos estabelecimentos, incluindo o adequado gerenciamento desses resíduos.

O gerenciamento de RSS é regulamentado no Brasil pelas Resoluções RDC ANVISA nº 306/2004 (BRASIL, 2004), que estabelece as diretrizes para o gerenciamento de RSS e CONAMA nº 358/2005 (BRASIL, 2005a), que estabelece diretrizes para tratamento e disposição adequada de RSS. Além dessas leis, algumas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) também são aprovadas pela legislação e utilizadas no gerenciamento de RSS. A legislação aponta o gerenciamento como um importante processo que inclui ações adequadas de manejo de resíduos, contemplando suas etapas de geração, segregação, identificação, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final (CUSSIOL, 2017).

Os impactos ambientais causados pelo gerenciamento inadequado dos resíduos hospitalares podem atingir grandes proporções, desde contaminações e elevados índices de infecção hospitalar até a geração de epidemias ou mesmo endemias, devido a contaminações do lençol freático pelos diversos tipos de resíduos dos serviços de saúde (NAIME et al., 2008).

O principal objetivo deste, é o de realizar o diagnóstico do Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde (RSS) de uma clínica médica de grande porte do município de Passo Fundo, RS e propor um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde. Mais especificamente, para a realização da pesquisa, podem se citar os objetivos de: levantar dados pertinentes ao manejo, geração, segregação, classificação, transporte, coleta, tratamento e destinação final dos RSS; e analisar informações acerca do gerenciamento dos RSS na clínica médica avaliada.

O município de Passo Fundo insere-se nessa problemática, pois é o polo hospitalar da região norte do estado do Rio Grande do Sul (Brasil), contando com uma ampla rede de assistência médica e hospitalar, na qual a população é atendida por cinco Centros de Atenção Integral à Saúde (CAIS), dezesseis ambulatorios com o Programa Saúde da Família (PSF) e vinte e três ambulatorios de atendimento básico e seis hospitais. A cidade detém uma parcela importante dos leitos gaúchos, próximo a 3,2% da soma global.

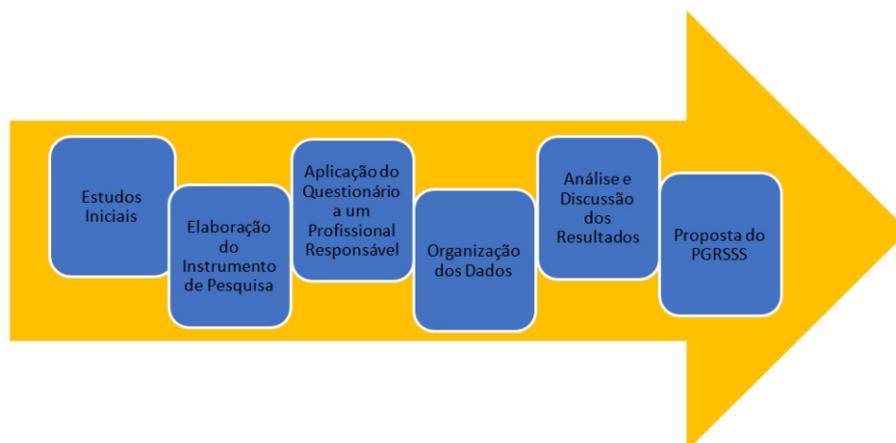
Assim sendo, demonstra-se o quanto é necessário o desenvolvimento de um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde para as clínicas médicas do município de Passo Fundo, pois é importante conhecer como estão sendo acondicionados, separados, coletados, transportados, qual o método de destinação final e tratamento desses resíduos. A presente pesquisa tem como justificativa a importância e se analisar o gerenciamento dos RSS no município de Passo Fundo – RS, para a formulação de um modelo de PGRSSS, na diminuição dos impactos que estes podem causar ao meio ambiente e à saúde pública. Justifica-se ainda, pela inexistência de estudos sobre o tema aplicado especificamente em clínicas médicas.

## METODOLOGIA

A pesquisa é caracterizada como descritiva e exploratória, pois descreve as características de uma situação que envolve variáveis, com o uso de técnicas padronizadas, como o questionário para a coleta de dados, ao mesmo tempo que recorre a pesquisas bibliográficas para fundamentação do estudo e análise de exemplos que estimulem a compreensão do fato estudado.

O procedimento metodológico utilizado compreendeu-se basicamente de levantamento bibliográfico e de entrevistas. Para a aplicação da pesquisa realizou-se o estudo em seis etapas, que representa a estrutura metodologia para o desenvolvimento das atividades da pesquisa, conforme Figura 1.

Figura 1: Processo metodológico da pesquisa.



Fonte: Autor do Trabalho, 2019.

### ***Etapa 1 – Estudos Iniciais***

A primeira etapa do procedimento metodológico constituiu na revisão de literatura sobre os assuntos pertinentes ao tema proposto por este estudo, como legislações, normas, teses, dissertações, artigos, reportagens e livros. Mediante a revisão de literatura, foram definidos os principais conceitos a serem trabalhados.

### ***Etapa 2 – Elaboração do Instrumento de Pesquisa***

Esta etapa compreendeu na elaboração de um instrumento de levantamento de dados e das variáveis utilizadas no estudo. Este instrumento se apresentou na forma de um questionário semiestruturado, com questões abertas e fechadas, elaborados a partir da pesquisa realizada nos diversos trabalhos

pesquisados, tendo como principal referência o Manual de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde da ANVISA (2006).

O questionário foi elaborado buscando o enfoque nas principais informações sobre os procedimentos que envolvem os RSS no estabelecimento de saúde, abrangendo aspectos relativos à segregação, acondicionamento, armazenamento interno e externo, transporte, tratamento e disposição final.

### ***Etapa 3 – Aplicação do Instrumento da Pesquisa***

A terceira etapa envolveu o levantamento das informações necessárias para atingir o objetivo do estudo, através da aplicação do questionário e visitas ao estabelecimento de saúde.

Nesta etapa também foi realizado o contato inicial, com o propósito de identificar quem poderia responder ao instrumento de coleta de informação (questionário). Durante o contato, por meio de visita, procurou-se explicar os objetivos da pesquisa. Neste momento, foi deixada com o responsável pelo RSS no estabelecimento, uma carta solicitando autorização para a pesquisa e o questionário. Nessa oportunidade foi solicitada ao responsável pela instituição a autorização formal para o desenvolvimento do estudo.

### ***Etapa 4 – Organização dos Dados***

A quarta etapa constitui na organização dos dados levantados na entrevista e na observação a campo.

### ***Etapa 5 – Análise e Discussão dos Resultados***

A quinta etapa compreendeu a análise e a discussão dessas informações, a fim de compreender a realidade do gerenciamento dos resíduos sólidos da clínica médica em questão.

### ***Etapa 6 – Proposta do PGRSSS***

Esta última etapa, consistiu na proposta de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde para a mesma. Elaborou-se um modelo baseado nos resultados da pesquisa, na RDC nº 306/2004 e no Manual de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde da ANVISA (2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O CONAMA define estabelecimento como sendo “qualquer edificação destinada à realização de atividades de prevenção, produção, promoção, recuperação e pesquisa na área da saúde ou que estejam a ela relacionadas” (BRASIL, 2005a). Segundo o Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES), existem 26 tipos de estabelecimentos de saúde. Dentre eles estão os hospitais, centros de saúde, unidades básicas de saúde, postos de saúde e prontos-socorros, que são as tipologias abordadas nesta pesquisa. O Quadro 1, apresenta alguns tipos de estabelecimentos e seus conceitos.

Quadro 1. Tipologia de Estabelecimentos de Saúde.

Tipo de Estabelecimento	Conceito
Posto de Saúde	Unidade destinada à prestação de assistência a uma determinada população, de forma programada ou não, por profissional de nível médio, com a presença intermitente ou não do profissional médico.
Centro de Saúde/Unidade Básica de Saúde	Unidade para realização de atendimentos de atenção básica e integral a uma população, de forma programada ou não, nas especialidades básicas, podendo oferecer assistência odontológica e de outros profissionais de nível superior. A assistência deve ser permanente e prestada por médico generalista ou especialista nestas áreas.
Hospital Geral	Hospital destinado à prestação de atendimento nas especialidades básicas, por especialistas e/ou outras especialidades médicas. Pode dispor de serviço de Urgência/Emergência.
Hospital Especializado	Hospital destinado à prestação de assistência à saúde em uma única especialidade/área. Pode dispor de serviço de Urgência/Emergência e SADT. Geralmente de referência regional, macrorregional ou estadual.
Pronto Socorro Geral	Unidade destinada à prestação de assistência a pacientes com ou sem risco de vida, cujos agravos necessitam de atendimento imediato. Podendo ter ou não internação.
Pronto Socorro Especializado	Unidade destinada à prestação de assistência em uma ou mais especialidades, a pacientes com ou sem risco de vida, cujos agravos necessitam de atendimento imediato.

Fonte: Adaptado de CNES, 2018.

O capítulo IV da Resolução RDC nº 306/2004, discorre sobre as responsabilidades dos geradores de RSS. As principais competências dos serviços geradores de RSS, segundo essa Resolução são a elaboração e implantação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) por um profissional habilitado, com apresentação de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART). Cabe destacar que além da implementação do PGRSS, este também deve ser monitorado e avaliado periodicamente e para isso deve ser designado um profissional responsável por essa questão (BRASIL, 2004).

O PGRSS deve ser disponibilizado para consulta de funcionários, pacientes, autoridades ambientais e público em geral, por isso deve ser mantida uma cópia do documento nos estabelecimentos. É dever dos geradores promover treinamentos regularmente para os colaboradores que estejam envolvidos no gerenciamento de resíduos e exigir toda a documentação necessária, incluindo licença ambiental das empresas responsáveis pelo manejo externo dos resíduos em todas as etapas, incluindo a coleta, transporte, tratamento e disposição final (BRASIL, 2004).

Clínica médica difere de consultório médico por conter no seu estabelecimento (prédio, conjunto) aparelhos de diagnósticos, de radiologia, de ecografia, de tomografia computadorizada etc. que requerem instalações próprias diferenciadas das de um simples consultório médico. A atividade ambulatorial é própria de uma clínica médica. Ainda, clínica médica difere também de estabelecimento hospitalar, que abrange as atividades de internação e de alimentação, inexistentes nas clínicas médicas.

A escolha dos estabelecimentos para o estudo deu-se pela opção com mais pontos facilitadores, como:

- Ser os principais estabelecimentos e saúde da sua especialidade do município;
- Gerar quantidade significativa de resíduos que se enquadram no interesse da pesquisa;
- Ter atendimentos de serviços variados; e
- Receptividade.

## **Caracterização da Clínica Médica**

O estudo foi desenvolvido em uma clínica médica da rede privada do município de Passo Fundo, RS. A clínica médica em estudo destaca-se como uma das mais completas clínicas de ortopedia e traumatologia da região norte do Rio Grande do Sul, sendo que atua a mais de dez anos no mercado. Com uma área construída de aproximadamente 4.600 m<sup>2</sup>, mantém um abrangente quadro de serviços como: ortopedia; fisioterapia e reabilitação; anestesiologia; clínica médica; infectologia; urologia; neurocirurgia e neurologia; cirurgia pediátrica; endoscopia; gastroenterologia; Proctologia; nutricionista; fisioterapia; análises clínicas; radiologia e emergência 24 horas.

## **Diagnóstico do Gerenciamento dos RSS na Clínica Médica**

### *Segregação, Acondicionamento e Identificação*

No Brasil, a classificação dos Resíduos Sólidos é tratada em resoluções da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). As resoluções RDC nº 306/2004 e CONAMA nº 358/2005 classificam os RSS em cinco grupos, sendo Grupo A – Biológicos, Grupo B – Químicos, Grupo C – Radioativos, Grupo D – Comuns, E – Perfuro cortantes ou Escarificantes, como mostra o Quadro 2.

Os resíduos sólidos, mais comuns, identificados no local de estudo foram: papel, papelão, plásticos, latas de refrigerantes, restos alimentares, secreções e excreções, gaze, algodão, papel toalha, lâmpadas, materiais descartáveis com fluidos orgânicos, vidros, luvas, esparadrapo, ataduras sujas de

sangue e secreções, máscaras, sondas, peças anatômicas, sangue ou hemocomponentes, equipamentos, aparelhos de barbear, jornais, revistas, ampolas vazias, e outros.

A separação dos resíduos do Grupo A e B são feitas de acordo com a NBR 12.809, ou seja, é feita no momento de sua geração. Estes resíduos são acondicionados em sacos específicos para Classe II com as identificações recomendadas e de cor branca leitosa e as lixeiras são diferenciadas para esse tipo de resíduo. Nos sacos plásticos são descritos o setor em que o resíduo em questão foi coletado, bem como a hora e o funcionário que faz o transporte dos mesmos. Para os resíduos do grupo D a separação também é feita na fonte, são acondicionados em sacos da cor preta e quase todas as lixeiras possuem identificação.

Quadro 2 – Classificação dos RSS quanto a periculosidade.

Grupo	Características	Exemplos
Grupo A	Resíduos com a possível presença de agentes biológicos, podendo assim apresentar risco de infecção. É subdividido nos grupos A1, A2, A3, A4 e A5.	Culturas e estoques de microrganismos; sobras de amostras de laboratório contendo sangue ou líquidos corpóreos; resíduos resultantes da atenção à saúde humana ou animal, com suspeita de contaminação por agentes de risco 4; carcaças, peças anatômicas e outros resíduos provenientes de animais submetidos a processos de experimentação com inoculação de microrganismos; peças anatômicas do ser humano; entre outros.
Grupo B	Resíduos que contêm substâncias químicas, que apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.	Resíduos contendo metais pesados, reagentes para laboratório; produtos hormonais e produtos antimicrobianos; efluentes de equipamentos automatizados utilizados em análises clínicas; medicamentos vencidos; demais produtos considerados perigosos conforme a NBR 10.004 da ABNT.
Grupo C	Materiais que contêm radionuclídeos em quantidade superiores aos limites especificados nas normas CNEN e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista.	Rejeitos radioativos ou contaminados por radionuclídeos, provenientes de laboratórios de análises clínicas, serviços de medicina nuclear e radioterapia.
Grupo D	Resíduos que não apresentam risco biológico, químico ou radiológico a saúde ou ao meio ambiente, semelhantes aos resíduos domiciliares.	Sobras de alimentos; resíduos de varrição e poda de árvores; resíduos de gesso provenientes de assistência à saúde; papel de uso sanitário e fraldas; resto alimentar de pacientes; resíduos provenientes de áreas administrativas como papéis e plásticos.
Grupo E	Materiais perfuro cortantes ou escarificantes.	Lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, brocas, lâminas de bisturi, tubos capilares, micropipetas, espátulas, utensílios de vidro quebrados.

Fonte: Adaptado de Brasil (2004, 2005).

De acordo com o responsável, no estabelecimento cerca de 80% dos resíduos recicláveis são separados. Os resíduos do Grupo E estão sendo separados em caixas rígidas e retirados quando completam 2/3 do limite de preenchimento como orienta a norma NBR 12.809. estes também contêm identificação do setor de origem, hora e o funcionário responsável pelo seu transporte. Os resíduos recicláveis são acondicionados em sacos transparentes, e separados no momento da geração em coletoras específicas para estes resíduos. Ainda, há outros tipos de acondicionamento, no caso de resíduos especiais (pilhas e baterias) que são armazenadas em bombonas.

### *Coleta e Transporte Interno*

A coleta interna é realizada na clínica diariamente, por funcionários. Este procedimento é realizado separadamente e em recipientes específicos para cada grupo de resíduos. O transporte é feito com veículos coletores (de material rígido, lavável e impermeável) e pelos mesmos funcionários que realizam a coleta interna.

### *Armazenamento Temporário e Externo*

No estabelecimento de saúde há um local para armazenamento temporário dos resíduos gerados, possuindo identificação e segregação por tipo de material. Assim, em determinado horário os resíduos são colocados em carros coletores e encaminhados para o armazenamento externo.

O armazenamento externo é feito num ambiente exclusivo para este uso, sendo que este se localiza no prédio em anexo ao local de externo, que pertencente ao mesmo proprietário e possui as exigências construtivas previamente determinadas pelas NBR 12.809.

É construído em alvenaria, com revestimento em cerâmica que facilita a lavagem do local, é fechado, possui a porta do abrigo cm abertura para fora, dotada de proteção inferior contra o acesso de vetores, possui símbolo de identificação dos resíduos.

### *Coleta e Transporte Externo*

A coleta e transporte externos são realizados semanalmente, para os Resíduos dos Grupos A, B e E, são feitos por uma empresa terceirizada, sendo que esta é licenciada pela FEPAM. Para os resíduos recicláveis é outra empresa que realiza a coleta também especializada, e para os do Grupo D é feita pela prefeitura.

### *Destinação Final*

A destinação final fica a cargo da empresa contratada para essa atividade, e no caso dos resíduos do Grupo D a coleta e destinação é realizada pela prefeitura municipal.

### *Educação Ambiental*

O treinamento dos funcionários é realizado por palestras de conscientização e conversas individuais para o esclarecimento de dúvidas.

## Proposta de Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde – PGRSS

O modelo teve como bases as orientações fornecidas pela ANVISA na RDC nº 306/2004, o Manual de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde da ANISA (2006), a situação diagnosticada na clínica médica e os dados da pesquisa realizada neste trabalho. Foram assim contemplados requisitos necessários para a criação de um modelo que promova a conscientização e melhorias em favor do meio ambiente.

Esse modelo poderá ser adotado, também, por outras clínicas médicas de características e porte semelhantes na elaboração e aplicação do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde, pois as ações estabelecidas no modelo proporcionam melhorias ao sistema de manejo adotado, corrigem, minimizam e previnem as não conformidades, bem como suprem suas necessidades e deficiências.

Dessa forma, pode-se dizer que o modelo proposto se constitui em um conjunto de ações para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde visando à qualidade e eficiência dos serviços desenvolvidos pelos estabelecimentos de saúde, ao mesmo tempo em que promove a sustentabilidade socioambiental.

### *Identificação do Estabelecimento*

Neste item são cadastradas informações que permitem identificar o estabelecimento. Dentre essas informações se podem citar: tipo de estabelecimento, propriedade, endereço, bairro, município, Estado, responsável legal, entre outros, ver Quadro 3.

Quadro 3. Dados gerais do Estabelecimento de Saúde.

Razão social	
Nome fantasia	
Tipo de estabelecimento	
Propriedade	Pública ( ) filantrópica ( ) privada ( ) outro ( ) _____
CNPJ	
Endereço	
Bairro	
Município	
Estado	
Fones	
Fax	
Site	
E-mail	
Horário de atendimento	24 h ( ) diurno ( ) noturno ( ) emergência ( )
Responsável legal	
Data da fundação	

Fonte: Autor do trabalho, 2018.

### *Definição da Equipe de Trabalho*

Nesta etapa, deve-se formar uma equipe de trabalho que deverá definir a operacionalização do PGRSSS e definir as responsabilidades de cada componente da equipe em cada etapa de trabalho. É necessário definir a coordenação dos trabalhos para um profissional habilitado, que tenha os conhecimentos técnicos adequados para execução e monitoramento das etapas do PGRSSS.

Dessa forma, os demais funcionários saberão exatamente a quem recorrer nas situações de dúvidas para expor suas ideias e opiniões. A ANVISA (2006) explica que é importante sempre ter em mente que o sucesso de qualquer trabalho depende muito da forma como são escolhidos os membros de uma equipe e de como estes utilizam os recursos, dividem as tarefas e normatizam sua relação interna. O coordenador deve atender às exigências da RDC nº 306/2004 da ANVISA, tais como: possuir registro junto ao conselho de classe, apresentar a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) ou Certificado de Responsabilidade Técnica ou outro documento similar, quando possível.

Os dados que devem constar neste item estão representados no Quadro 4.

Quadro 4. Dados do responsável pelo PGRSSS do Estabelecimento de Saúde.

Responsável pelo PGRSSS	
Identificação ART do responsável	
Numero do conselho de classe	
Nome dos técnicos/cargo	
Nome da empresa contratada	
Identificação ART da empresa	
Numero do conselho de classe	

Fonte: Autor do trabalho, 2018.

### *Caracterização do Estabelecimento*

Neste item são cadastrados dados referentes ao número total de funcionários, condição de funcionamento do estabelecimento, horários de funcionamento, estrutura física, entre outros. Sugere-se um modelo para cadastramento das informações referentes à caracterização do estabelecimento, conforme Quadro 5.

Quadro 5. Modelo para cadastramento das informações referentes a  
 caracterização do estabelecimento.

Número total de funcionários	Existentes: A serem contratados: Total:
Condição de funcionamento do estabelecimento	Em atividade ( ) Em implantação ( ) Em expansão ( ) Em realocização ( )
Tipos de serviços terceirizados	Manutenção ( ) Limpeza ( ) Serviços Clínicos ( ) Outros ( )
Área total construída	
Área total do terreno	
Alvará Sanitário	Nº: _____ Data da validade: _____
Licença ambiental (quando exige)	Nº: _____ Data da validade: _____
Horário de funcionamento	
Estrutura física	Tipo de construção: Número de pavimentos:
Abastecimento de água	Tipo: Concessionária ( ) Captação própria ( )
Condições urbanas do entorno	Condições de acesso: Risco de enchente: Risco de deslizamento:
Coleta de esgoto sanitário	Coleta e transporte público: Só coleta: Sem coleta: Tratamento próprio:

Fonte: Autor do trabalho, 2018.

### *Caracterização do Tipos de Resíduos Gerados*

Neste item são cadastradas as unidades do estabelecimento que geram resíduos, os quais são identificados pela sua classe e posteriormente quantificados. Também é descrito sua forma de acondicionamento, frequência da coleta e empresa de destinação final (Quadro 6).

Quadro 6. Modelo para cadastramento das informações referentes a caracterização dos resíduos sólidos gerados no estabelecimento.

Grupo	Tipo	Descrever os resíduos gerados	Quantidade (kg/dia ou l/dia)	Forma de acondicionamento	Frequência de Coleta	Empresa de coleta e Local de destinação final
A	Infectante ou Biológico					
B	Resíduo Químico					
C	Resíduo Radioativo					
D	Resíduo Comum					
E	Materiais Perfurocortantes					

Fonte: Autor do trabalho, 2018.

### *Segregação*

De acordo com o que preceitua a RDC nº 306/2004 da ANVISA, a segregação dos resíduos de serviços de saúde gerados na clínica médica deverá ser realizada no momento e no local de sua geração, de acordo com as características físicas, químicas, biológicas apresentadas. Por isso, é importante que sejam colocadas orientações claras, em pontos estratégicos de acondicionamento, sobre o tipo de resíduo a ser descartado em cada recipiente que se encontrar disponível no local.

### *Identificação e Acondicionamento*

A etapa de acondicionamento é realizada após a segregação, onde os resíduos são dispostos em sacos ou recipientes resistentes, a fim de se evitar acidentes ou vazamentos. Os materiais utilizados para o acondicionamento devem comportar a quantidade de cada tipo de resíduo gerado diariamente. Para que seja realizado o acondicionamento de maneira correta, devem ser observadas as especificações da ABNT, contidas na norma NBR 9.191/2000 (ABNT, 2000b). Segundo essa norma, os sacos plásticos para acondicionamento de resíduos são classificados em duas classes, classe I para acondicionamento

de resíduos domiciliares, que podem ser de qualquer cor, exceto branca; e classe II para acondicionamento de resíduos infectantes, somente em cor branca leitosa (Figura 2). Já os resíduos perfurocortantes devem ser acondicionados em recipientes providos de tampa e de material que resista a ruptura e punctura, geralmente caixas de papelão padronizadas (ABNT, 1997).

Figura 2 – Recipientes para acondicionamento de RSS



Fonte: Web-Resol (2017).

O armazenamento é a guarda dos RSS já acondicionados em recipientes adequados em local específico dentro do estabelecimento gerador, preferencialmente próximo ao ponto de geração e ao local de armazenamento externo, afim facilitar o transporte e evitar acidentes. Os locais de armazenamento temporário não são obrigatórios para casos em que o ponto de geração seja próximo ao local de armazenamento externo. Para o armazenamento externo, destina-se um local apropriado de guarda de RSS até a realização da coleta externa, local que deve ser construído de maneira que facilite a entrada dos veículos coletores (BRASIL, 2006).

Os resíduos químicos devem ser armazenados atendendo as recomendações da NBR 12.235/1992 (ABNT, 1992) e os resíduos radioativos devem seguir recomendações da norma CNEN NE 6.05/1985 (BRASIL, 1985).

### *Destinação Final dos RSS*

Segundo a ABRELPE, os tipos de destinação final de RSS mais adotados pelos municípios no Brasil são incineração em primeiro lugar, com 50, 2% e autoclave em segundo, com 22,3%. O tratamento com micro-ondas corresponde a 1,8 %, e destinações inadequadas como disposição sem tratamento prévio em aterros, valas sépticas e lixões, somam 25,7% dos RSS coletados pelos municípios. Na região Sul do país, que compreende os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, a destinação

final mais utilizada é autoclave, representando 52% dos RSS coletados, seguida de incineração, com um percentual de 43,6% (ABRELPE, 2016).

No Brasil, o tratamento e disposição final dos RSS é regulamentado pela Resolução CONAMA nº 358/2005 (BRASIL, 2005a).

### *Monitoramento do PGRSS*

O Monitoramento do Plano visa a: acompanhar o desempenho do sistema implantado a fim de assegurar a melhoria contínua do processo e verificar as oportunidades de melhorias com base nos resultados obtidos, através da verificação realizada, em busca dos resultados objetivados.

## **CONCLUSÕES**

A partir dos resultados obtidos foi possível realizar uma análise dos processos de manejo interno e externo e identificar as principais inconformidades e carências dos estabelecimentos. Ficou evidente a importância de melhorias nesses locais para garantir a saúde e segurança do trabalhador, bem como a proteção do meio ambiente.

O modelo de PGRSS proposto constitui-se num conjunto de ações para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde visando à qualidade e eficiência dos serviços desenvolvidos pela clínica médica estudada bem como em outros estabelecimentos de características semelhantes. Além disso, esse modelo promove a sustentabilidade ambiental-social, pois as ações estabelecidas no modelo repercutem em benefícios para a instituição, para o meio ambiente e para a sociedade.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016, São Paulo, 2016. Disponível em: <[http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_apresentacao.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm)>. Acesso em: 20 ago. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC nº. 33, de 25 de fevereiro de 2003. Dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Diário Oficial [da] União, Poder Executivo, Brasília, DF, 5 abr. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: Resíduos sólidos: Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 77 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.235: Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

BRASIL. Fundação Estadual de Meio Ambiente. Manual de Gerenciamento de Resíduos de Saúde. Belo Horizonte: 2008. Disponível em: <[http://www.feam.br/images/stories/2015/RSS/manual%20de%20gerenciamento%20de%20rss\\_feam.pdf](http://www.feam.br/images/stories/2015/RSS/manual%20de%20gerenciamento%20de%20rss_feam.pdf)>. Acesso em: 28 jul. 2017.

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Resolução CNEN-NE 6.05. Gerência de rejeitos radioativos em instalações radioativas. Diário Oficial da União. Brasília, 1985. Disponível em: <<http://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=MTkzNQ%2C%2C>>. Acesso em: 24 out. 2017.

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. Diário Oficial da União. Brasília, 2004. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0306\\_07\\_12\\_2004.pdf/95eac678-d441-4033-a5ab-f0276d56aaa6](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0306_07_12_2004.pdf/95eac678-d441-4033-a5ab-f0276d56aaa6)>. Acesso em: 22 jul. 2017.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos de saúde. Diário Oficial da União. Brasília, 2002. Disponível em: <[http://www.aeap.org.br/doc/resolucao\\_rdc\\_50\\_de\\_21\\_de\\_fevereiro\\_de\\_2002\\_2.pdf](http://www.aeap.org.br/doc/resolucao_rdc_50_de_21_de_fevereiro_de_2002_2.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2017.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 12.305, de 12 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. Brasília, DF. 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 05 set. 2017.

CUSSIOL, N.A.M. Disposição Final de resíduos potencialmente infectantes de serviços de saúde em célula especial e por co-disposição com resíduos sólidos urbanos. 2005. 334 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental e Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <[http://www.web-resol.org/textos/TeseDoutorado\\_Noil-UFMG.pdf](http://www.web-resol.org/textos/TeseDoutorado_Noil-UFMG.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2017.

FEDRI, F. M. Diagnóstico dos resíduos de serviço de saúde gerados em cinco unidades básicas de saúde de Campo Mourão/PR e propostas para gerenciamento conforme a legislação vigente. 2012. 67 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estatísticas da saúde. Assistência Médico Sanitária 2009. Rio de Janeiro, 2010b. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/saude/9067-pesquisa-de-assistencia-medico-sanitaria.html>>. Acesso em: 14 nov. 2017.

NAIME, R.; SARTOR, I.; GARCIA, A. C. Uma abordagem sobre a gestão de resíduos de serviços de saúde. Revista Espaço para a Saúde, Londrina, v. 5, n. 2, p. 17-27, 2001. Disponível em: <<http://web-resol.org/textos/artigo2.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2017.

POLAZ, C. N. M.; TEIXEIRA, B. A. N. Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP). Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 411-420, 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522009000300015](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522009000300015)> Acesso em: 20 out. 2017.

# PESQUISA COM OS MUNICÍPES DO DISTRITO DE SILVEIRÓPOLIS – PR SOBRE A PRÁTICA DA LOGÍSTICA REVERSA DE LÂMPADAS FLUORESCENTES

Grazielli Bueno  
Instituto Federal do Paraná  
grazielli.bueno@ifpr.edu.br

Caroline Ketlin dos Santos Belchior  
Instituto Federal do Paraná

## RESUMO

Tendo em vista o cuidado que vem acontecendo quanto à preservação de recursos naturais, e destacando o crescimento populacional como uma das fontes que geram resíduos, o descarte inadequado de materiais sólidos se torna um problema para a sociedade. O presente estudo apresenta uma pesquisa realizada no distrito de Silveirópolis, localizado na região Oeste do Paraná, sobre a logística reversa de lâmpadas fluorescentes, que chegaram ao fim de sua vida útil. Para isso, aborda aspectos como os elementos que constituem a lâmpada, o significado de resíduos sólidos, a importância da logística reversa e os

danos que o descarte incorreto pode causar à comunidade e ao meio ambiente. Desta forma, foi possível observar que os munícipes não têm conhecimento sobre o tema estudado, neste sentido, foram encontradas falhas acerca do descarte. Mediante as informações repassadas durante a entrevista, almeja-se que os moradores iniciem a prática da logística reversa.

### Palavras-chave:

Descarte de lâmpadas, Logística Reversa, Resíduos sólidos.

## ABSTRACT

*In view of the care that has been taking place regarding the preservation of natural resources, and highlighting population growth as one of the sources that generate waste, the inappropriate disposal of solid materials becomes a problem for society. The present study presents a research carried out in the district of Silveirópolis, located in the western region of Paraná, on the reverse logistics of fluorescent lamps, which have reached the end of their useful life. For this, it addresses aspects such as the elements that make up the lamp, the meaning of solid waste, the importance of reverse logistics and the damage that incorrect*

*disposal can cause to the community and the environment. In this way, it was possible to observe that the citizens do not have knowledge about the subject studied, in this sense, failures were found regarding the disposal. Based on the information passed on during the interview, the aim is for residents to start the practice of reverse logistics.*

### Keywords:

*Disposal of light bulbs, Reverse Logistics, Solid waste.*

## INTRODUÇÃO



Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, produzido pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública (ABRELPE, 2021), durante o ano de 2020 foram gerados aproximadamente 82,5 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU). Todavia, apenas 60% receberam a destinação final adequada, demonstrando que 40% desses resíduos foram destinados para áreas de disposição inadequadas, que inclui lixões e aterros controlados que ainda se encontram em operação. ).

Ainda, de acordo com a ABRELPE (2021) cada brasileiro produziu cerca de 1,07 quilos de resíduos por dia, em 2020. Dessa quantidade, o Ministério Público do Estado do Paraná (MPPR, 2013) descreve que 52,5% corresponde a matéria orgânica; 24,5 %, papel e papelão; 2,9 %, plástico; 2,3 %, metal; 1,6 %, vidro; e 16,2 % são rejeitos.

Regionalmente, a geração de RSU no Sul do país é de cerca 8,9 milhões de toneladas por ano (ABRELPE, 2021), dos quais, o Conselho de Ambiente do município de Assis Chateaubriand, localizado no Oeste do Estado do Paraná, relata que houve uma produção de cerca de 570 toneladas de resíduos sólidos por mês (MUNICÍPIO DE ASSIS CHATEAUBRIAND, 2018). Ainda, sabe-se que umas parcelas dos materiais descartados poderiam ser recicladas, no entanto isso não vem acontecendo, uma vez que o aterro sanitário apresenta uma superlotação de rejeitos variados.

Além disso, no que diz respeito à coleta de lixo no distrito de Silveirópolis, realizada pela Prefeitura Municipal de Assis Chateaubriand, os moradores receberam sacos plásticos, para procederem o descarte de lixo reciclável, com imagens que demonstram quais materiais devem ser separados de forma correta. Entretanto, a prefeitura não realizou campanha informando os munícipes como proceder com os demais resíduos, como óleo de cozinha, lâmpadas fluorescentes, entre outros materiais que não podem ser descartados em lixo comum ou, por sua vez, reciclável.

Contudo, a logística reversa é uma ferramenta que possibilita o reaproveitamento de matérias e embalagens sem vida útil para o meio de produção. Ao se tornarem obsoletos e não poderem ser mais reutilizados, esses devem receber a destinação final adequada.

Ainda, a logística reversa busca atender os pilares da sustentabilidade no meio social, ambiental e econômico. E, de acordo com o Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022, a logística reversa consiste em:

*Art 13. A logística reversa é o instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado pelo 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.*

Ademais, estudos que levam em consideração os problemas relativos ao descarte correto de lâmpadas fluorescentes, se suas partes podem ser usadas como matéria prima para que possam ser fabricados outros produtos, beneficiando, assim, o meio econômico com um dos segmentos da logística reversa. Ainda, apresentando para os municípios uma alternativa quanto ao uso da lâmpada *Light Emitting Diode* (LED), que Bueno et al. (2021) argumentam que pode ser descartada em lixo reciclável e possibilita a redução do consumo de energia elétrica.

Nesse sentido, considera-se relevante a pesquisa para fomentar o descarte de lâmpadas fluorescente de forma correta no distrito de Silveirópolis - PR, por meio de orientação aos moradores quanto aos impactos que ocorrem ao se descartar incorretamente uma lâmpada, implementar e informar os habitantes sobre a existência da logística reversa e a importância de ser colocada em prática.

## **OBJETIVOS**

A pesquisa possibilita que se tenha contribuições para o meio social, econômico e ambiental, levando a logística reversa de lâmpadas fluorescentes como prática a ser adotada no distrito de Silveirópolis, pertencente ao Município de Assis Chateaubriand, localizado no Oeste do estado do Paraná.

### **Objetivos Geral**

O presente trabalho tem como seu principal objetivo informar e conscientizar os municípios de Silveirópolis - PR quanto à realização do descarte correto de lâmpadas fluorescentes e a implantação da logística reversa.

### **Objetivos específicos**

- Coletar dados por meio de questionários para analisar como a população realiza o descarte das lâmpadas fluorescentes;
- Esclarecer para os municípios os impactos que o descarte incorreto traz para os seres vivos e o meio ambiente;
- Orientar a comunidade a fazer o descarte correto, norteados para a logística reversa;
- Analisar os dados coletados e verificar os pontos de coleta existentes no distrito.

## REVISÃO LITERÁRIA

Nas últimas décadas, o aumento de resíduos sólidos vem crescendo de forma significativa, isso ocorre devido ao crescimento do consumo de variados produtos pela população mundial. Ao adquirir diferentes produtos, existe o material sólido da embalagem, no qual se torna um problema se descartados de forma inapropriada. Dessa maneira, há uma preocupação quanto à quantidade de resíduos que acabam colapsando depósitos de lixo e os mares do planeta, sendo que no mundo são produzidas anualmente cerca de 300 milhões de toneladas de lixo plástico, e somente 9% desse total foi reciclado (GULARTE, 2019).

No Brasil, ao atentar-se sobre resíduos sólidos urbanos, Bocchini (2020) descreve que o descarte inadequado cresceu 16% na última década, passando de 25,3 milhões de toneladas por ano em 2010 para 29,4 milhões de toneladas por ano em 2019.

Ademais, segundo ABRELPE, a destinação imprópria de resíduos prejudica diretamente a saúde da população brasileira, e gera custos ambientais e para o sistema de saúde de cerca de US\$ 1 bilhão de dólares por ano (BOCCHINI, 2020).

Como o Brasil é um dos maiores produtores de resíduos sólidos no mundo, a logística reversa vem como um mecanismo de suma importância para o País, fazendo com que haja o retorno de resíduos para as empresas que o fabricam, para que ocorra a reutilização de materiais ou seu descarte correto. Com isso, criam-se métodos sustentáveis, com redução de resíduos e da poluição do meio ambiente.

## LOGÍSTICA REVERSA

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pela Lei 12.305, de 02 de outubro de 2010, a logística reversa pode ser definida como mecanismo de melhoria quanto ao desenvolvimento no meio social, ambiental e econômico determinado por um conjunto de operações, métodos e recursos destinados ao proporcionar a coleta e restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, assim obtendo um modo adequado para destinar dos dejetos (OLIVEIRA et al., 2020).

Dessa forma, é admissível dizer que a logística reversa refere-se ao produto que chegou ao fim de sua vida útil, e volta para o meio de produção para ser utilizado como matéria-prima para produzir um novo produto, ou quando esse produto obsoleto se torna inviável para retornar para reciclagem e recebe o descarte correto, com isso promovendo a redução de impactos ambientais e descarte dos resíduos sólidos no planeta.

Assim, os fabricantes têm a função de recolher os resíduos gerados pelos produtos vendidos, não sendo, portanto, atribuição do cliente, conforme estabelece o Art. 3 do Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022:

*Art. 3º Os fabricantes, os importadores, os distribuidores, os comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos são responsáveis pelo ciclo de vida dos produtos.*

Todavia, é de suma importância que o cidadão entenda o porquê de estar reciclando o resíduo sólido e esteja ciente dos pontos de coletas existentes na cidade em que reside para que possa realizar o descarte correto e, assim, o fabricante pode dar o destino final adequado.

A logística reversa de lâmpadas no Brasil ainda é falha, tendo apenas algumas campanhas e alguns pontos de coletas, que normalmente são feitos pela prefeitura ou por uma empresa particular. No entanto, apenas as cidades maiores têm pontos de coletas fixos, e ainda esses pontos ficam localizados no centro da cidade, comumente afastados das residências. Nas cidades pequenas, esse processo é ainda mais tardio, uma vez que na maioria das vezes há um único ponto de coleta.

## RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos sólidos vêm cada vez mais aumentando no Brasil, pelo fato de que a tecnologia está sempre inovando, a mídia leva a população a adquirir produtos de última geração, e assim descartando os que não têm mais utilidade, o que gera um número significativo de lixo.

*Para o PNRS em seu art. 3º inciso XVI conceitua resíduos sólidos da seguinte forma: Resíduos sólidos: 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 técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (CASA CIVIL, 2010).*

Podem ser encontrados no Brasil vários resíduos - como plástico, alumínio, papelão, papéis em geral, vidro, metal, entre outros - que deveriam ser reciclados, ou ter a logística reversa implantada pelas empresas, prefeituras, associações e afins. Com a reciclagem de lixos recicláveis, há possibilidade de que sejam gerados empregos e renda para milhares de famílias e, como consequência, reduzir a poluição ao ecossistema.

## LÂMPADAS FLUORESCENTES

Segundo Cestari e Martins (2016), são gerados em média 206 milhões de unidades de resíduos de lâmpadas fluorescentes por ano no Brasil. Sendo que apenas 6% das lâmpadas são descartadas corretamente, embora o número de reciclagem de alumínio e plástico vem crescendo nos últimos anos.

Devido às lâmpadas fluorescentes terem mercúrio em sua composição, este elemento, ao ser descartado em local inadequado, causa consequências para o meio ambiente e os seres vivos, uma vez que o mercúrio pode contaminar o solo e a água. Além disso, as pessoas podem se ferir em suas residências após a sua quebra e podem se contaminar com o mercúrio e/ou ter cortes devido ao vidro.

Ainda, Pawlowski (2011) descreve que o mercúrio significa uma ameaça para o ecossistema, por ser bioacumulativo e conter uma substância tóxica - classificada com o código F044 do anexo A da Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR) 10004/2004 como resíduos sólidos perigosos -, isso ocorre por não se decompor e se manter na natureza. Desse modo, o descarte de maneira imprópria possibilita que tenha prejuízo ao meio ambiente.

Durão Júnior e Windmöller (2008) relatam que os materiais de reaproveitamento da lâmpada fluorescente são definidos em pó de fósforo contendo mercúrio, vidro, isolamento baquelítico e terminais de alumínio com seus consistentes de ferro metálicos.

Ainda, as lâmpadas fluorescentes podem ser recicladas e/ou usadas como matéria-prima, todavia deve-se tomar cuidado na reciclagem do vidro proveniente desse resíduo, uma vez que apresenta mercúrio, o qual é extraído a temperaturas altas (DURÃO JÚNIOR, WINDMÖLLER, 2008).

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho foi elaborado por meio de pesquisa descritiva, com levantamento de campo, obtendo dados predominantemente qualitativos. Realizada no distrito de Silveirópolis – PR.

O estudo de campo foi realizado no Distrito de Silverópolis/PR, situado a Oeste do Estado do Paraná. Segundo dados censitários do IBGE no ano de 2020 a população era de 33.306 habitantes na cidade de Assis Chateaubriand, do qual o patrimônio faz parte, contando com a existência de 175 casas.

Para a coleta de dados foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os munícipes, realizada durante os meses de setembro a novembro do ano de 2021. Os entrevistados responderam oito, das quais tinham perguntas fechadas e abertas (Apêndice A) referente ao tema estudado. Foi explicado o objetivo da entrevista, e a livre iniciativa em participar, bem como assegurado o anonimato dos entrevistados.

Para a análise dos dados, verificou-se os pontos de entrega de lâmpadas, para que assim pudesse iniciar o primeiro passo quanto à logística reversa no distrito. Além disso, verificar o conhecimento dos munícipes quanto ao tema estudado, e sanando suas dúvidas durante as entrevistas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da pesquisa de campo realizada no distrito, aplicou-se um questionário contendo oito perguntas. No distrito existem 175 casas, sendo que 81,71% responderam o questionário (143 residências), munícipes que não quiseram responder são 10,29% - principalmente os idosos -, e 8% das casas estavam vazias.

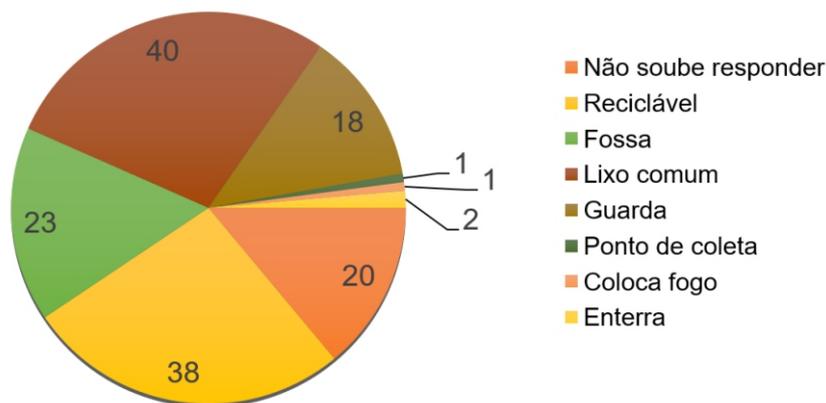
Analisando quanto ao questionamento de fazerem uso das lâmpadas fluorescentes em suas moradias, obteve-se o resultado de 97,20%, do total de 143 moradias, confirmando utilizar, e 2,8% que não, justificando ter feito a troca para lâmpada de *Light Emitting Diode* (LED), por serem mais econômicas.

Quanto ao conhecimento de pontos de coleta e sua localidade, 99,30% relataram que desconhecem qualquer local de coleta, e apenas uma pessoa faz o descarte correto, tendo consciência e conhecimento quanto à logística reversa, levando até uma loja localizada no distrito.

A Figura 1 mostra o resultado obtido relativo ao local onde os munícipes descartam suas lâmpadas. Fica evidente que o descarte em lixo comum (27,97%) e reciclável (26,57%) se destacam. Contudo, 16,08% jogam dentro da fossa, 1,39% enterram e 0,69% colocam fogo, sendo atitudes incorretas e que podem causar riscos para a saúde do indivíduo, além de danos ao meio ambiente, relatando ser o único meio que têm para se “livrar” desse resíduo. Além disso, 12,58% guardam, por não ter conhecimento quanto a um local de entrega. Neste contexto, constatou-se que a prática de realizar o descarte correto ainda não é eficiente.

Neste contexto, constatou-se que a prática de realizar o descarte correto ainda não é eficiente. Assim, por meio da implantação da logística reversa, por meio de leis e decretos vigentes, sobre um resíduo sólido, no caso, as lâmpadas fluorescentes - utilizadas praticamente em todas as residências e comércios -, faz-se necessária no distrito.

Figura 1 – Local de descarte das lâmpadas após fim de vida útil (dado em número de residências entrevistadas)



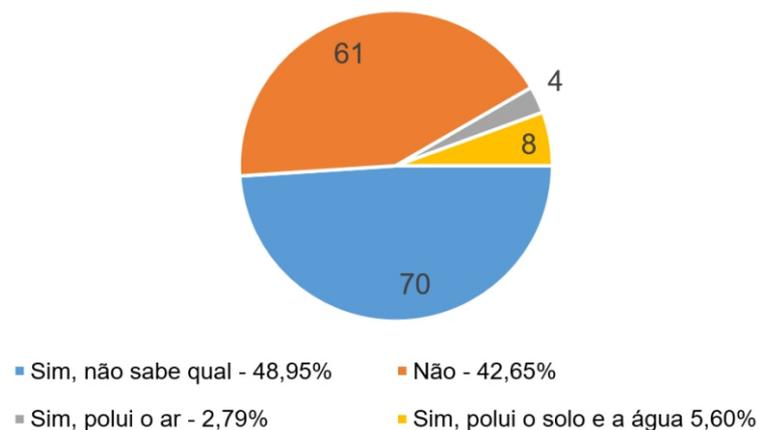
Fonte: Autoria própria (2021)

Ademais, as lâmpadas fluorescentes não podem ser descartadas no lixo comum e/ou recicladas, por serem classificadas como um resíduo perigoso - classificação de resíduos do Grupo B - Classe I, ou seja, têm função de suas propriedades físicas, químicas ou biológicas que podem apresentar riscos à saúde pública e ao meio ambiente, e exige tratamento e disposições especiais (NBR 10.004, 2004).

Quanto à classificação de resíduo perigoso, 65,73% da população responderam que têm conhecimento, porém não citam o mercúrio, e 34,27% responderam que não conhecem esse assunto. Ainda, citaram ciência quanto à quebra do vidro, que pode causar ferimentos.

Sobre o conhecimento referente a quais danos o descarte incorreto de lâmpadas fluorescentes pode trazer ao meio ambiente e a população (Figura 2), observou-se que 48,95% responderam que conhecem, 42,65% não tem nenhum conhecimento, e um percentual relata que pode poluir o ar (2,79%), e outros 5,60%, sobre poluir o solo e a água.

Figura 2 – Danos relativo ao descarte incorreto de lâmpadas fluorescentes (dado em número de residências entrevistadas)



Fonte: Autoria Própria (2021)

Quanto ao termo logística reversa e sua prática, 90,20% responderam que não sabiam o que significava, e 9,80% responderam afirmativamente, por fazerem a logística reversa com as embalagens de fitossanitários, porém não com as lâmpadas. Dessa maneira, durante a entrevista, houve o esclarecimento do assunto, e como destinar de forma adequada a lâmpada fluorescente.

Ao questionar sobre ter pontos de coleta no distrito e se levariam a suas lâmpadas fluorescente até local, 96,50% responderam que seria uma boa alternativa, e 3,50% não levariam, por considerar prática a forma que já realiza o descarte. O estudo realizado por Meireles e Moraes (2020) descreve que ao realizar um estudo quanto a logística reversa com empresários da cidade de Mundo Novo/MS, foi observado que ainda é ineficiente a aplicação da logística reversa e muitas lâmpadas não retornam para os fabricantes

## CONCLUSÃO

Ao analisar a pesquisa realizada, pôde-se concluir que a comunidade de Silveirópolis - PR não apresenta conhecimento sobre ao tema logística reversa. Ressaltando que as pessoas que praticam o retorno de resíduos sólidos – embalagens –, em sua maioria agricultores, não aplicam a logística reversa com as lâmpadas fluorescentes, isso devido a apenas uma pessoa fazer a entrega em um ponto de coleta.

Ainda, verificou-se que os munícipes não têm consciência sobre o que o descarte incorreto pode causar ao meio ambiente, seres humanos e animais. Uma vez que, com a quebra do vidro, há a liberação do mercúrio pode contaminar o solo, as plantas, os animais e a água. O risco oferecido por uma única lâmpada é quase nulo (DURÃO JÚNIOR & WINDMÖLLER, 2008). Contudo, nos últimos anos, devido a busca por economia, houve o aumento do uso deste modelo de lâmpada, ocasionando o problema com o seu descarte.

Ademais, caso seja intensificado o percentual de lâmpadas fluorescentes recicladas no Brasil, haverá viabilidade quanto à busca por matéria-prima devido à reutilização dos materiais, possibilitando que se reduza a degradação do meio ambiente, além das lâmpadas receberem o destino correto.

Por fim, o estudo quanto à logística reversa em locais com pequenas quantidades de moradores, como um distrito, se torna relevante, visto que a maioria da população considera necessário e começaria a realizar o descarte correto das lâmpadas fluorescentes, com isso gerando menos resíduos sólidos nos lixões e aterros sanitários que, por consequência, propicia a redução dos impactos ambientais.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA (ABRELPE). Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021. ABRELPE, 2021.

BOCCHINI, B. Destinação inadequada de lixo cresce 16% em uma década. Agência Brasil. 16 dez. 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2020-12/destinacao-inadequada-de-lixo-cresce-16-em-uma-decada>. Acesso em: 15 jun. 2021.

BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a política nacional de resíduos sólidos. Brasília, 2022.

BUENO, G.; ELLER, P. H. S., PINTO, A. M., NOVAES, K. C. K. Eficiência energética e descarte de lâmpadas – instruindo municípios de Assis Chateaubriand – PR. Proceedings Conference of Congresso de Energias Renováveis – ConER 2021. Anais... [s. n.], Sorocaba - SP, 2021. 8 p., 506 -514. Acesso em: 18 ago. 2021.

CASA CIVIL. 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. LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010, DOU, s.p., 2 ago. 2010.

CESTARI, W.; MARTINS, C.H. Política Nacional de resíduos sólidos e logística reversa de lâmpadas fluorescentes pós-consumo: estudo de caso. Revista GEPROS, v.11, n. 1, 2016. Disponível em: <https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/1342>. Acesso em: 7 de maio de 2021.

DURÃO JÚNIOR, W. A.; WINDMÖLLER, C.C. A questão do mercúrio em lâmpadas fluorescentes. Revista Química Nova Escola, n. 28, p. 15-19. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/04-QS-4006.pdf>. Acesso em: 18 julho de 2021.

GULARTE, L. F. Desenvolvimento de material orientativo para o descarte correto do lixo. . Trabalho de conclusão (Graduação). Universidade Federal do Paraná, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/assis-chateaubriand/panorama>. Acesso em: 03 de mar. 2022.

MEIRELES, J. F.; MORAES, A. R. Logística reversa de lâmpadas na prática: um estudo de caso no município de Mundo Novo/MS. Anais - Congresso sul-americano de resíduos sólidos e sustentabilidade, v. 3, 3º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, 2020.

MUNICÍPIO DE ASSIS CHATEAUBRIAND. Ambiente retoma atividades em Assis. [S. l.], 2018. Disponível em: [http://www.assischateaubriand.pr.gov.br/index.php?sessao=b054603368vfb0&id=1387955&id\\_secretaria=1558](http://www.assischateaubriand.pr.gov.br/index.php?sessao=b054603368vfb0&id=1387955&id_secretaria=1558). Acesso em: 27 maio 2021.

NBR 10.004. Resíduos sólidos – classificação. 71 p. 2004.

OLIVEIRA, E. F. de; et al. Logística reversa: importância econômica, social e ambiental / Reverse logistic: economic, social and environmental importance. Braz. J. Anim. Environ. Res., Curitiba, v. 3, n. 4, p. 4325-4337, out./dez. 2020. Disponível em: DOI: 10.34188/bjaerv3n4-135. Acesso em: 6 jun. 2021.

PAWLOWSKI, L. (2011) Effect of mercury and lead on the total environment. Environmental Protection Engineering, v. 37, n. 1, p. 105-117. Disponível em: [http://epe.pwr.wroc.pl/2011/1\\_2011/11pawlowski.pdf](http://epe.pwr.wroc.pl/2011/1_2011/11pawlowski.pdf). Acesso em: 17 maio 2021.

## APÊNDICE - A

### Questionário

Rua/nº: \_\_\_\_\_

Casa vazia

Não quis responder

Pesquisa sobre logística reversa de lâmpadas fluorescentes no distrito de Silveirópolis - PR.

Discente: Carolaine Ketlin dos Santos Belchior

Orientadora: Grazielli Bueno.

1- Você usa lâmpadas fluorescentes?

Sim  Não

2- Tem conhecimento de algum ponto de coleta de lâmpadas fluorescentes perto de sua residência?

Sim  Não

Se sim, qual? \_\_\_\_\_

3- Onde descarta suas lâmpadas que não tem mais utilidade?

R: \_\_\_\_\_

4- Sabe que a lâmpada é classificada como resíduo perigoso?

Sim  Não

5- Tem alguma informação dos danos que o descarte incorreto de lâmpadas fluorescentes traz ao meio ambiente e a população? Se sim qual?

R:

6- Sabe o que é logística reversa?

Sim  Não

7- Prática a logística reversa?

Sim  Não

8- Você levaria sua lâmpada em um ponto de coleta caso houvesse um na cidade?

Sim  Não

# GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SAÚDE : CONCEITOS E APLICAÇÕES

Ana Carolina Dutra

Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba - UNESP  
anacadutra@gmail.com

## RESUMO

Os resíduos sólidos são vistos como uma fonte de renda pelo seu valor econômico, porém, caso não sejam gerenciados de forma correta, representam um risco para o meio ambiente. Daí a importância da elaboração e implementação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos, sobretudo em unidades prestadoras de serviços assistenciais à saúde. Os resíduos de serviço de saúde são divididos em cinco classes de risco e cada uma possui características específicas para seu acondicionamento, tratamento e disposição final, sendo a elaboração e implementação de um plano de resíduos uma condicionante para a obtenção de

licenças ambientais. Todo o ciclo de vida do resíduo deve ser considerado, desde a oportunidade de não geração do mesmo até o acompanhamento das responsabilidades e documentos das empresas contratadas. Os funcionários, por sua vez, devem assumir o papel de agentes ambientais e inserir a temática em seu cotidiano, contribuindo para o gerenciamento eficaz de resíduos.

### Palavras-chave:

Resíduos de Saúde; Resíduo Sólido; Plano de Gerenciamento de Resíduos.

## ABSTRACT

*Solid waste is seen as a source of income for its economic value, however, if not managed correctly, it poses a risk to the environment. Hence the importance of drawing up and implementing a Waste Management Plan, especially in units providing health care services. Health service waste is divided into five risk classes and each one has specific characteristics for its packaging, treatment and final disposal, with the preparation and implementation of a waste plan a condition for obtaining environmental licenses. The entire life*

*cycle of the waste must be considered, from the opportunity of not generating it to monitoring the responsibilities and documents of the contracted companies. Employees, in turn, must assume the role of environmental agents and include the theme in their daily lives, contributing to the effective management of waste.*

### Keywords:

*Health Waste; Solid waste; Waste Management Plan.*

## INTRODUÇÃO



s **Resíduos Sólidos** são qualquer “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” (BRASIL, 2010).

Por essa definição, temos que apenas as atividades humanas geram resíduos sólidos e que nem todo resíduo é de fato sólido, enquadrando-se alguns gases e líquidos, devendo-se especial atenção para as consequências geradas em seu ciclo de vida.

Toda atividade gera resíduo: limpeza urbana, estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, serviços públicos de saneamento básico, indústrias, serviços de saúde, construção civil, atividades agrossilvipastoris, serviços de transportes, atividades de mineração e atividades domésticas. Ainda, esses resíduos são divididos em duas classes: os perigosos e os não perigosos.

Também temos que ter conhecimento de mais três definições: a diferença conceitual entre resíduo sólido e rejeito, destinação de resíduos e disposição dos mesmos:

Quadro 1 – Diferença conceitual entre rejeito, destinação e disposição final adequada

REJEITO	DESTINAÇÃO FINAL ADEQUADA	DISPOSIÇÃO FINAL AMBIENTALMENTE ADEQUADA
<ul style="list-style-type: none"> <li>Resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2020.

## 1.1 Resíduos Sólidos no cenário atual

Há algum tempo temos lido e ouvido em noticiários sobre a situação atual dos resíduos sólidos e suas consequências para a saúde e para a natureza.

Ilhas de plástico no meio do oceano, ingestão de resíduos por animais marinhos, enchentes causadas pelo entupimento de bocas de lobo, produtos que foram extintos do mercado há anos, mas que atualmente tem seus resíduos trazidos pelo mar... Essas são algumas das notícias vinculadas a resíduo e a semelhança entre os casos é uma só: o consumismo.

Quando falamos sobre resíduos, falamos sobre 5 R's: Recusar, Reduzir, Reutilizar, Reaproveitar e Reciclar. Tudo isso envolve uma mudança em nosso comportamento e estilo de vida.

Figura 1 - Diagrama dos 5R's para mudança comportamental



Fonte: Adaptado de Balwan; Singh; Kour, 2022.

Recusar algo que não precisamos é o conceito chave para escolhas que podem não fazer diferença agora, mas que no futuro podem trazer consequências negativas a nossa saúde e ao ecossistema. Reduzir a geração de resíduos, o uso de substâncias perigosas e materiais não recicláveis e quando não for possível, reutilizá-los. O reaproveitamento, por sua vez diz respeito ao uso de produtos para fins diferentes dos originais. Por fim, utilizar processos químicos e físicos para reciclar os resíduos gerados e introduzir materiais novamente num ciclo produtivo (BALWAN; SINGH; KOUR, 2022).

## 1.2 Classificação dos resíduos:

De acordo com a norma técnica brasileira ABNT NBR 10.004:2004, os resíduos podem ser classificados em (ABNT, 2004):

**I) Perigosos:** São aqueles considerados inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos ou patogênicos.

Nessa classificação encontram-se pilhas e baterias, medicamentos, produtos químicos, reagentes de laboratório, telhas de amianto, saneantes e desinfetantes.

**II) Não perigosos:**

Ila: Não inertes: aqueles que não são perigosos e são biodegradáveis, combustíveis ou solúveis em água. Exemplo: madeira, restos de comida, materiais têxteis, lodo proveniente de estações de tratamento e espumas.

Ilb: Inertes: não são solúveis, nem sofrem reações física ou química, e não se enquadram nas demais categorias. Exemplo: entulho, pedra e areia.

## 1.3 Gerenciamento de Resíduos Sólidos

Os grandes geradores de resíduos sólidos necessitam planejar as ações envolvidas em todas as etapas do manejo, da geração até o destino final evitando a disposição final inadequada e minimizando os impactos ambientais negativos. Para isso, a gestão integrada dos resíduos deve prever um planejamento que seja executado para o bom gerenciamento dos mesmos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) traz dois conceitos importantes para quem trabalha com resíduos sólidos (BRASIL, 2010):

Esse planejamento resume-se ao Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS, um documento que deve descrever as principais ações acerca dos resíduos gerados. O conteúdo essencial de um PGRS deve conter: descrição do empreendimento ou da atividade em questão; realização do diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, descrevendo sua origem e o volume

gerados; definição dos procedimentos operacionais relativos as etapas de gerenciamento dos resíduos e os responsáveis por cada uma; ações preventivas e corretivas para emergências (exemplo: vazamento de resíduo químico); definição de metas e procedimentos relacionados à minimização da geração de resíduos sólidos; periodicidade de sua atualização e cumprimento as normas ambientais vigentes, observando-se o plano municipal de gerenciamento de resíduos.

Quadro 2 – Diferenças entre gerenciamento e gestão integrada de resíduos sólidos

#### GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

- **Conjunto 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

#### GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

- **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.

Fonte: Adaptado de Brasil, 2020.

A indústria da construção civil, por exemplo, deve elaborar um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (RCC) seguindo as normas da resolução CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente – n.307/2002; os estabelecimentos de assistência à saúde animal ou humana devem elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde de acordo com a RDC 222/2018, resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Operadores de resíduos radioativos devem se atentar e seguir normas específicas da Comissão Nacional de Energia Nuclear. Outros geradores sujeitos ao documento são: setor de saneamento, atividades de mineração, transporte e agrossilvipastoris (CONAMA, 2002; CNEN, 2014; ANVISA, 2018).

Os municípios também devem elaborar seu Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, seguindo os planos nacional e estadual. Os resíduos destinados por uma cidade são aqueles nomeados resíduos sólidos urbanos, que englobam os resíduos domiciliares, de limpeza urbana e aqueles do comércio e prestadores de serviço. Esse plano também pode ser feito em conjunto com outro município vizinho, desde que tenham soluções consorciadas para a gestão de resíduos sólidos. Aqueles municípios que implantarem a coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda terão prioridade no acesso aos recursos da União.

Agora que já sabemos das principais definições e classificações a respeito dos resíduos sólidos, vamos entender as peculiaridades a respeito dos resíduos de serviço de saúde.

### 3. RSS - RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE

Já chamado de lixo hospitalar no passado, os resíduos de serviço de saúde, RSS ou resíduos hospitalares são todos aqueles resíduos produzidos por atividades relacionadas com a atenção à saúde humana ou animal, inclusive os serviços de assistência domiciliar; laboratórios analíticos de produtos para saúde; necrotérios, funerárias e serviços onde se realizem atividades de embalsamamento; serviços de medicina legal; drogarias e farmácias, inclusive as de manipulação; estabelecimentos de ensino e pesquisa na área de saúde; centros de controle de zoonoses; distribuidores de produtos farmacêuticos, importadores, distribuidores de materiais e controles para diagnóstico in vitro; unidades móveis de atendimento à saúde; serviços de acupuntura; serviços de piercing e tatuagem, salões de beleza e estética, dentre outros afins (ANVISA, 2018).

A legislação atual que regulamenta as boas práticas ambientais e dispõe sobre as principais obrigações e regulamentações a respeito dos resíduos de saúde é a Resolução da Diretoria Colegiada RDC 222/2018, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

Para isso, vamos às principais definições dadas pela norma:

- 1. SEGREGAÇÃO** – separação dos resíduos no momento e local da sua geração, de acordo com suas características físicas, químicas, biológicas, o seu estado físico e os riscos envolvidos.
- 2. ACONDICIONAMENTO** – ato de embalar os resíduos já segregados, em sacos ou recipientes que evitem vazamentos e resistam às ações de punctura e ruptura.
- 3. COLETA E TRANSPORTE INTERNO** - traslado dos resíduos do ponto de geração até o abrigo temporário de resíduos, ou então até o abrigo externo.
- 4. ARMAZENAMENTO TEMPORÁRIO/ INTERNO** - consiste na guarda temporária dos recipientes contendo os resíduos já acondicionados (embalados), em local próximo aos pontos de geração. Não poderá ser feito o armazenamento com a disposição direta dos sacos sobre o piso. Esse armazenamento deve ser feito em instalações denominadas “Abrigo Temporário de Resíduos”
- 5. ARMAZENAMENTO EXTERNO** - consiste na guarda dos recipientes de resíduos até a realização da etapa de coleta externa, em ambiente exclusivo com acesso facilitado para os veículos coletores.
- 6. COLETA E TRANSPORTE EXTERNO** - consiste na remoção dos resíduos do abrigo externo até a unidade de tratamento ou disposição final, de forma segura e responsável.

**7. TRATAMENTO** - conjunto de unidades, processos e procedimentos que alteram as características físicas, físico-químicas, químicas ou biológicas dos resíduos, podendo promover a sua descaracterização, visando a minimizar o risco à saúde pública, a preservação da qualidade do meio ambiente, a segurança e a saúde do trabalhador.

**8. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE** – Conjunto de procedimentos de gestão, planejados e implementados, com o objetivo de minimizar a geração de resíduos e proporcionar um encaminhamento seguro, de forma a proteger os trabalhadores e a saúde pública, dos recursos naturais e meio ambiente.

**9. PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SAÚDE (PGRSS)** – documento que aponta e descreve todas as ações relativas ao gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde, observadas suas características e riscos, contemplando os aspectos referentes à geração, identificação, segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, destinação e disposição final ambientalmente adequada, bem como as ações de proteção à saúde pública, do trabalhador e do meio ambiente.

### 3.1. Classificação dos resíduos de serviço de saúde

Os resíduos de saúde são divididos em cinco classes de risco:

Quadro 3 – Classificação dos resíduos de serviço de saúde



Fonte: Adaptado de Anvisa, 2018.

De acordo com a RDC 222/2018 da Anvisa, cada classe de resíduo tem as seguintes características:

### **3.1 Resíduo Classe A – Risco Biológico**

#### *3.1.1 Sub-grupo A1*

- Culturas e estoques de micro-organismos; resíduos de fabricação de produtos biológicos, exceto os medicamentos hemoderivados; descarte de vacinas de microrganismos vivos, atenuados ou inativados; meios de cultura e instrumentais utilizados para transferência, inoculação ou mistura de culturas; resíduos de laboratórios de manipulação genética.

- Resíduos resultantes da atividade de ensino e pesquisa ou atenção à saúde de indivíduos ou animais, com suspeita ou certeza de contaminação biológica por agentes classe de risco 4, microrganismos com relevância epidemiológica e risco de disseminação ou causador de doença emergente que se torne epidemiologicamente importante ou cujo mecanismo de transmissão seja desconhecido.

- Bolsas transfusionais contendo sangue ou hemocomponentes rejeitadas por contaminação ou por má conservação, ou com prazo de validade vencido, e aquelas oriundas de coleta incompleta. - Sobras de amostras de laboratório contendo sangue ou líquidos corpóreos, recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, contendo sangue ou líquidos corpóreos na forma livre.

#### *3.1.2 Subgrupo A2*

- Carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais submetidos a processos de experimentação com inoculação de microrganismos, bem como suas forrações, e os cadáveres de animais suspeitos de serem portadores de microrganismos de relevância epidemiológica e com risco de disseminação, que foram submetidos ou não a estudo anatomopatológico ou confirmação diagnóstica.

#### *3.1.3 Subgrupo A3*

- Peças anatômicas (membros) do ser humano; produto de fecundação sem sinais vitais, com peso menor que 500 gramas ou estatura menor que 25 centímetros ou idade gestacional menor que 20 semanas, que não tenham valor científico ou legal e não tenha havido requisição pelo paciente ou seus familiares.

#### *3.1.4 Subgrupo A4*

- Kits de linhas arteriais, endovenosas e dialisadores, quando descartados. - Filtros de ar e gases aspirados de área contaminada; membrana filtrante de equipamento médico-hospitalar e de pesquisa, entre outros similares

- Sobras de amostras de laboratório e seus recipientes contendo fezes, urina e secreções, provenientes de pacientes que não contenham e nem sejam suspeitos de conter agentes

classe de risco 4, e nem apresentem relevância epidemiológica e risco de disseminação, ou microrganismo causador de doença emergente que se torne epidemiologicamente importante ou cujo mecanismo de transmissão seja desconhecido ou com suspeita de contaminação com príons.

- Resíduos de tecido adiposo proveniente de lipoaspiração, lipoescultura ou outro procedimento de cirurgia plástica que gere este tipo de resíduo. - Recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, que não contenha sangue ou líquidos corpóreos na forma livre. - Peças anatômicas (órgãos e tecidos), incluindo a placenta, e outros resíduos provenientes de procedimentos cirúrgicos ou de estudos anatomopatológicos ou de confirmação diagnóstica.
- Cadáveres, carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais não submetidos a processos de experimentação com inoculação de microrganismos. - Bolsas transfusionais vazias ou com volume residual pós-transfusão.

### 3.1.5 Subgrupo

- Órgãos, tecidos e fluidos orgânicos de alta infectividade para príons, de casos suspeitos ou confirmados, bem como quaisquer materiais resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, suspeitos ou confirmados, e que tiveram contato com órgãos, tecidos e fluidos de alta infectividade para príons.
- Tecidos de alta infectividade para príons são aqueles assim definidos em documentos oficiais pelos órgãos sanitários competentes. Referência: World Health Organization, 2010. WHO Tables on Tissue Infectivity Distribution in Transmissible Spongiform Encephalopathies.

## 3.2.1 Resumo

De modo geral, os resíduos classe A podem ser tratados fora das dependências do serviço gerador e por qualquer tratamento térmico que assegure a eliminação dos agentes biológicos. Porém, há exceções:

1. Resíduos culturas e estoque de microorganismos (A1) e resíduos do sub-grupo A2, onde ambos devem ser tratados nas dependências do gerador de resíduos.
2. Resíduos enquadrados no sub-grupo A5 devem ser obrigatoriamente destinados ao tratamento térmico de incineração por meio de transporte em sacos vermelhos duplos.
3. Resíduos do sub-grupo A3 podem ser destinados à cremação, incineração ou sepultamento. Recomenda-se que a unidade geradora desse tipo de resíduo possua um termo de compromisso com o paciente para que a destinação do resíduo seja documentada e para que após a destinação do resíduo não haja contestação do membro. Os sacos de acondicionamento do membro devem conter a inscrição "Peças Anatômicas"

4. Sobras de amostras com sangue ou outros líquidos corpóreos (A1) podem ser desprezados no sistema de esgoto ao invés de ser enviado para tratamento, desde que o efluente final se enquadre na legislação ambiental vigente.
5. Resíduos do sub-grupo A4 não necessitam de tratamento térmico prévio, podendo ser enviado a aterro licenciado para o recebimento de resíduos de saúde.
6. A RDC 222/2018 afirma que podem ser utilizados sacos brancos leitosos desde que as regulamentações estaduais, municipais ou do Distrito Federal exijam o tratamento de todos os resíduos classe A.

### 3.3 Classe B- Químicos

Resíduos contendo produtos químicos que apresentam periculosidade à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade, mutagenicidade e quantidade.

- Produtos farmacêuticos
- Resíduos de saneantes, desinfetantes, desinfestantes; resíduos contendo metais pesados; reagentes para laboratório, inclusive os recipientes contaminados por estes.
- Efluentes de processadores de imagem (reveladores e fixadores).
- Efluentes dos equipamentos automatizados utilizados em análises clínicas.
- Demais produtos considerados perigosos: tóxicos, corrosivos, inflamáveis e reativos.

O gerenciamento dos RSS do Grupo B deve observar a periculosidade das substâncias presentes decorrentes das características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade, a qual está presente na FISPQ – Ficha de Informação de Segurança do Produto Químico, que não acompanha os produtos farmacêuticos e cosméticos.

Um importante documento que deve ir junto com o resíduo químico é a Ficha com Dados de Segurança de Resíduo Químico (FDSR), acompanhando o armazenamento e transporte desse resíduo contendo, no mínimo: Identificação do resíduo químico e da empresa; Composição básica e identificação de perigos; Medidas de primeiros-socorros; Medidas de controle para derramamento ou vazamento e de combate a incêndio; Manuseio e armazenamento; Controle de exposição e proteção individual; Propriedades físicas e químicas; Informações toxicológicas; Informações ecológicas; Considerações sobre tratamento e disposição; Informações sobre transporte; Regulamentações; Outras informações.

Os resíduos no estado sólido e considerados rejeitos podem ser enviados para aterro de resíduos perigosos classe I; já os resíduos no estado líquido, devem passar por tratamento antes da disposição final adequada.

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.

Os medicamentos hemoderivados devem ter seu manejo como resíduo do Grupo B sem periculosidade. Os resíduos de produtos e insumos farmacêuticos sujeitos a controle especial devem atender à regulamentação sanitária em vigor.

O Estado de São Paulo apresenta na Portaria Centro de Vigilância Sanitária 21 de 2008 (SÃO PAULO, 2008a), uma norma técnica para o gerenciamento de resíduos perigosos de medicamento, onde cria um subgrupo para os resíduos químicos, denominado “Resíduos Perigosos de Medicamentos” (RPM). Além disso, deve-se consultar a Portaria 344/98, a qual traz regulamentações acerca dos medicamentos controlados (BRASIL, 1998a).

Esses resíduos são classificados em Tipo 1 e Tipo 2, devendo ser dispostos em contêineres e/ou caixas específicas para perfurocortantes de cor laranja. Os RPM Tipo 1 devem obrigatoriamente ser enviados para a incineração; os RPM Tipo 2 podem ser enviados, sem tratamento prévio, para aterro sanitário devidamente licenciado. Em caso de dúvida, os medicamentos podem ser tratados todos como RPM Tipo 1 e incinerados.

Caso um resíduo pertencente a outro subgrupo (A, D ou E) tenha tido contato com medicamentos listados nos Anexo II dessa resolução, serão considerados como RPM e descartados como classe B.

Tecidos reutilizáveis, como roupas de cama e EPI contendo medicamentos, secreções e excreções de medicamentos listados no Anexo II devem ser lavadas em um saco plástico fechado e separado de demais itens a serem lavados. As vidrarias e demais utensílios que tenham contato com os mesmos devem passar por processo de tríplice lavagem.

As embalagens secundárias de medicamentos não contaminadas devem ser descaracterizadas quanto às informações de rotulagem, podendo ser encaminhadas para reciclagem. Ex.: embalagens de papelão.

As embalagens primárias vazias de produtos químicos com algum tipo de periculosidade, submetidas à limpeza com técnicas validadas ou reconhecidas, são consideradas rejeitos e devem ser encaminhadas para disposição final ambientalmente adequada. Somente as embalagens vazias de produtos químicos sem periculosidade podem ser encaminhadas para processos de reciclagem.

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 reveladores utilizados em radiologia devem ser tratados, podendo ser submetidos a processo de neutralização para alcançarem pH entre 7 e 9 e serem posteriormente lançados na rede coletora de esgoto com tratamento, atendendo às determinações dos órgãos de meio ambiente e do serviço de saneamento.

Os fixadores usados em radiologia, quando não submetidos a processo de recuperação da prata, devem ser encaminhados para tratamento antes da disposição final ambientalmente adequada.

Os RSS sólidos contendo metais pesados, quando não submetidos a tratamento devem ser dispostos em aterro de resíduos perigosos - Classe I, conforme orientação do órgão ambiental competente.

O descarte de pilhas, baterias, acumuladores de carga e tonners de impressoras são exemplos de resíduos que devem seguir a logística reversa prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Além dos resíduos predominantemente assistenciais, existem outros resíduos químicos gerados dentro de uma unidade hospitalar, farmacêutica ou clínica. Como exemplo, tem-se os resíduos decorrentes da manutenção predial, como materiais contaminados com óleos, graxas e tintas, como pincéis, EPIs e estopas.

A destinação dos resíduos dos equipamentos automatizados e dos reagentes de laboratórios clínicos, incluindo os produtos para diagnóstico de uso in vitro deve considerar todos os riscos presentes, conforme normas ambientais vigentes.

**Importante:**

É de extrema importância o armazenamento, estudo e disponibilização das FISPQs para a correta destinação de resíduos, plano de ação para acidentes com colaboradores e incêndios e utilização de EPIs.

Ainda, muitas unidades necessitarão declarar a compra e o armazenamento de produtos químicos para Polícia Federal, Polícia Civil e/ou Exército.

No Estado de São Paulo, a Divisão de Produtos Controlados da Polícia Civil possui a Portaria 03/2008 com os produtos controlados sujeitos a declaração e as normas para a fiscalização. A partir dessa portaria, é possível emitir o Alvará e Certificado de Vistoria para compra e armazenamento de produtos controlados (SÃO PAULO, 2008b)

Em âmbito Federal, a Portaria 240/2019 da Polícia Federal estabelece as diretrizes para declaração, controle e fiscalização de produtos controlados a nível federal, resultando no Certificado de Licença de Funcionamento (BRASIL, 2019a).

Alguns produtos também estão sob controle do exército, devendo-se obter o Certificado de Registro com base no Decreto 10.030/19 e regulamentações complementares (BRASIL, 2019b).

### 3.1 Classe C – Rejeitos Radioativos

Os rejeitos radioativos devem ser segregados de acordo com o radionuclídeo ou natureza da radiação, estado físico, concentração e taxa de exposição. Os recipientes de acondicionamento de rejeitos radioativos devem ser adequados às características físicas, químicas, biológicas e radiológicas dos rejeitos, possuir vedação e ter o seu conteúdo identificado, conforme especificado nas normas vigentes.

Os RSS químicos radioativos devem ser acondicionados em coletores próprios, identificados quanto aos riscos radiológico e químico presentes, e armazenados no local de decaimento até atingir o limite de dispensa; os perfurocortantes devem ser transportados do local de geração até o local de armazenamento para decaimento em recipiente blindado.

Os rejeitos radioativos devem ser armazenados em condições adequadas, para o decaimento do elemento radioativo, podendo ser realizado na própria sala de manipulação ou em sala específica, identificada como "SALA DE DECAIMENTO".

O armazenamento de rejeitos radioativos líquidos deve ser feito sobre bacia de contenção, bandeja, recipiente ou material absorvente com capacidade de conter ou absorver o dobro do volume do líquido presente na embalagem.

Os RSS de fácil putrefação contaminados com radionuclídeos, depois de acondicionados e identificados como rejeito radioativo, devem ser mantidos sob refrigeração ou por outro processo que evite a decomposição, durante o período de armazenamento para decaimento.

As sobras de alimentos provenientes de pacientes submetidos à terapia com iodo 131, depois de acondicionadas, devem ter seu nível de radiação medido. Quando os valores de atividade ou de concentração de atividade forem superiores aos níveis de dispensa, o RSS deve ser considerado como rejeito radioativo e deve observar as condições de conservação de RSS de fácil putrefação. Quando os valores de atividade ou de concentração de atividade forem inferiores ou iguais aos níveis de dispensa, os resíduos sólidos podem ser descartados como resíduos do Grupo D e os resíduos líquidos na rede coletora de esgotos com tratamento.

Quando o processo de decaimento do elemento radioativo atingir o nível do limite de dispensa estabelecido pelas normas vigentes, o rótulo de "REJEITO RADIOATIVO" deve ser retirado, permanecendo a identificação dos demais riscos presentes. Uma norma importante a ser consultada nesses casos é a CNEN 6\_05 – Gerência de Rejeitos Radioativos.

### 3.4 Sub-grupo D – Domiciliares

Resíduos que não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares.

- Papel de uso sanitário e fralda, absorventes higiênicos, peças descartáveis de vestuário, gorros e máscaras descartáveis, resto alimentar de paciente, material utilizado em antisepsia e hemostasia de venóclises, luvas de procedimentos que não entraram em contato com sangue ou líquidos corpóreos, equipo de soro, abaixadores de língua e outros similares não classificados como A1.
- Sobras de alimentos e do preparo de alimentos.
- Resto alimentar de refeitório.
- Resíduos provenientes das áreas administrativas.
- Resíduos de varrição, flores, podas e jardins.
- Resíduos de gesso provenientes de assistência à saúde.
- Forrações de animais de biotérios sem risco biológico associado.
- Resíduos recicláveis sem contaminação biológica, química e radiológica associada.
- Pelos de animais.

Os RSS do Grupo D devem ser reutilizados, recuperados, reciclados, passar por decomposição orgânica, enviados à logística reversa ou ter seu aproveitamento energético. Caso contrário, são considerados rejeitos e enviados ao aterro sanitário ou outra norma local vigente. A Resolução Conama 275/2001 estabelece o código de cores utilizadas na coleta seletiva (CONAMA, 2001), uma importante e necessária ação a ser implementada em qualquer unidade geradora de resíduos.

Os efluentes líquidos podem ser lançados em rede coletora de esgotos. O lançamento de rejeitos líquidos em rede coletora de esgotos, conectada à estação de tratamento, deve atender às normas ambientais e às diretrizes do serviço de saneamento.

A RDC 171/2006 estabelece as regulamentações para o funcionamento de banco de leite e caracteriza esse resíduo como classe D, podendo ser descartado na rede de esgoto (ANVISA, 2006).

Quando não houver acesso à sistema de coleta e tratamento de esgoto por empresa de saneamento, estes efluentes devem ser tratados em sistema ambientalmente licenciado antes do lançamento em corpo receptor. Só podem ser destinados para compostagem forrações de animais de biotérios que não tenham risco biológico associado, os resíduos de flores, podas de árvores, jardinagem, sobras de alimentos e de seu pré-preparo, restos alimentares de refeitórios e restos alimentares de pacientes que não estejam em isolamento.

**Importante:**

Instalações assistenciais que gerem apenas resíduos classe D estão isentas da elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos.

Vale a pena uma lida minuciosa da RDC e a decisão dos resíduos que podem ser considerados como classe D, em especial aqueles gerados em grande quantidade, como luvas, máscaras e toucas sem

agente biológico. Um trabalho de educação continuada deve ser feito para informar os colaboradores de que se um resíduo não apresenta contaminação, não há o porquê de ser tratado.

Outro ponto que deve ser trabalhado é a questão de sangue contido. Uma luva com sujidade de sangue ou um algodão com sangue contido após a aplicação de uma vacina podem ser descartados como classe D não recicláveis e enviados ao aterro sanitário. O sangue contido, sujidade, não é capaz de causar contaminação por dispersão de agentes biológicos, diferente de um curativo ou uma faixa com sangue corrente e pingando. Com certeza uma discussão do que deve ou não ser tratado poderá fazer a diferença na hora de pagar pelo tratamento do resíduo e quando os aspectos ambientais da instituição forem mapeados e analisados minuciosamente.

Os produtos de saúde oriundos de explantes devem ser submetidos a processos de limpeza, seguido de esterilização, podendo então ser considerado como um resíduo sem risco biológico, químico ou radiológico (ANVISA, 2012). Esse resíduo, exemplificado por próteses de silicone, pinos e placas, tem valor econômico alto e é proibida a entrega para cooperativas de reciclagem, devido ao risco de reutilização.

O resíduo deve permanecer acondicionado em embalagem fechada e em lugar seguro e controlado. Caso o explante seja constituído de materiais desmontáveis, as peças devem ser embaladas separadamente, de modo a não permitir a remontagem do produto. Caso o paciente deseje o explante, o pedido deverá ser feito por meio de declaração formal – ou termo elaborado na instituição- e após a entrega, a assinatura e embalagens devem ser retidas para maior segurança da unidade hospitalar (ANVISA, 2012).

### **3.5 Sub-grupo E - Perfurocortantes**

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; ponteiros de 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.

Os RSS do Grupo E, quando contaminados por agentes biológicos, químicos e substâncias radioativas, devem ter seu manejo de acordo com cada classe de risco associada.

Os resíduos perfurocortantes devem ser descartados em recipientes identificados, rígidos, providos com tampa, resistentes à punctura, ruptura e vazamento, os quais devem ser substituídos de acordo com a demanda ou quando o nível de preenchimento atingir 3/4 da capacidade.

As seringas e agulhas, inclusive as usadas na coleta laboratorial de amostra de doadores e de pacientes e os demais materiais perfurocortantes que não apresentem risco químico, biológico ou radiológico não necessitam de tratamento prévio à disposição final ambientalmente adequada.

Somente é permitida a separação do conjunto seringa agulha com auxílio de dispositivos de segurança, sendo vedada a desconexão e o reencape manual de agulhas.

### 3.6 Documentos referentes aos resíduos

Após a identificação dos resíduos gerados por atividade e definição dos tipos de acondicionamento, é hora de contratar uma empresa responsável que trate os resíduos e destine de forma responsável o rejeito.

A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida de resíduos, prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos, deve ser estendida para o gerenciamento de RSS.

O responsável técnico pelo PGRSS e legal da Instituição podem responder por crimes ambientais devido ao não cumprimento das legislações pertinentes e contaminações ambientais previstas na lei n.9.605/1998, como “art. 54. Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora (BRASIL, 1998b).

Ao contratar uma empresa, deve-se verificar a atualização e cumprimento de licença de operação, cadastro técnico federal para atividades potencialmente poluidoras ou atividades e instrumentos de defesa ambiental, dentre outras obrigações nacionais, estaduais e municipais.

O transporte de resíduos deve ser acompanhado do **Manifesto de Transporte de Resíduos – MTR**. Antes, somente para resíduos perigosos e preenchido em quatro vias físicas, desde janeiro de 2021 é feito de forma on-line, conforme portaria MMA nº 208/2020 (MMA, 2020). Em âmbito nacional, faz parte do SINIR – Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos. Dependendo do Estado, não é necessária a adesão nacional, pois o órgão estadual fará a integração com o SINIR. Porém, é importante haver um modelo físico para os casos em que o sistema digital fique fora do ar.

O gerador é responsável pela emissão do MTR, onde devem ser informados dados relativos ao próprio gerador, tipo e quantidade dos resíduos, dados do transportador, local de destinação e disposição final adequada. Daí a importância da Ficha de Segurança de Resíduo Sólido, já mencionada, e com informações úteis sobre os resíduos transportados e medidas de segurança em caso de acidentes. Além disso, os motoristas devem ser preparados em curso específico para o transporte de resíduo/ produto perigoso denominado MOPP – Movimentação Operacional de Produtos Perigosos.

Outro importante documento é o **Certificado de Destinação de Final Resíduos - CDF**. Esse documento deve ser elaborado pelo gerador e assinado quando da saída do resíduo, garantindo as medidas necessárias e previstas no PGRSS para o acondicionamento e armazenamento do resíduo. Seu conteúdo é formado pela identificação do gerador do resíduo que será destinado, dados do destinatário, como tratamento a ser empregado e licença de operação, bem como assinatura do transportador. Seu caráter é preventivo, pois em caso de acidente ou desvio do objetivo final estipulado (tratamento), age como prova de que havia deixado a unidade geradora após todas as ações pertinentes a sua gestão.

Também devem ser providenciados os **CADRI**s pertinentes. O CADRI é um instrumento que aprova o encaminhamento de resíduos de interesse a locais de reprocessamento, armazenamento, tratamento ou disposição final, licenciados ou autorizados pela CETESB. Cada resíduo terá um CADRI de acordo com o destino final. Por exemplo, se todos os resíduos químicos forem enviados ao mesmo receptor, o documento deverá ser requerido com a discriminação de todos os resíduos classe B gerados. Caso parte dos resíduos classe A sejam enviados para uma empresa X e outra parte, como peças anatômicas, sejam enviados para uma empresa Y, deverão ser providenciados dois CADRIs para resíduos infectantes. O site da CETESB discrimina todos os resíduos sujeitos a esse procedimento.

## 4. Inspeção do gerenciamento de resíduos sólidos

### 4.1 Pré-Inspeção

A pré-inspeção caracteriza-se pela análise da documentação referente ao gerenciamento de resíduos.

- Se a unidade gera resíduos além dos da classe D, possui Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde? Está dentro do prazo de validade, inclusive a responsabilidade técnica?
- O PGRSS descreve os procedimentos relacionados a geração, segregação, acondicionamento, transporte, tratamento e destinação final de resíduos?
- Todos os resíduos gerados estão inclusos no PGRSS, bem como o acondicionamento adotado?
- A unidade possui contrato com empresa legalizada e faz o controle dos documentos pertinentes, como licença de operação, cadastro no Ibama e certificado de coleta de resíduos?
- A unidade possui evidências de treinamento de colaboradores envolvidos na cadeia de resíduos, desde aqueles que os geram até os responsáveis pela sua retirada (equipe de limpeza)?

### 4.2 Inspeção no local

- O PGRSS é adotado na prática? Esse documento é passado para os colaboradores?
- Os colaboradores possuem conhecimento das normas internas – como retirada e pesagem de resíduos- e das ações adotadas para a gestão de resíduos? As normas adotadas são executadas?
- O descarte de resíduos é feito de forma satisfatória por parte dos colaboradores e seguindo o PGRSS?

- A documentação necessária encontra-se disponível para a consulta de autoridades de vigilância sanitária? O PGRSS pode ser consultado por qualquer parte interessada, conforme previsto na RDC 222?
- Existem meios e ferramentas para a rápida resposta a ações de emergência, como derramamento de produtos/ resíduos químicos?
- Existe a presença de pragas e vetores nos locais? A higienização é feita de forma satisfatória?
- Os coletores de resíduos adotados estão disponíveis para o descarte de resíduos? Estão identificados conforme a classe de risco? Existe alguma não conformidade com relação ao acondicionamento, como avarias e/ou capacidade excedida?
- Os coletores de perfurocortantes encontram-se montados de forma adequada e o resíduo respeita a linha tracejada?
- Os sacos de resíduos estão dispostos de forma direta no chão?
- O abrigo de resíduos está de construído de acordo com a RDC 222?

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo volume de normas e complexidade dos resíduos gerados em uma unidade de saúde é possível entender a importância do plano de gerenciamento de resíduos, o qual deve ser periodicamente revisto e atualizado, não somente com base nas normas legais, mas também se adequando à realidade da unidade. Após sua elaboração, a implementação e o monitoramento passam a ser as etapas mais importantes, pois os responsáveis legais devem garantir o cumprimento do que foi acordado.

s treinamentos passam então a ser imprescindíveis para a implementação de um PGRSS, pois a partir deles será possível criar uma consciência sobre a importância da segregação de resíduos, atualização de informações e fluxos, cumprimento dos requisitos legais e maximização dos recursos financeiros empregados no gerenciamento dos resíduos. Os hospitais, inclusive, contam com uma rotatividade alta e os treinamentos devem ser realizados de forma periódica, na entrada de funcionários e depois com reciclagens periódicas.

É importante que a instituição mantenha indicadores relativos aos treinamentos, geração de resíduos e atendimentos às normas impostas, como os resultados observados durante as inspeções, e acompanhamento contínuo da destinação final dos resíduos, bem como a validade das documentações das empresas envolvidas.

Sempre que possível, é interessante a unidade superar a legislação vigente e aprimorar o descarte de resíduos, como pela implementação de programas específicos de reciclagem. Um resíduo segregado e limpo pode trazer ganhos não só para o meio ambiente, mas também financeiros para a instituição.

## Sobre a autora

Engenheira Ambiental e Mestre em Ciências Ambientais pelo Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Unesp, aprimoramento em Sistema de Gestão Integrado aplicado à produção rural e Educação Ambiental na Fundação Parque Zoológico de São Paulo e auditora interna de sistema de gestão integrado ISO 14.001:2015, ISO 9001:2015 e OHSAS 18001: 2007.

Experiência em manutenção de sistema de gestão ambiental ISO 14.001, treinamentos em gestão, auditoria interna, monitoramento de requisitos legais e elaboração de conteúdos diversos em meio ambiente para treinamentos de educadores da rede pública. Experiência em avaliação do ciclo de vida e a identificação dos impactos ambientais relevantes, propondo ações para melhoria contínua.

Atuação como engenheira ambiental responsável por Plano de Gerenciamento de Resíduos Saúde, elaborando, implementando, monitorando e treinando colaboradores visando a uma gestão de resíduos de saúde dentro das leis vigentes e numa perspectiva de melhoria de desempenho ambiental.

Currículo lattes:

[https://www.cnpq.br/cvlattesweb/PKG\\_MENU.menu?f\\_cod=96A5BFFCE597DB2D8E52CF165A633FD5#](https://www.cnpq.br/cvlattesweb/PKG_MENU.menu?f_cod=96A5BFFCE597DB2D8E52CF165A633FD5#)

## REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10.004: Resíduos Sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004, 77p.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Dispõe sobre o regulamento técnico para o funcionamento de bancos de leite. RDC nº171 de 4 de setembro de 2006. Diário Oficial da União. Brasília, 2006.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Dispõe sobre os requisitos de boas práticas de produtos para saúde e dá outras providências. RDC nº15 de 15 de março de 2012. Diário Oficial da União. Brasília, 2012

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Regulamenta as boas práticas de gerenciamento de resíduos de saúde e dá outras providências. RDC nº222 de 28 de março de 2018. Diário Oficial da União, nº 61. Brasília, 2018.

BALWAN, W.K.; SINGH, A.; KOUR, S. 5R's of zero waste management to save our green planet: A narrative review. European Journal of Biotechnology and Bioscience, v.10, n.1, p. 7-11, 2022.

BRASIL a. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Aprova o Regulamento Técnico sobre substâncias e medicamentos sujeitos a controle especial. Portaria nº344 de 12 de maio de 1998. Diário Oficial da União. Brasília, 1998.

BRASIL b. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Lei nº9605 de 12 de fevereiro de 1998. Diário Oficial da União. Brasília, 1998.

BRASIL. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n.9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Lei nº12.305 de 2 de agosto de 2010. Diário Oficial da União. Brasília, 2010.

BRASILa. POLÍCIA FEDERAL. Estabelece procedimentos para o controle e a fiscalização de produtos químicos e define os produtos químicos sujeitos a controle pela Polícia Federal. Portaria 240 de 12 de março de 2019. Brasília, 2019.

BRASILb. EXÉRCITO BRASILEIRO. Decreto Nº 10.030, de 30 de setembro de 2019. Aprova o regulamento de produtos controlados. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/decreto/D10030.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D10030.htm) >. Acesso em 10 de abr. 2020.

CNEN. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Gerência de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação. Resolução CNEN 167/14. Diário Oficial da União, nº de 15 de maio de 2014.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Resolução nº275 de 25 de abril de 2001. Diário Oficial da União, nº 117. Brasília, p. 80, 2001.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Resolução nº307 de 5 de julho de 2002. Diário Oficial da União, nº 136. Brasília, p. 95, 2002.

SÃO PAULO a. CENTRO DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Aprova norma técnica sobre gerenciamento de resíduo perigoso de medicamento em serviços de sistema de saúde. Portaria CVS 21 de 10 de setembro de 2008. Diário Oficial do Estado, nº 171. São Paulo, 2008.

SÃO PAULO b. POLÍCIA CIVIL. Portaria DPC 03 de 2008. Divisão de Produtos Controlados. Disponível em <[http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao\\_consumidor/legislacao/leg\\_produtos\\_geral/portaria%20produtos%20controlados.pdf](http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_consumidor/legislacao/leg_produtos_geral/portaria%20produtos%20controlados.pdf)>. Acesso em 10 abr. 2020.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Portaria n.208 de 19 de julho de 2020. Regulamenta os arts. 56 e 76 do Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, e o art. 8º do Decreto nº 10.388, de 5 de junho de 2020, institui o Manifesto de Transporte de Resíduos - MTR nacional, como ferramenta de gestão e documento declaratório de implantação e operacionalização do plano de gerenciamento de resíduos, dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos e complementa a Portaria nº 412, de 25 de junho de 2019. Diário Oficial da União, nº 123, Brasília, 2020.

# AVALIAÇÃO DO RISCO DE TOXICIDADE AMBIENTAL DE EFLUENTES TRATADOS POR PROCESSOS DE REMOÇÃO DE PRATA, DE EFLUENTES DO SETOR RADIOGRÁFICO, E DOS PRODUTOS FORMADOS PÓS REMOÇÃO EM HOSPITAL DE GRANDE PORTE DE JOINVILLE/SC

Matheus Duarte do Prado  
Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE

Vanessa Cristine Kobs  
Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE

Luciano Henrique Pinto  
Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE  
lucianoefar@gmail.com

Roseneide Campos Deglmann  
Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE

## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo conhecer qual dos meios utilizados para remoção de prata em efluente radiográfico – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NaCl ou NaOH – apresentam menor risco de toxicidade ambiental residual. Teve-se em sua metodologia a coleta das amostras, realização de testes em microcrustáceos *Daphnia magna*, raízes de *Eruca sativa* L. e processos de remoção da prata do efluente bruto. Apresentou os seguintes resultados: para o teste de detecção e análise de prata os resultados foram abaixo de 0,1 mg/L em todas as amostras utilizadas - Efluente bruto, NaCl, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ou NaOH - estando dentro dos limites do CONAMA. Para o teste da taxa de inibição da biomassa algácea na questão de avaliação do nível trófico primário envolvendo as algas, não houve alterações significativas no ganho de biomassa. Testes germinativos em *Eruca sativa* L. foram realizados e também não houve diferenças

significativas. Nos testes realizados com os microcrustáceos da espécie *Daphnia magna*, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> teve a menor CL<sub>50</sub> entre as amostras utilizadas. Por fim, buscou-se observar os efeitos produzidos pela exposição de microcrustáceos da espécie *Daphnia magna*, algas do gênero *Scenedesmus subspicatus*, e sementes de *Eruca sativa* L. aos efluentes produzidos pelo Raio-X de um hospital de grande porte, bem como as efluentes tratados para remoção da prata. No quesito remoção, o balanço entre eficácia de remoção e impacto ambiental dos resíduos formados precisa ser considerado, bem como uma ampla análise dos constituintes do efluente bruto.

### Palavras-chave:

Meio Ambiente, Microcrustáceos, Remoção de Prata.

## ABSTRACT

The present study has as purpose to know which of the used means for removal of silver in effluent of X-Ray - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NaCl or NaOH - present less risk of residual environmental toxicity. The methodology included collecting samples, performing tests on microcrustaceans *Daphnia magna*, roots of *Eruca sativa* L. and processes for removing silver from the raw effluent. It presented the following results: For the silver detection and analysis test the results were below 0.1 mg/L in all samples used - raw effluent, NaCl, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> or NaOH - being within the CONAMA limits. For the algae biomass inhibition rate test in the primary trophic level assessment question involving the algae, there were no significant changes in biomass gain. Germination tests on *Eruca sativa* L. were performed and no significant

differences were obtained either. In the tests performed with microcrustaceans of the species *Daphnia magna*, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> had the lowest LC<sub>50</sub> among the samples used. Finally, we sought to observe the effects produced by the exposure of microcrustaceans of the species *Daphnia magna*, algae of the genus *Scenedesmus subspicatus*, and seeds of *Eruca sativa* L. to the effluents produced by the X-Ray of a large hospital, as well as the effluents treated for silver removal. In the removal issue, the balance between removal efficacy and environmental impact of the residues formed needs to be considered, as well as a broad analysis of the constituents of the raw effluent.

### Keywords:

Environment, Microcrustaceans, Silver removal.

## INTRODUÇÃO



ampla variedade de resíduos e efluentes que são gerados nos diversos serviços de saúde podem causar um impacto significativo no meio ambiente, causando problemas em diversos níveis tróficos que afetam todo o ecossistema e podem afetar também a saúde humana. A geração destes resíduos de saúde em hospitais requer controle que são importantes para o a garantia da qualidade do solo, ar e água, como também a saúde dos trabalhadores desta área e da população em geral, uma vez que podem ter como resíduos nitratos, amônia que afetam a DBO e DQO, e no caso específico de máquinas de Raios-X, a presença de prata. A Demanda Química de Oxigênio (DQO), é a quantidade de oxigênio necessária para decompor quimicamente a matéria orgânica enquanto a Demanda Bioquímica de Oxigênio é a quantidade de oxigênio necessária para fazer isso biologicamente por meio de microrganismos.

Em hospitais são utilizados filmes de Raios-X que geram efluentes e estes podem prejudicar o meio ambiente pela liberação de prata, componente utilizado nas revelações. O problema apontado – envolvendo a emissão de prata no meio ambiente - é importante pois já é de conhecimento que este metal pesado pode interferir em processos biológicos de vegetais e animais, incluindo seres humanos, expondo-os a perigos e riscos, que vão desde problemas hepáticos a danos cerebrais, e rompimento de membranas em vegetais e micro-organismos (Naddaf et al., 2019). Pensando nisso, a liberação de prata ao meio ambiente por meio desses serviços é relevante, sendo que os riscos que a prata - um metal pesado - pode causar no meio ambiente podem ser danosos e novos parâmetros e novos testes precisam ser avaliados nesta temática (Li et al., 2020).

A prata é um metal considerado escasso na natureza, e possui utilidade importante em diversos âmbitos. Entretanto, como já mencionado, sua exposição ao meio ambiente pode trazer danos, principalmente a longo prazo, mesmo em concentrações aceitáveis (Li et al., 2020). Considerando a remoção deste metal em processos que sejam menos impactantes ao meio ambiente também, visto que não somente a remoção é necessária, mas também a remoção que não gere condições que impliquem em risco ou perigo ambiental secundário.

Desta forma, a questão norteadora deste trabalho, que se refere ao estudo de três meios de remoção de prata em efluentes brutos advindos de laboratório de Raio-X de um Hospital de grande porte de Joinville SC – envolvendo H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NaOH ou NaCl – para verificar qual apresenta menor risco de perigo de toxicidade ambiental tendo como parâmetros as alterações em micro crustáceos *Daphnia Magna* e nas raízes de *Eruca sativa* L.

Com este trabalho, espera-se compreender como é feito o descarte dos resíduos e efluentes advindos dos filmes de Raios-X utilizados em hospitais, como a prata afeta o meio ambiente e quais os impactos causados por essa exposição à prata, compreender como pode ser feita a remoção da prata e qual o método mais utilizado e de maior sucesso em recuperação para usos posteriores.

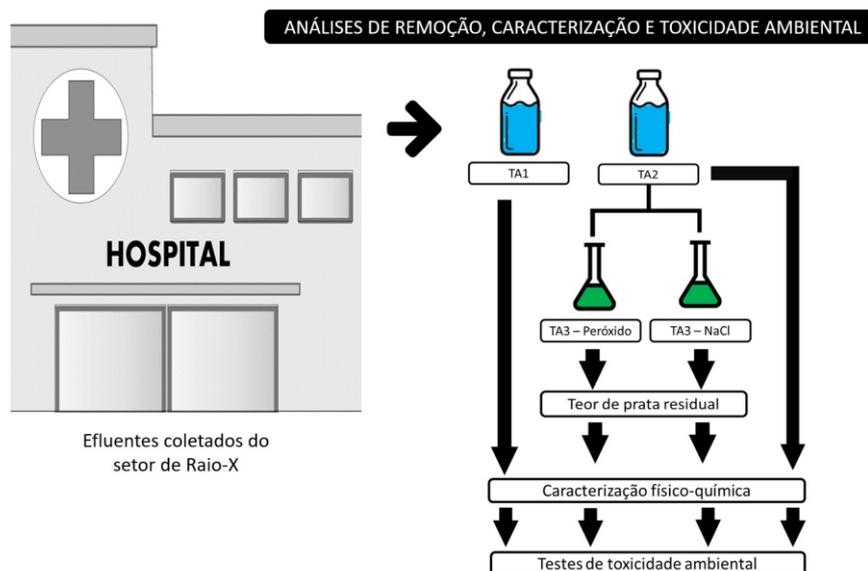
## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Delineamento do estudo

Este estudo foi realizado nos Laboratórios de Materiais e no de Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville. O material foi coletado no Hospital de grande porte de Joinville SC, mediante aprovação em curso via Gerenciamento de Tecnologia para Saúde e Departamento de Ensino e Pesquisa do Hospital, via ofício 244/2020. Iniciou-se este estudo mediante a necessidade do referido hospital em conhecer sobre a questão da eficiência dos filtros existentes, e riscos adicionais que poder-se-ia se ter com o efluente gerado pelo setor de Raio-X.

Tratou-se de um estudo experimental, envolvendo quatro atividades: [1] Coleta do material para análise, diretamente do registro do equipamento (Tipo de Amostra – TA), denominado de TA2, e coleta de água da torneira do local para controle (TA1). [2] Processo de caracterização e remoção da prata, gerando TA3- H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, TA3-NaOH e TA3-NaCl. [3] Caracterização físico-química de todas as amostras, analisando DQO, pH entre outros parâmetros; [4] análise de risco ecotoxicológico, com uso de microcrustáceos do gênero *Daphnia magna*; avaliando a letalidade e taxa de fecundidade (NBR 12.713 ABNT, 2003) frente a exposição dos efluentes advindos das máquinas de raio X do Hospital (Figura 1).

Figura 1: Atividades e testes que foram realizados.



### Coleta das amostras

Para análise de efluentes brutos teve-se dois **Tipos de Amostras (TA)** coletadas em cada setor do Hospital: **[TA1] Água de acesso**: coletada da torneira do laboratório de Raio X, usados para controle; no qual foram submetidos os mesmos procedimentos dos efluentes coletados; **[TA2] Efluentes brutos**, coletado no registro existente no equipamento destinado para descarte de amostras para análises. Ambos **TAs** foram coletados durante um período de aproximadamente um mês, em dias alternados, pela equipe técnica do hospital, na quantidade de 20 ml por ato de coleta, sendo acondicionadas em frascos reagentes graduados duram de 1 litro, previamente esterilizados. Ficaram posteriormente acondicionados no Laboratório de Meio Ambiente sob refrigeração.

Por fim teve-se o **[TA3] Efluente tratado**, Efluente bruto submetido a remoção da prata, principal contaminante deste efluente, sendo de três tipos: **TA3- H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**, **TA3-NaCl** e **TA3-NaOH**; cada um resultado de um processo distinto de remoção.

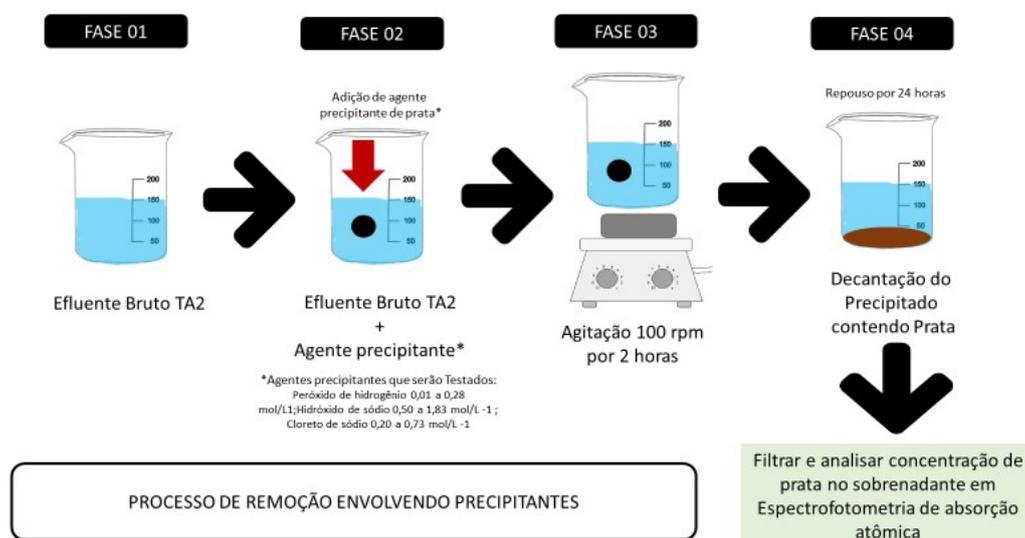
Todas as amostras coletadas foram acondicionadas em frascos de vidro borossilicato previamente esterilizados. Após as coletas, as amostras foram guardadas em caixas de isopor com gelo e ao abrigo da luz até seu acondicionamento em freezer em 24 horas.

### Etapa 01 da pesquisa: Remoção da prata do Efluente bruto – obtenção de TA3

O processo de remoção da prata presente no efluente se deu por métodos de “precipitação da prata” descritos por Bortoletto et al. (2008). Os experimentos ocorreram segundo diluições de 1:1000 do que foi coletado, seguindo balanço de massa estabelecido frente ao consumo de água do hospital.

Efluentes Brutos (TA2) foram transferidos para três recipientes de 150 ml com posterior adição em cada um dos recipientes de um dos três agentes precipitantes: [a] peróxido de hidrogênio – concentração de 0,28 mol.L<sup>-1</sup>, [b] cloreto de sódio – concentração de 0,73 mol.L<sup>-1</sup>, [c] hidróxido de sódio – concentração de 0,50 mol.L<sup>-1</sup>, baseados no estudo (Figura 2).

Figura 2: Representação de remoção de prata proposto por Bortoletto et al (2008).



Após a adição do agente precipitante, ocorreu a agitação a 100 rpm por um período de 2 horas, com posterior decantação por 24 horas em estufa a 35°C. Em seguida, a solução filtrada em funil de *bucher* e o sobrenadante posteriormente centrifugado. Posteriormente foi coletada uma alíquota do sobrenadante para a determinação de prata residual por Espectrofotometria de absorção atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES), seguindo o *Standard Methods* (1998).

A partir de então os três tipos de efluentes tratados: **TA3- H2O2**, **TA3-NaOH** e **TA3-NaCl**, que foram submetidos aos testes de perigo de toxicidade ambiental.

## **2.1 Etapa 02 da pesquisa: Caracterização físico-química: aplicados em TA1, TA2 e TA3- H2O2 / TA3-NaCl/ TA3-NaOH**

Foram registrados os dados físicos através do medidor de multiparâmetros F – HI9828, *Hanna Instruments*, certificado pela ISO 9001, os parâmetros mensurados foram: pH, oxigênio dissolvido e temperatura. A análise de demanda química de oxigênio foi aplicada segundo a metodologia da *Standard Methods* (1998), determinada por meio de espectrofotometria no espectrofotômetro *HACH Instruments*, modelo DR 4000.

Em todas as análises físicos e químicas foram comparadas os resultados obtidos com o CONAMA 430 (2011).

### **Etapa 03 da pesquisa: Testes de risco de toxicidade ambiental: aplicados em TA1, TA2 e TA3- H2O2 / TA3-NaCl/ TA3-NaOH**

Os testes de toxicidades foram realizados nos níveis tróficos primários e secundários, e em vegetais.

#### **Taxa de inibição da biomassa algácea [Nível trófico primário]**

Para a avaliação da taxa de inibição de biomassa algácea é feita a técnica descrita pelo método de Porra (2002), no qual consiste em fazer a filtração de 1ml da amostra em um filtro de fibra de vidro, depois sendo feita a extração da clorofila do filtro utilizando-se 5 ml de metanol e posteriormente colocado no ultrassom em temperatura de 4°C por um período de 20 minutos.

Logo em seguida, as amostras foram colocadas no ultrassom a 6.000 rpm por 10 minutos e posteriormente feita a leitura em espectrofotômetro para a determinação do conteúdo de clorofila, utilizando-se comprimento de onda de 500nm.

O fator de toxicidade, foi calculado por meio da inibição do crescimento de biomassa algácea utilizando-se a seguinte equação:

$$IC = \frac{M_c - M_a}{M_c} \times 100$$

Onde:

- IC = Porcentagem de inibição do crescimento algácea
- Ma = Média do número de células da solução-teste
- Mc = Média do número de células da solução controle

### **Índice de germinação de sementes de *Eruca sativa* L. [Nível trófico primário - vegetal]**

Foi baseado a partir da análise de Goulart e Tillmann (2007) onde, 5 placas de petri foram utilizadas por amostra, cada uma distribuída sobre duas folhas de papel mata-borrão, previamente umedecidas com quantidade de amostra equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco, e em cada placa foram dispostas 10 sementes de *Eruca sativa* L. Em seguida, estas foram mantidas em germinador a 30°C. Após o período de uma semana, foram realizadas a contagem do crescimento das raízes e foram determinados os seguintes parâmetros:

*Germinação relativa das sementes (%G)* por meio da equação:

$$\%G = (SGa/SGc) \times 100$$

Onde:

- SGa = Nº total de sementes germinadas na amostra
- SGc = Nº total de sementes germinadas no controle,

*Alongamento da Raiz (%R)*, que possui a seguinte equação:

$$\%R = (mRa/mRc) \times 100$$

Onde:

- mRa = Média do alongamento da raiz nas sementes germinadas na amostra
- mRc = Média do alongamento da raiz nas sementes germinadas no controle,

*Índice de Germinação (IG)* a partir da equação: que visa determinar a germinação das sementes em cada tipo de amostra, onde,

$$IG = (\%G) \times (\%R) / 100$$

### **Teste com micro crustáceos *Daphnia magna* [Nível trófico secundário]**

Para realização dos testes, foram utilizados organismos jovens, com 2 a 26 horas de idade, obtidos a partir da quarta postura de fêmeas cultivadas. O método consistiu na exposição dos organismos jovens da espécie *Daphnia magna*, a várias diluições da amostra por um período de 21 dias.

Cada ensaio foi realizado com 5 diluições da amostra, além do controle negativo. As diluições foram preparadas com precisão volumétrica, em progressão geométrica de razão 1,25. Para cada diluição,

utilizou-se 10 réplicas, dispondo individualmente 10 organismos jovens de *Daphnia magna* em béqueres de 50 mL. Cada béquer recebeu uma alíquota de 25ml da solução-teste e foi coberto com filme de PVC para evitar a evaporação e contaminação do teste com possíveis resíduos suspensos no ar.

O organismo-teste foi exposto à solução-teste (que contém as diluições dos resíduos), sendo transferido de forma a evitar a alteração da concentração final da mesma. Para tal utilizou-se um coletor de micro crustáceo a fim de não causar danos ou estresse aos indivíduos.

Os testes foram mantidos nas condições ambientais dos lotes de cultivo, com luminosidade difusa (fotoperíodo de 16 horas de luz) e temperatura de 18°C a 22°C. Os organismos-teste receberam diariamente alimentação, sendo fornecido como alimento a alga clorofícea *Scenedesmus subspicatus*, em concentrações próximas a 10<sup>7</sup> células/mL,

Os organismos foram acompanhados durante o teste, sendo que na primeira semana foram realizadas observações diárias e, após este período, com leituras três vezes por semana, em dias intercalados. Nestes momentos observou-se a sobrevivência e número de jovens gerados por fêmea. Testes feitos em TA1, TA2 e TA3.

### 3. Resultados e discussões

#### 3.1 Parâmetros físico-químicos da amostra

O pH de referência da água coletada em laboratórios teve valor próximo a 7,4, enquanto no efluente bruto, o valor levemente mais alcalino (8,15), devido a presença de compostos nitrogenados que se comportam como bases de Lewis, comuns em efluentes. Tais valores não diferenciaram muito dos efluentes tratados com NaOH e NaCl, sendo o primeiro mais alcalino. O efluente tratado com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, por sua vez, foi o que teve menor pH (Tabela 1):

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos

Tipos	pH	DQO
TA 2 EB	8,15	288
TA 3 ET NaOH	9,12	286
TA 3 ET H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	3,16	235
TA 3 ET NaCl	8,3	265

Com relação a demanda química de oxigênio (DQO), seu valor foi mais elevado no efluente bruto, sendo o tratado com NaCl o com menor valor. DQO é um indicador de matéria orgânica baseado na concentração de oxigênio consumido para oxidar a matéria orgânica, biodegradável ou não, em meio ácido e condições energéticas por ação de um agente químico oxidante forte. Esta técnica apenas estima a concentração de matéria orgânica em termos de oxigênio consumido já que nos corpos d'água as condições não são tão energéticas, além do fato de que algumas espécies inorgânicas, tais como nitritos, compostos reduzidos de enxofre e substâncias orgânicas não são oxidadas (Valente, Padilha, Silva, 1997).

### **Teste para detecção e análise de quantidade de prata e remoção**

O efluente bruto apresentou a quantidade de 0,065 mg/L. Valor este abaixo do determinado pelo CONAMA (Resolução 357/05), que aponta como valor tolerável a concentração de 0,1 mg/L. Entretanto, como afirma Brouillard et al. (2018); os padrões necessitam ser periodicamente reavaliados pois fatores como tempo de exposição vem sobrepondo a questão da quantidade exposta uma única vez.

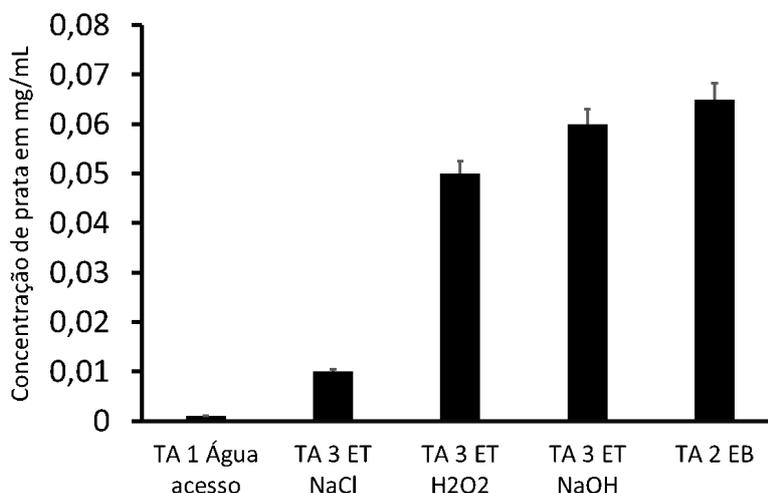
Tal resultado ainda mostra que o processo de filtro utilizado pelo equipamento cumpre a função, mas uma quantidade residual ainda chega ao meio ambiente, e uma análise do impacto ambiental emergente se faz necessário.

Vale ainda ressaltar que apesar da legislação especificar o volume de efluentes que podem ser descartados no meio ambiente, muitos hospitais e clínicas encontram dificuldades em seguir as recomendações feitas pelos órgãos ambientais, e continuam a descartar os efluentes sem nenhum tipo de restrição e podendo levar assim a diversos problemas ambientais (Zewdu et al., 2017). Sendo assim, tanto a questão da legislação vigente, quanto a necessidade de avaliar o impacto ambiental emergente se fazem necessários, o que inclui a análise de toxicidade pós remoções propostas neste trabalho.

Quanto ao processo de remoção adotado nesta pesquisa, observou-se que o processo envolvendo NaCl teve um maior poder de remover a prata do efluente utilizado, seguido do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, sendo o com NaOH o menos efetivo e com valor próximo ao do Efluente Bruto (Figura 3).

Esta diferença pode ser explicada pela questão de o NaCl favorecer a formação do AgCl (Bortolli et al., 2020) que apresenta uma estabilidade maior quando comparado com outros produtos formados em outros métodos. Ressalta-se ser ainda um método barato e de pouca influência sobre o pH do meio.

Figura 3: Concentrações de Ag após remoção, comparado com EB (efluente bruto). TA3 ET NaCl (Efluente tratado com NaCl) apresentou melhor capacidade de remover prata do que os demais métodos. Resultados em função da quantidade crescente de prata nas amostras.

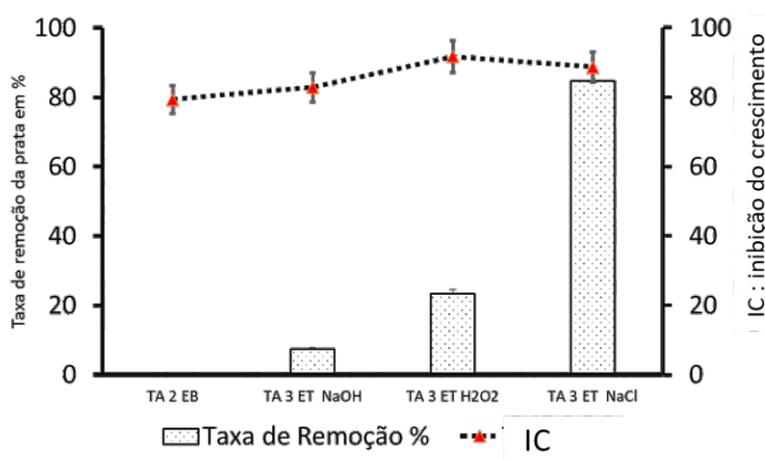


### Teste de biomassa de algas [nível trófico primário]

Para a análise comparativa dos parâmetros de toxicidade ambiental, calculou-se as taxas de remoção relativas de Ag nos processos envolvidos, em relação ao Efluente Bruto (TA2). A água coletada (TA1) serviu de controle negativo para as análises.

Na questão de avaliação do nível trófico primário envolvendo as algas, a perda de biomassa foi considerável em todas as condições, com média de 80%, porém não havendo alterações significativas desta inibição de biomassa entre as condições sendo todas não desejadas (Figura 4)

Figura 4: Inibição de crescimento com valores médios em torno de 80%, porém sem alterações significativas nas condições de remoção de prata. Análise em função da quantidade crescente de prata nas amostras.

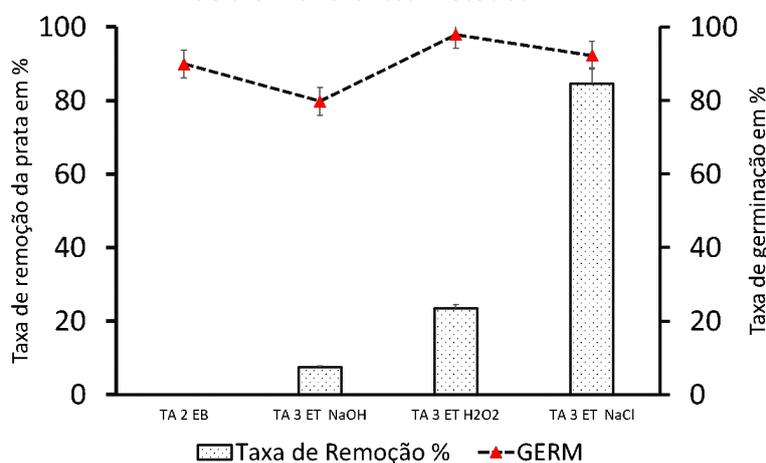


Segundo Onakpa et al. (2018), em seres de menor complexidade a prata pura não causa tantos danos quanto na forma de nanopartículas, não sendo uma questão ainda que desperte preocupação em termos ambientais, mas requer estudos quanto ao risco emergente a longo prazo.

### Teste germinativo *Eruca sativa* L. [nível trófico primário]

No teste germinativo também não houve diferenças significativas (figura 5), como se pode observar na figura 5.

Figura 5: Alterações na germinação de sementes frente a presença de prata e remoção dela em diferentes métodos.



Como mencionado por Onakpa et al. (2018), seres autotróficos apresentam menos sensibilidade a toxicidade por prata em condições já estabelecidas como seguro, sendo necessário testes a longo prazo para verificar algum tipo de alteração a partir de então.

O processo de germinação de sementes com baixa qualidade fisiológica é mais sensível às variações nas condições ambientais de campo, o que pode contribuir para ocorrência de menores porcentagens de ocorrência de plântulas (Guedes et al., 2009).

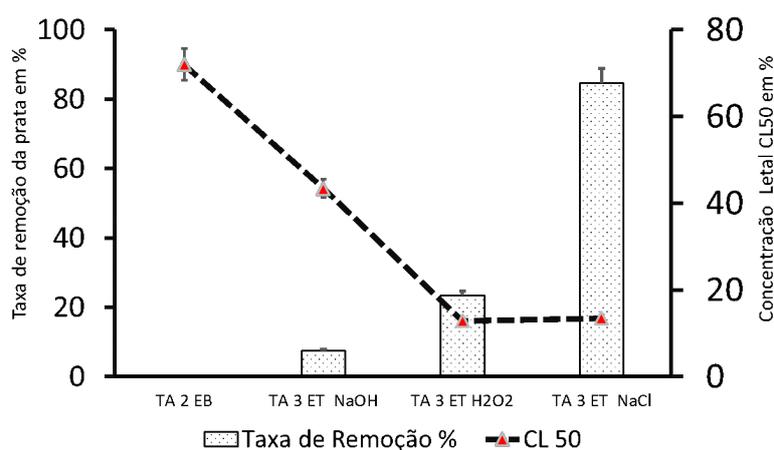
### Teste com *Daphnia magna* [nível trófico secundário]

Segundo Queiroz (2015) concentração letal média (CL50) refere-se à concentração de um produto químico no ar ou na água que leva à morte de 50% dos indivíduos num tempo pré-estabelecido.

Ao analisar os resultados do teste de letalidade (Figura 6). Com isso, tem-se que TA3 ET H2O2 e TA3 ET NaCl são os composto que necessita da menor concentração para que ao menos 50% das amostras de

*Daphnia magna* morram ao serem expostas ao teste. Paradoxalmente, as condições TA3 ET H2O2 e TAS ET NaCl são as que apresentaram melhor remoção da prata, talvez isto indique que para este organismo não é a prata o problema, mas outros íons que permaneceram na solução; o que levou a um aumento da CL (figura 6)

Figura 6: Redução da concentração de prata implicando em menores valores de CL 50 nas condições testadas.



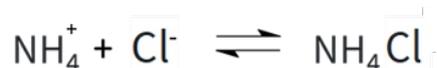
A princípio, a redução de CL 50 em TA3 ET H2O2 pode estar associada a questão da alteração do pH, que se tornou mais ácido quando comparado com o TA 2 EB (valor de pH 3,16 e 8,5 respectivamente). É sabido que *Daphnias magna* se tornam mais sensíveis a mudanças com pH mais ácido (Tkaczyk et al, 2021). Entretanto, o valor de CL50 encontrado em TA3 ET NaCl está com valor de pH igual a 8,3, o que descarta a hipótese da acidez para este grupo. O excesso de cloretos advindos do excesso de NaCl pode ter levado a formação de cloretos de amônia (NH4Cl) – uma vez que o pH elevado indica a possível presença deste composto, o que explicaria o fenômeno observado, visto que se trata de um composto com conhecida toxicidade aquática (Liu et al., 2020).

A amônia ionizada em característica não lipofílicas, no qual sua persuasão tecidual fica comprometida e não afeta seres vivos. Por sua vez, meios alcalinos tendem a contribuir para a forma não ionizada, mais lipofílica e nociva (Equação 1).



**Equação 1:** em meio aquoso ocorre a formação da forma ionizada NH4+, menos lipofílica e com menor persuasão tecidual em seres vivos. Em meio ácido o equilíbrio é deslocado para a forma NH3, mais lipofílica, e em meio alcalino para o modo menos lipofílico

A parte menos tóxica, correspondente a não lipofílica, quando exposto as condições de presença de cloretos – pode vir a formar o cloreto de amônio, sendo este lipofílico (Equação 2), levando a um reforço na condição de afetar os seres vivos (Damato et al., 2011).



**Equação 2:** Em meio alcalino, como o que se encontra em TA3 ET NaCl, haverá predominância de NH<sub>3</sub> como já descrito em equação 1. A quantidade restante de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> por sua vez, reagindo com Cl<sup>-</sup> em excesso, forma uma condição mais lipofílica, aumentando a toxicidade

Esta condição implica que a remoção de um dado composto em efluente bruto requer a análise da formação de novos, uma vez que os resíduos formados podem ser iguais ou mais nocivos que o original, sendo um parâmetro a ser melhor explorado (Oliveira et al., 2021). A questão da toxicidade ambiental precisa então de avaliações de diversos parâmetros, que permitam gerar dados mais conclusivos.

## CONCLUSÕES

Com o presente estudo, buscou-se observar os efeitos produzidos pela exposição de microcrustáceos da espécie *Daphnia magna*, algas do gênero *Scenedesmus subspicatus* e sementes de *Eruca sativa* L. aos efluentes produzidos pelo Raio-X de um hospital de grande porte, bem como as efluentes tratados para remoção da prata. Apesar de estarem dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente, o risco de impactos ambientais emergentes existe, e precisa ser investigado para ter subsídios para atualizações de normas e leis ambientais.

Apesar do nível trófico primário não ter sido afetado de forma diferenciada nos diferentes tipos de TA – o que denotaria maior risco e perigo - impactos no nível trófico secundário devem ser considerados por poderem afetar toda cadeia a longo prazo, e não somente a forma de descontaminar que deve ser considerada, mas os meios utilizados e a formação dos novos compostos,

No quesito remoção, NaCl mostrou-se o mais efetivo, porém deve-se ter um balanço entre eficácia de remoção e impacto ambiental dos resíduos formados, bem como uma ampla análise dos constituintes do efluente bruto. Sugere-se estudos que avaliem o teor de amônia nestes compostos e sua relação com toxicidade secundária a remoções envolvendo cloretos.

## REFERÊNCIAS

BORTOLETTO, E. C. et al. Remoção da prata em efluentes radiográficos. *Acta Sci. Technol. Maringá*, v. 29, n. 1, p. 37-41, 2007

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama n° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF. Disponível em: [http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO\\_CONAMA\\_n\\_357.pdf](http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf). Acesso em: 28 out. 2021

BORTOLI, L. D. et al. Removal of silver nanoparticles coated with different stabilizers from aqueous medium by electrocoagulation. *Environmental Technology*, v. 41, n. 9, p. 1139–1150, 15 abr. 2020.

BROUILLARD, C. et al. Silver absorption and toxicity evaluation of silver wound dressings in 40 patients with chronic wounds. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, v. 32, n. 12, p. 2295–2299, dez. 2018.

DAMATO, M.; BARBIERI, E. Determinação da toxicidade aguda de cloreto de amônia para uma espécie de peixe (*Hyphessobrycon callistus*) indicadora regional. *O Mundo da Saúde*, v. 35, n. 4, p. 401–407, 30 mar. 2011.

GOULART, L. S., TILLMANN, M. A. A., Vigor de sementes de rúcula (*Eruca sativa* L.) pelo teste de deterioração controlada. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 29, nº 2, p.179-186, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/DDvKmHxBfVC5KfKpdDWSx/?format=pdf&lang=pt>.

GUEDES, R. S. et al. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes *Erythrina velutina* Willd. *Ciências Agrárias, Ciênc. agrotec.* 33 (5), out. 2009.

LI, H. et al. Effects of silver(I) toxicity on microstructure, biochemical activities, and genic material of *Lemna minor* L. with special reference to application of bioindicator. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 27, n. 18, p. 22735–22748, jun. 2020.

LIU, N. et al. Mechanisms of cetyltrimethyl ammonium chloride-induced toxicity to photosystem II oxygen evolution complex of *Chlorella vulgaris* F1068. *Journal of Hazardous Materials*, v. 383, p. 121063, fev. 2020.

NADDAF, E. et al. Peripheral neuropathy associated with silver toxicity. *Neurology*, v. 92, n. 10, p. 481–483, 5 mar. 2019.

ONAKPA, M. M.; NJAN, A. A.; KALU, O. C. A Review of Heavy Metal Contamination of Food Crops in Nigeria. *Annals of Global Health*, v. 84, n. 3, p. 488–494, 31 ago. 2018.

PORRA, R. J., The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. *Photosynthesis Research*, 73(1/3), 149–156, 2002. doi:10.1023/a:1020470224740

QUEIROZ, S. Tratado de toxicologia ocupacional. 2. ed. Rio de Janeiro: Biblioteca 24 Horas, 2015.

TKACZYK, A. et al. Daphnia magna model in the toxicity assessment of pharmaceuticals: A review. Science of The Total Environment, v. 763, p. 143038, abr. 2021.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP, Eclét. Quím. 22, 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eq/a/8QYrd8YdJNYZ6SmTFyyJtRx/?lang=pt>. Acesso em: 15 mar. 2022.

ZEWDU, M., KADIR, E., BERHANE, M. Analysis and Economic Implication of X-Ray Film Reject in Diagnostic Radiology Department of Jimma University Specialized Hospital, Southwest Ethiopia. Ethiopian Journal of Health Sciences, v. 27, n. 4, p. 421, 2017.

# REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE EXTRAÇÕES E APLICAÇÕES DE COMPOSTOS BIOATIVOS PROVENIENTES DE RESÍDUOS DE FRUTOS ALIMENTÍCIOS

Jaqueline Ferreira Silva

Jaqueline Gilmara Barboza Januário

Bruna Mayara Roldão Ferreira

Bruno Henrique Figueiredo Saqueti

Carmen Torres Guedes

Eloize Silva Alves

Jéssica de Souza Alves Friedrichsen

Luciana Alves da Silva

Marina Melliny Guimarães de Freitas

Pauline Godoi Silva

Angélica Marquetotti Salcedo Vieira

## RESUMO

Durante o processamento de alimentos uma grande quantidade de resíduos é gerada. Muitos estudos apontam a importância do reaproveitamento desses resíduos. Quando se trata de frutos os compostos bioativos são promissores para a recuperação e uso em diversas aplicações. Para entender onde está o principal foco dos estudos mais recentes de resíduos e quais as suas aplicações na indústria, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão sistemática sobre as aplicações de compostos bioativos provenientes de resíduos de frutos alimentícios. A pesquisa bibliográfica foi realizada em setembro de 2022 na base de dados *Science Direct*. Os artigos considerados para essa pesquisa foram os publicados entre 2022 e 2023 pois buscou-se a delimitação em estudos recentes. Para a busca, os seguintes termos foram utilizados: "waste", "bioactive compounds", "fruits", "Brazil", "application". Foram encontrados 64 artigos, dos quais 28 foram selecionados para análise. Os resíduos de frutos mais utilizados foram de jabuticaba, maracujá e amora. Foi possível observar que 50% dos trabalhos analisados

não realizaram aplicações dos compostos de interesse extraídos, para os trabalhos que realizaram a aplicação, a forma mais utilizada foi a incorporação em embalagens ativas biodegradáveis para alimentos. As extrações, solventes e métodos de quantificação e/ou identificação dos compostos bioativos mais utilizados foram aqueles de fácil desenvolvimento e aplicação, além de baixo custo para sua realização. Conclui-se que dentre os artigos estudados, a maioria não apresenta a aplicação dos compostos extraídos, mas mostram que os resíduos de frutas gerado pela indústria de alimentos possui alto valor agregado e são ricos em compostos bioativos que podem ser utilizados tanto como ingredientes para obtenção de produtos funcionais quanto na forma isolada.

### Palavras-chave:

Antioxidantes naturais; Aplicação de compostos bioativos; Extração convencional; Extração assistida por ultrassom; Solventes verdes.

# REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE EXTRAÇÕES E APLICAÇÕES DE COMPOSTOS BIOATIVOS PROVENIENTES DE RESÍDUOS DE FRUTOS ALIMENTÍCIOS

---

## ABSTRACT

*During food processing a large amount of waste is generated. Many studies point to the importance of reusing these residues. When it comes to fruits, bioactive compounds are promising for recovery and use in several applications. In order to understand where the main focus of the most recent studies on residues is and what are their applications in the industry, the present study aimed to carry out a systematic review on the applications of bioactive compounds from food fruit residues. The bibliographic search was carried out in September 2022 in the Science Direct database. The articles considered for this research were those published between 2022 and 2023, as the delimitation was sought in recent studies. For the search, the following terms were used: "waste", "bioactive compounds", "fruits", "Brazil", "application". 64 articles were found, of which 28 were selected for analysis. The most used fruit residues were jabuticaba, passion fruit and blackberry. It was possible to observe that 50% of the analyzed works did not carry out applications of*

*the extracted compounds of interest, for the works that carried out the application, the most used form was the incorporation in biodegradable active packaging for food. , solvents and methods of quantification and/or identification of the most used bioactive compounds were those that were easy to develop and apply, in addition to having a low cost. It is concluded that among the articles studied, most do not present the application of the extracted compounds, but show that fruit waste generated by the food industry has a high added value and is rich in bioactive compounds that can be used both as ingredients to obtain functional products and in isolated form.*

### **Keywords:**

Natural antioxidants; Application of bioactive compounds; Conventional extraction; Ultrasound-assisted extraction; Green solvents..

## INTRODUÇÃO



relação entre alimentação e saúde humana é cada vez mais evidente, o que vem afetando a escolha alimentar dos consumidores, a busca por produtos com maior vida útil e com maior segurança, além disso, a necessidade de diminuir o desperdício de alimentos e o melhor aproveitamento dos recursos subutilizados. Portanto, ingredientes ou aditivos alimentares naturais têm sido avaliados como substitutos dos sintéticos devido aos seus efeitos nutricionais e tecnológicos associados a benefícios à saúde (BENVENUTTI et al., 2021; FREITAS et al., 2021; MARTINS et al., 2016). Devido a uma grande quantidade de geração de resíduos foi registrada, juntamente com um tremendo crescimento nas indústrias baseadas na agricultura ao longo de uma década, levando a uma produção com abordagem sustentável para a utilização de produtos residuais produzidos durante a fabricação do alimento (NG et al., 2020).

A Food and Agriculture Organization (FAO) estimou que há aproximadamente 13,8% de perda de alimentos desde a pós-colheita até a distribuição em 2016 e 221 milhões de toneladas de alimentos são perdidas e desperdiçadas a cada ano nas cadeias produtivas e varejistas (FAO, 2021; FAO et al., 2019). O processamento de alimentos gera subprodutos, os resíduos alimentares na forma de cascas, sementes, talos, folhas e bagaço que ainda contêm altos níveis de biopolímeros e moléculas bioativas (RAN et al., 2019). A valorização desses subprodutos e resíduos reduzirá a poluição ambiental e levará a produtos de valor agregado, criando mercados subsidiários e fontes de renda (ROUTRAY, ORSAT, 2019; SILVA, DUARTE, BARROZO, 2019). Estudos recentes têm sido publicados sobre a recuperação desses compostos para produção de nutracêuticos (FARIA-SILVA et al., 2020) e alimentos funcionais (COMUNIAN, SILVA, SOUZA, 2021).

Resíduos agroindustriais representam aproximadamente 1/3 da biomassa e têm grande potencial para ser uma fonte de baixo custo, como cascas, sementes, caroços, polpas, tortas e folhas são foco de inúmeros estudos, logo o uso desses pode trazer mais benefícios ao meio ambiente e aumentar a rentabilidade industrial, evitando desperdícios e possibilitando maior diversidade de produtos. Esses resíduos são fonte de um enorme espectro de metabólitos secundários de plantas (ALEXANDRE et al., 2017), como

compostos fenólicos, conhecidos como a classe mais significativa de compostos bioativos com atividade antioxidante encontrada em tecidos de frutas (ROSSETTO et al., 2020). As cascas de frutas e vegetais são ricas em compostos fenólicos com potencial uso como antioxidantes naturais e inúmeros benefícios à saúde (BAMBENI et al., 2021; BALLESTEROS-VIVAS et al., 2019; PEANPARKDEE; IWAMOTO, 2019; TUNNA et al., 2017).

Os compostos fenólicos, um dos compostos bioativos de interesse, têm recebido atenção devido às suas reconhecidas propriedades bioativas, como efeitos antibacterianos, anti-inflamatórios, antioxidantes e quimiopreventivos (BENVENUTTI et al., 2020; FERREIRA et al., 2017). As fontes mais ricas de compostos fenólicos encontrados na natureza são plantas aromáticas, frutas, vegetais, sementes, bebidas e temperos assim como os subprodutos gerados durante o seu processamento industrial (COSTA et al., 2015; KUMAR et al., 2021; SETEMBRO-MALATERRE et al., 2018). Há diversas aplicações e estudos referentes à utilização de resíduos alimentares como um todo, onde se há uma extração de compostos bioativos presentes nos resíduos industriais e a aplicação dos mesmos (DE SOUZA et al., 2022; GÓMEZ; MARTINEZ, 2018, LEE et al., 2020; REZENDE et al., 2017), tornando assim uma boa oportunidade para implementar a economia circular e reduzir o aumento contínuo na produção de resíduos orgânicos (POURBAYRAMIAN et al., 2021) e seu consequente problema ambiental.

Dessa forma, para entender onde está o principal foco dos estudos mais recentes de resíduos e quais as suas aplicações na indústria, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão sistemática sobre as aplicações de compostos bioativos provenientes de resíduos de frutos alimentícios.

## 2. Referencial teórico

As perdas de alimentos podem ocorrer ao longo de toda a cadeia de abastecimento, desde o portão da fazenda até a casa, gerando assim um grande volume de resíduos. Nos países desenvolvidos, o lixo domiciliar é o responsável pelo alto índice de desperdício de alimentos (ANANDA, KARUNASENA, PEARSON, 2022; FLORKOWSKI, US, KLEPACKA, 2018; TONINI, ALBIZZATI, ASTRUP, 2018), o que leva a uma perda econômica e ambiental significativa (CATTANEO, FEDERIGHI, VAZ, 2021).

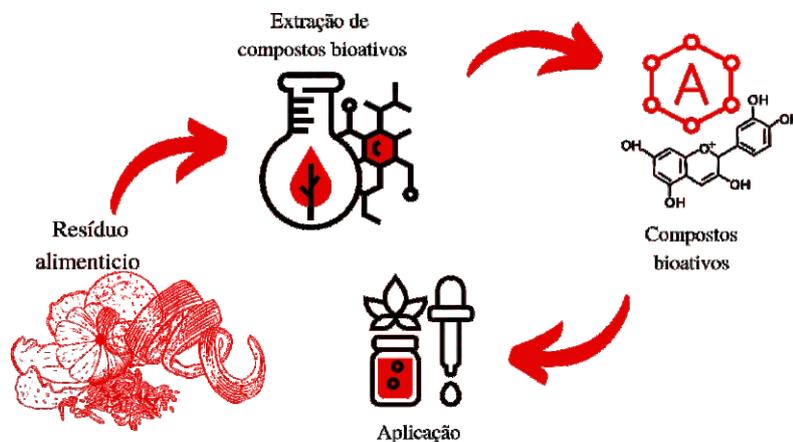
Uma forma para agregar valor a esse tipo de produto é a aplicação dele como por exemplo ração animal (LATKA et al., 2022), produção de biogás (SIAW, ODURO-KORANTENG, DARTEY, 2022), filmes biodegradáveis (ZHANG et al., 2022) para resíduos em geral de alimentos. Para as indústrias que usam frutas como sua matéria-prima a extração de composto naturais, agregam valor para parte da produção que seria descartada e diminuindo o descarte no meio ambiente, este trabalho traz alguns exemplos.

### 3. Método da pesquisa

O presente estudo trata-se de uma revisão sistemática de artigos científicos sobre as aplicações de compostos bioativos provenientes de resíduos de frutos alimentícios brasileiros. A pesquisa bibliográfica foi realizada em setembro de 2022 na base de dados *Science Direct*.

Os artigos considerados para essa pesquisa foram os publicados entre 2022 e 2023 pois buscou-se a delimitação em estudos recentes, outro filtro foi o tipo de artigo, foram filtrados somente artigos de pesquisa. Para a busca, os seguintes termos foram utilizados: "waste", "bioactive compounds", "fruits", "Brazil", "application". Os artigos que continham a combinação dos descritores citados no título ou resumo foram considerados. Desconsiderou-se aqueles que se tratava de teses, monografias, dissertações e estudos realizados em outros países. Foram encontrados um total de 64 artigos até a data de 10 de outubro de 2022. Assim, a pesquisa consistiu em buscar os resíduos, o tipo de extração (métodos e solventes), os compostos extraídos e a aplicação, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1- Esquema ilustrativo da recuperação à aplicação de compostos bioativos provenientes de resíduos de frutos alimentícios



Fonte: dados da pesquisa.

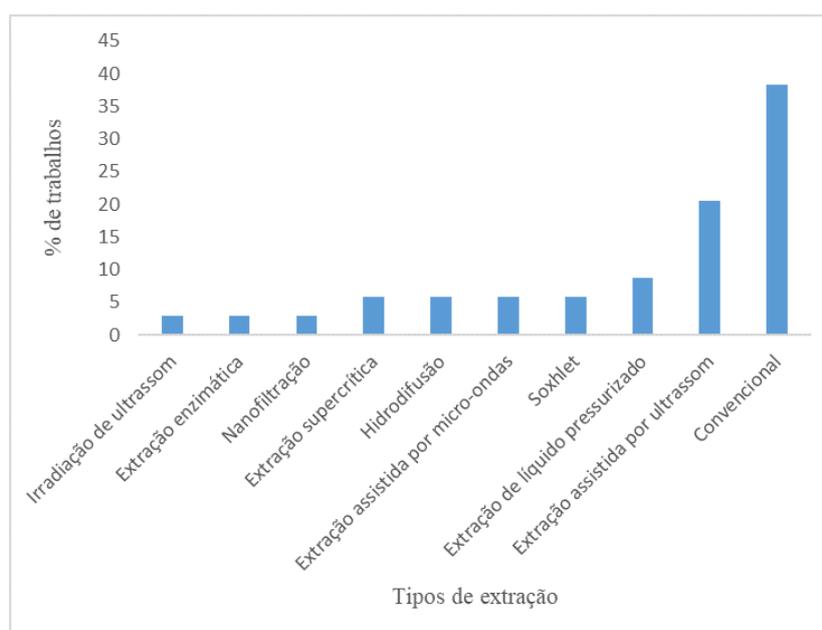
### 4. Resultados e discussões

Uma melhor gestão do desperdício de alimentos é uma ferramenta rentável para alcançar a sustentabilidade e a segurança alimentar, num mundo com escassez iminente de recursos naturais, como terra, água, energia e fertilizantes (REGUENGO et al., 2022).

O número total de artigos encontrados na plataforma *Science direct* foi de 64 artigos, utilizando os filtros de palavras "waste", "bioactive compounds", "fruits", "Brazil", "application" e ano de publicação 2022 e 2023. Destes 64 artigos, foram excluídos os duplicados e os quais não estavam dentro do tema de estudo. Os artigos selecionados e analisados estão descritos na tabela 1, onde foram usados pelos autores parte descartáveis da matéria-prima como casca, sementes e/ou bagaço proveniente do processamento destes frutos.

A utilização dos métodos de extração convencional e assistida por ultrassom representa mais de 40% dos métodos usados pelos artigos analisados (Fig. 2). Devido as suas facilidades de extração e baixo custo para aplicação desta tecnologia, elas são amplamente utilizadas, onde uma das principais desvantagens é o maior tempo necessário para extração e grandes quantidades de solvente necessárias para a extração convencional (DA ROSA et al., 2019; DRINIĆ et al., 2021; MEREGALLI et al., 2021). As extrações consideradas como convencionais têm sido empregados para a extração de compostos bioativos de material vegetal, como maceração e métodos de extração por agitação, onde essa metodologia de extração apresenta algumas desvantagens, como consumir mais tempo e solvente e necessidade de alta temperatura, mas em contrapartida é relativamente simples e baixo custo para sua excussão. Já a utilização da metodologia de extração assistida por ultrassom é uma tecnologia relativamente simples que vem sendo cada vez mais estudada, onde as ondas ultrassônicas facilitam a transferência de massa da amostra para o solvente, resultando em uma maior extração desses compostos e um menor tempo e temperatura de extração, diminuindo a possibilidade de degradação (AGARWAL et al., 2018; MEHMOOD et al., 2019; SILVA JÚNIOR et al., 2021).

Figura 2 – Métodos de extração dos compostos bioativos.

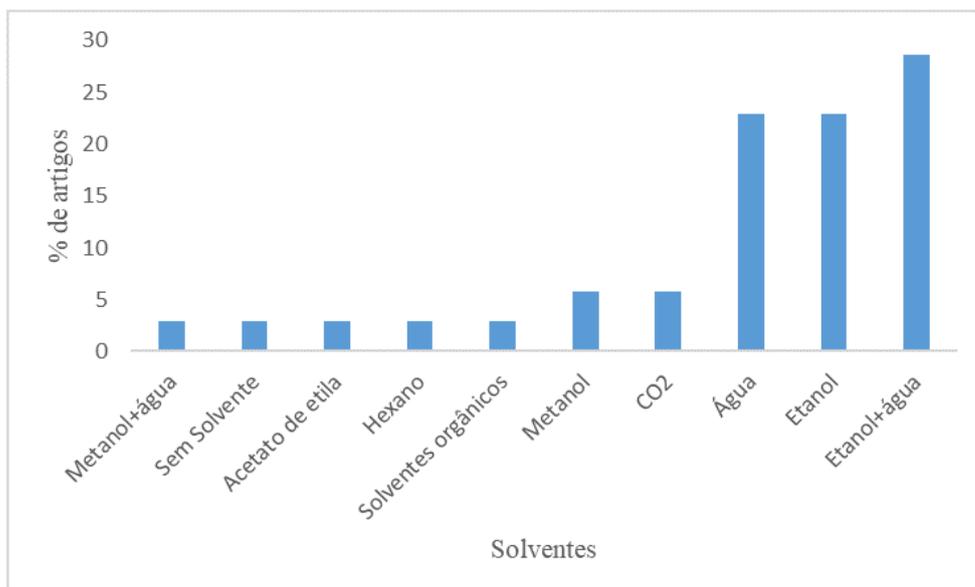


Fonte: dados da pesquisa.

Técnicas de extração não convencionais foram propostas para substituir a extração convencional sólido-líquido, a fim de reduzir a exploração de solventes poluentes, melhorar a seletividade e segurança do processo, reduzir o tempo de extração para reduzir os danos térmicos e permitir o uso de solvente químico não tóxico para atender às normas de segurança alimentar, além de ser uma extração verde, conseqüentemente reduzir o impacto no meio ambiente, além da aplicação como nutracêuticos ou alimentos funcionais desses compostos (CHEMAT et al., 2012; GALANAKIS, 2021; SHI et al., 2012), por isso a importância de estudá-las e aplicá-las para determinação de suas particularidades e de viabilidade para aplicação das mesmas pela indústria.

Os solventes podem ser considerados como o coração do processo de extração de solventes para isolamento e concentração de vários compostos a serem extraídos (PRASAD et al., 2022). Em relação à questão das substituições dos solventes com maior poder de extração por solventes verdes, esse comportamento pode estar relacionado a substituição devido aos riscos que geram fortes limitações para sua implementação em escala, inúmeros estudos têm sido feitos para enfatizar a importância dessa substituição (MEHRABANI, VATANPOUR, KOYUNCU, 2022). A utilização dos solventes água, etanol e a mistura do mesmo representam mais de 60% (Fig. 3), que mostra uma preocupação dos autores com a utilização de solventes verdes, levando em consideração que são compostos extraídos de resíduos a busca por solventes que tenha o menor impacto é uma abordagem significativa para sustentabilidade.

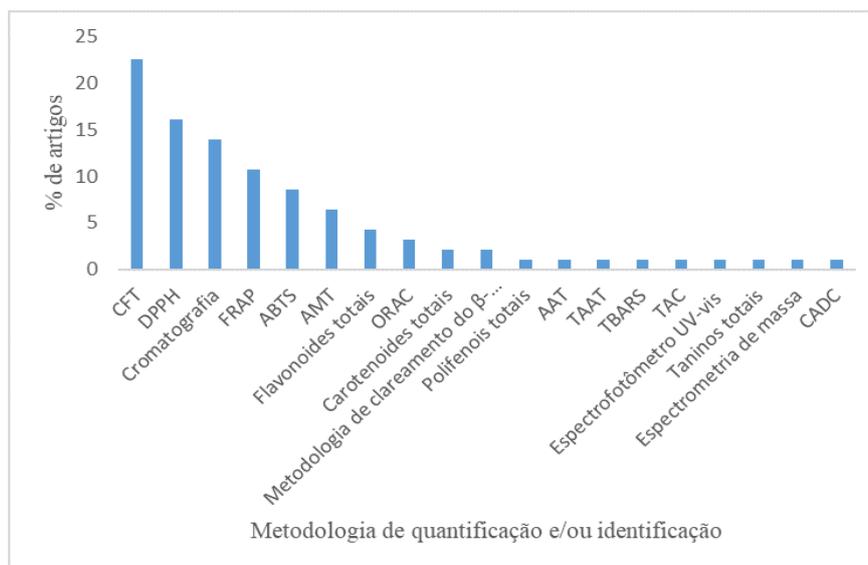
Figura 3 – Solventes utilizados na extração dos compostos bioativos.



Fonte: dados da pesquisa.

Os principais métodos de quantificação e/ou identificação destes compostos bioativos, se baseiam na quantificação da capacidade antioxidante (Fig. 4), devido a serem metodologias de fácil aplicação e relativamente de baixo custo onde necessitam de um espectrofotômetro e reagentes para sua realização.

Figura 4 – Métodos de quantificação e detecção dos compostos bioativos.



Fonte: dados da pesquisa. CFT – metodologia de compostos fenólicos totais; AMT – antocianinas monoméricas totais; AAT – atividade antioxidante total; HPLC – cromatografia líquida de alta eficiência; TAAT – teor de ácido ascórbico, determinado de acordo com AOAC (2002); CADC – capacidade antioxidante determinada por colorimetria; AAT – determinação de ácido ascórbico por titulação determinado pela Federação Internacional de Produtores de Sucos de Frutas.

A maioria dos compostos extraídos pelos autores não foram aplicados 61,5% (Fig. 5), mostrando uma maior necessidade de estudos para essa parte, para que a indústria possa observar possibilidade de aplicação desses compostos e até uma maior valorização destes compostos. Os compostos bioativos têm muitos benefícios para a saúde o que atraem muito o interesse de pesquisadores e consumidores; no entanto, são quimicamente instáveis, o que restringe sua aplicação em produtos alimentícios e farmacêuticos (ZIMMER, MENDONÇA, ZAMBIAZI, 2022).

Figura 5 – Aplicações dos compostos bioativos para os trabalhos analisados nesse estudo.



Fonte: dados da pesquisa.

Tabela 1 – Artigos selecionados para discussão.

Frutos	Tipo de extração	Solvente	Composto identificado	Análise	Aplicação	Autor/ano
Acerola (bagaço)	Extração supercrítica	Água	Antioxidantes; Ácido ascórbico; Kaempferol; Quercetina; Isorhamnetina	Cromatografia; DPPH; ABTS; FRAP; CFT	Não aplicou	Mesquita et al., 2022
Cenoura (bagaço)	Extração assistida por ultrassom	Etanol	Carotenoides; Fenólicos totais	Cromatografia; CFT	Não aplicou	Esposito et al., 2022
Maracujá (casca amarela; frutos muito maduros)	Convencional	Etanol e Água	Fenólicos totais; Antioxidantes	CFT; DPPH TAC	Conservante em hambúrguer	Souza et al., 2022
Algaroba (resíduo)	Convencional	Metanol	Fenólicos totais; Flavonoides; Antioxidante	DPPH; ABTS; CFT; Cromatografia; FRAP	Não aplicou	Cavalcante et al., 2022
Amora (bagaço)	Irradiação de ultrassom	Água	Fenólicos totais; Antioxidantes; Antocianinas; Flavonoides; Cianidina-3-O-glicosídeo; Cianidina-3-O-rutinosídeo	Cromatografia; AMT; DPPH; ABTS; FRAP; CFT	Corante em Iogurte	Sousa et al., 2022
Pimenta rosa (resíduo)	Extração assistida por ultrassom	Etanol 70%	Carotenoides; Ácidos orgânicos; Ácidos fenólicos; Flavonoides; Antocianinas; Galotaninos; Terpenos	DPPH; FRAP; ORAC; Metodologia de clareamento do $\beta$ -caroteno; Cromatografia	Corante em conservas de sardinha	Barreira et al., 2022
Morangos e framboesas (bagaço)	Hidrodifusão; Extração assistida por micro-ondas	Sem solventes; Água acidificada com ácido cítrico; Solvente orgânico	Fenólicos totais; Antocianinas; Pelargonidina-3-glicosídeo; Cianidina-3-dihexosídeo; Cianidina-3-glicosídeo	CFT; ORAC; AMT; Cromatografia.	Não aplicou	Farias et al., 2022
Tucumã-i-da-várzea (bagaço)	Extração enzimática	Água	Fenólicos totais; Antioxidantes	CFT; ABTS	Não aplicou	Santos et al., 2022
Bacupari (casca e semente)	Convencional	Metanol	Fenólicos totais; Antioxidantes; Quinina; Ácido -cumárico; Formononetina	CFT; FRAP; ABTS; DPPH; Cromatografia.	Não aplicou	Melo et al., 2022
Tomate (bagaço)	Extração assistida por micro-ondas; Extração de líquido pressurizado; Soxhlet	Etanol; Acetato de etila	Antioxidantes; Licopeno; $\beta$ -caroteno	DPPH; FRAP; Cromatografia; Metodologia de clareamento do $\beta$ -caroteno	Não aplicou	Chada et al., 2022
Bergamota (albedo e casca)	Convencional	Água	Ácido ascórbico; Carotenoides; Polifenóis totais; Flavonoides; Antocianinas	AAT; CFT; Carotenoides totais; CADC; Cromatografia	Não aplicou	Siano et al., 2023

Continua

## Continuação

Frutos	Tipo de extração	Solvente	Composto identificado	Análise	Aplicação	Autor/ano
Lima doce (casca)	Extração assistida por ultrassom	Metanol 80%	Fenólicos totais; Antioxidantes; Flavonoides	CFT; Flavonoides totais; DPPH	Não aplicou	Suri et al., 2022
Laranja (casca)	Extração assistida por ultrassom; Convencional	Etanol	Fenólicos totais; Antioxidantes	CFT; ABTS	Embalagens de alimentos	Espinosa et al., 2022
Araticum (polpa, casca e semente)	Convencional	Etanol; Água; Misturas de etanol e água	Acetogeninas; Alcalóides	Espectrometria de massa	Não aplicou	Ramos et al., 2022
Maracujá (casca)	Extração líquida pressurizada assistida por ultrassom; Nanofiltração	Etanol 70%	Isoorientina; Vicenina; Isovitexina; Vitexina; Orientina	CFT; ORAC; Cromatografia	Não aplicou	Pereira et al., 2022
Clarisia racemosa (folhas e caule)	Convencional	Etanol 70%	Fenólicos totais; Flavonoides; Tanino	CFT; Flavonoides totais; Taninos totais	Não aplicou	Nerys et al., 2022
Tamarindo (semente)	Soxhlet; Extração supercrítica; Extração de líquido pressurizado	Hexano; Etanol; CO <sub>2</sub> ; Etanol 50%	Ácidos tartárico; Ácido málico; Ácido cítrico; Fenólicos totais; Flavonoides; Procianidinas tipo B; Rutina	CFT; DPPH; FRAP; ABTS; Cromatografia	Não aplicou	Martins et al., 2022
Açaí (bagaço)	Extração assistida por Ultrassom	Etanol 75%	Antocianinas	AMT; Espectrofotômetro UV-vis	Embalagem de camarão	Teixeira et al., 2022
Acerola (bagaço)	Convencional	Etanol 34%	Antioxidantes	TBARS	Embalagem ativa em hambúrgueres	Santos et al., 2022
Amora (semente)	Convencional	CO <sub>2</sub> + etanol	Antocianinas; Rutina; Ácido protocatecuico	CFT; ABTS; DPPH; FRAP; AMT; Cromatografia	Estabilizante em óleo de soja	Correa et al., 2022
Uva (casca)	Convencional	Água acidificada com ácido cítrico	Antocianinas; Fenólicos totais; Antioxidantes	AMT; CFT; DPPH	Microcápsulas	Norcino et al., 2022
Uva (cascas, sementes e pedúnculos)	Extração assistida por ultrassom	Etanol	Carotenoides; Fenólicos totais; Ácido ascórbico	Carotenoides totais; CFT; TAAT	Manga desidratada com adição de resíduos de uva	Medeiros et al., 2022
Bananas verdes (resíduo)	Convencional	Etanol 60%	Polifenóis; Flavonoides	Polifenóis totais; Flavonoides totais; DPPH; FRAP	Farinhas de banana verde	Chang et al., 2022
Uva (cascas, sementes e caule)	Extração assistida por ultrassom	Etanol	Trans -malvidin-3- O- (6"-p - coumaroil)-glicosídeo; Malvidin-3- O -glicosídeo e malvidin- 3- O- (6"-acetil)-glicosídeo; Fenólicos totais	Cromatografia; AMT; CFT; DPPH	Não aplicou	Machado et al., 2022

Continua

Continuação

Frutos	Tipo de extração	Solvente	Composto identificado	Análise	Aplicação	Autor/ano
Jaboticaba (resíduo)	Convencional	Etanol 70% acidificado com ácido cítrico	Ácidos fenólicos; Rutina; Miricetina	DPPH; FRAP; CFT; Cromatografia	Embalagem ativa para hambúrguer de cordeiro	Barbosa et al., 2022
Jaboticaba (casca)	Hidrofusão	Água	Antocianinas; Fenólicos totais; Cianidina-3-glicosídeo	Cromatografia; CFT; DPPH	Não aplicou	Barroso et al., 2022
Pepino selvagem (semente)	Convencional	Metanol	Fenólicos totais; Flavonoides; Tanino; Ácido fítico; Ácido oxálico	CFT; Flavonoides totais; Taninos totais	Não aplicou	Murthy et al., 2022

Fonte: autor, 2022. CFT – metodologia de compostos fenólicos totais; AMT – antocianinas monoméricas totais; AAT – atividade antioxidante total; TAAT – teor de ácido ascórbico, determinado de acordo com AOAC (2002); CADC – capacidade antioxidante determinada por colorimetria; AAT – determinação de ácido ascórbico por titulação determinado pela Federação Internacional de Produtores de Sucos de Frutas.

Portanto, a utilização de resíduos de frutos tem grande benefício tanto para agregação de valor em produtos que seria destinado ao descarte pela indústria, quanto para a diminuição de custo para o tratamento do mesmo, além da sustentabilidade devido ao novo destino e reaproveitamento de resíduo que seria descartado no meio ambiente (RESTREPO-SERNA, ALZATE, 2022; DE AGUIAR et al., 2022; ESPOSTO et al., 2022; GUPTA et al., 2022).

## 5. Conclusão

Os resíduos de frutos brasileiros têm sido explorados quanto a sua composição de compostos bioativos. As pesquisas têm utilizados diferentes formas de extração, visando otimizar a extração para aplicação desses compostos em alimentos. A maioria dos trabalhos focam no método de extração, solventes e teores de antioxidantes do produto. Embora alguns trabalhos mostrassem de fato a aplicação desses compostos bioativos, a maioria focou na extração não fez a aplicação. Dessa forma, trabalhos futuros podem ser voltados para aplicar esses compostos e estudar a viabilidade, bem como sua estabilidade frente a diferentes fatores que podem vir a oxidar esses compostos, como a temperatura, luz e contato com oxigênio. Os subprodutos podem ser explorados com grande potencial para as aplicações e de comercialização destes compostos isolados.

### **Financiamento**

Esta pesquisa não recebeu financiamento externo.

### **Conflito de interesses**

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

## REFERÊNCIAS

AGARWAL, C.; MÁTHÉ, K.; HOFMANN, T.; CSÓKA, L. Ultrasound-Assisted Extraction of Cannabinoids from Cannabis Sativa L. Optimized by Response Surface Methodology. *Journal of Food Science*, v. 83, p. 700-710, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14075>

ALEXANDRE, E. M. C.; CASTRO, L. M. G.; MOREIRA, S. A.; PINTADO, M.; SARAIVA J. A. Comparison of emerging technologies to extract high-added value compounds from fruit residues: pressure- and electro-based technologies. *Food Eng. Rev.*, v. 9, p. 190-212, 2017. DOI: [10.1007/s12393-016-9154-2](https://doi.org/10.1007/s12393-016-9154-2)

ANANDA, J.; KARUNASENA, G. G.; PEARSON, D. Identifying interventions to reduce household food waste based on food categories. *Food Policy*, v. 111, 102324, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2022.102324>.

AOAC Official Method of Analysis. 16th Edition, Association of Official Analytical, Washington DC, 2002.

AWASTHI, M. K.; AZELEE, N. I. W.; RAMLI, A. N. M.; RASHID, S. A.; MANAS, N. H. A.; DAILIN, D. J.; ILLIAS, R. M.; RAJAGOPAL, R.; CHANG, S. W.; ZHANG, Z.; RAVINDRAN, B. Microbial biotechnology approaches for conversion of pineapple waste in to emerging source of healthy food for sustainable environment. *International Journal of Food Microbiology*, v. 373, 109714, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109714>.

BALLESTEROS-VIVAS, D.; ALVAREZ-RIVERA, G.; MEDINA, S. J. M.; SÁNCHEZ CAMARGO, A. P.; IBÁÑEZ, E.; PARADA-ALFONSO, F. CIFUENTES A. An integrated approach for the valorization of mango seed kernel: efficient extraction solvent selection, phytochemical profiling and antiproliferative activity assessment. *Food Res. Int.*, v. 126, 108616, 2019. DOI: [10.1016/j.foodres.2019.108616](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108616)

BAMBENI, T.; TAYENGWA, T.; CHIKWANHA, O. C.; MANLEY, M.; GOUWS, P. A.; MARAIS, J.; FAWOLE, O. A.; MAPIYE, C. Biopreservative efficacy of grape (*Vitis vinifera*) and clementine mandarin orange (*Citrus reticulata*) by-product extracts in raw ground beef patties. *Meat Science*, v. 181, 2021. DOI: [10.1016/j.meatsci.2021.108609](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108609).

BARBOSA, H. C. M.; GRISI, C. V. B.; DA FONSECA, S. B.; MEIRELES, B. R. L. A.; CORDEIRO, A. M. T. M. Effect of active gelatin-starch film containing *Syzygium cumini* and *Origanum vulgare* extract on the preservation of lamb burgers. *Meat Science*, v. 191, 108844, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108844>.

BARREIRA, C. F. T.; DE OLIVEIRA, V. S.; CHÁVEZ, D. W. H.; GAMALLO, O. D.; CASTRO, R. N.; JÚNIOR, P. C. D.; SAWAYA, A. C. H. F.; FERREIRA, M. S.; SAMPAIO, G. R.; TORRES, E. A. F. S.; SALDANHA, T. The impacts of pink pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) on fatty acids and cholesterol oxides formation in canned sardines during thermal processing. *Food Chemistry*, v. 403, 134347, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134347>.

BARROSO, T.; SGANZERLA, W.; ROSA, D.; CASTRO, L.; MACIEL-SILVA, F.; ROSTAGNO, M.; FORSTER-CARNEIRO, T. Semi-continuous flow-through hydrothermal pretreatment for the recovery of bioproducts from jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) agro-industrial by-product. *Food Research International*, v. 158, 111547, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111547>.

BENVENUTTI, L.; ZIELINSKI, A. A. F.; FERREIRA, S. R. S. Pressurized aqueous solutions of deep eutectic solvent (DES): A green emergent extraction of anthocyanins from a Brazilian berry processing by-product. *Food Chemistry: X*, v. 13, 100236, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100236>.

BENVENUTTI, L.; ZIELINSKI, A. A. F.; FERREIRA, S. R. S. Jaboticaba (*Myrtaceae cauliflora*) fruit and its by-products: Alternative sources for new foods and functional components. *Trends in Food Science & Technology*, v. 112, p. 118-136, 2021. DOI: [10.1016/j.tifs.2021.03.044](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.044).

BENVENUTTI, L.; SANCHEZ-CAMARGO, A.; DEL, P.; ZIELINSKI, A. A. F.; FERREIRA, S. R. S. NADES as potential solvents for anthocyanin and pectin extraction from *Myrciaria cauliflora* fruit by-product: in silico and experimental approaches for solvent selection. *J. Mol. Liq.*, v. 315, 113761, 2020. DOI: [10.1016/j.molliq.2020.113761](https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.113761)

CATTANEO, A.; FEDERIGHI, G.; VAZ, S. The environmental impact of reducing food loss and waste: A critical assessment. *Food Policy*, v. 98, 101890, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101890>.

CAVALCANTE, A. M. M.; DE MELO, A. M.; SILVA, A. V. F.; NETO, G. J. S.; BARBI, R. C. T.; IKEDA, M.; SILVA, G. B.; STEEL, C. J.; DA SILVA, O. S. Mesquite (*Prosopis juliflora*) grain flour: New ingredient with bioactive, nutritional and physical-chemical properties for food applications. *Future Foods*, v. 5, 100114, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100114>.

CHADA, P. S. N.; SANTOS, P. H.; RODRIGUES, L. G. G.; GOULART, G. A. S.; DOS SANTOS, J. D. A.; LANZA, M. M. Non-conventional techniques for the extraction of antioxidant compounds and lycopene from industrial tomato pomace (*Solanum lycopersicum* L.) using spouted bed drying as a pre-treatment. *Food Chemistry: X*, v. 13, 100237, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100237>.

CHANG, L.; YANG, M.; ZHAO, N.; XIE, F.; ZHENG, P.; SIMBO, J.; YU, X.; DU, S-K. Structural, physicochemical, antioxidant and in vitro digestibility properties of banana flours from different banana varieties (*Musa* spp.). *Food Bioscience*, v. 47, 101624, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101624>.

CHEMAT, F.; VIAN, M. A.; CRAVOTTO, G. Green Extraction of Natural Products: Concept and Principles. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 13, n. 7, p. 8615-8627, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms13078615>

COMUNIAN, T. A.; SILVA, M. P.; SOUZA, C. J. F. The use of food by-products as a novel for functional foods: Their use as ingredients and for the encapsulation process. *Trends in Food Science and Technology*, v. 108, p. 269-280, 2021. DOI: [10.1016/j.tifs.2021.01.003](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.003)

CORREA, M. S.; BOSCHEN, N. L.; RODRIGUES, P. R. P.; CORAZZA, M. L.; SCHEER, A. P.; RIBANI, R. H. Supercritical CO<sub>2</sub> with co-solvent extraction of blackberry (*Rubus* spp. Xavante cultivar) seeds. *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 189, 105702, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2022.105702>.

COSTA, D. C.; COSTA, H. S.; ALBUQUERQUE, T. G.; RAMOS, F.; CASTILHO, M. C.; SANCHES-SILVA, A. Advances in phenolic compounds analysis of aromatic plants and their potential applications. *Trends Food Sci. Technol.*, v. 45, p. 336-354, 2015. DOI: [10.1016/j.tifs.2015.06.009](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.009)

DA ROSA, G. S.; VANGA, S. K.; GARIEPY, Y.; RAGHAVAN, V. Comparison of microwave, ultrasonic and conventional techniques for extraction of bioactive compounds from olive leaves (*Olea europaea* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 58, 102234, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102234>.

DE AGUIAR, A. C.; VIGANÓ, J.; ANTHERO, A. G. S.; DIAS, A. L. B.; HUBINGER, M. D.; MARTÍNEZ, J. Supercritical fluids and fluid mixtures to obtain high-value compounds from *Capsicum* peppers. *Food Chemistry: X*, v. 13, 100228, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100228>.

DE MEDEIROS, R. A. B.; JÚNIOR, E. V. S.; BARROS, Z. M. P.; DA SILVA, J. H. F.; BRANDÃO, S. C. R.; AZOUBEL, P. M. Convective drying of mango enriched with phenolic compounds from grape residue flour under different impregnation methods, *Food Research International*, v. 158, 111539, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111539>.

DE MELO, A. M.; BARBI, R. C. T.; COSTA, B. P.; IKEDA, M.; CARPINÉ, D.; RIBANI, R. H. Valorization of the agro-industrial by-products of bacupari (*Garcinia brasiliensis* (Mart.)) through production of flour with bioactive properties. *Food Bioscience*, v. 45, 101343, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101343>.

DE SOUZA, M. P.; DE AMORIM, F. D.; FERREIRA, M. R. A.; SOARES, L. A. L.; DE MELO, M. A. Oxidative and storage stability in beef burgers from the use of bioactive compounds from the agro-industrial residues of passion fruit (*Passiflora edulis*). *Food Bioscience*, v. 48, 101823, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101823>.

DOS SANTOS, S. S.; PARAÍSO, C. M.; ROMANINI, E. B.; CORREA, V. G.; PERALTA, R. M.; DA COSTA, S. C.; JUNIOR, O. DE O. S.; VISENTAINER, J. V.; REIS, M. H. M.; MADRONA, G. S. Bioavailability of blackberry pomace microcapsules by using different techniques: An approach for yogurt application. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 81, 103111, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103111>.

DOS SANTOS, W. O.; RODRIGUES, A. M. C.; DA SILVA, L. H. M. Chemical properties of the pulp oil of tucumã-i-da-várzea (*Astrocaryum giganteum* Barb. Rodr.) obtained by enzymatic aqueous extraction. *LWT*, v. 163, 113534, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113534>.

DRINIĆ, Z.; VLADIC, J.; KOREN, A.; ZEREMSKI, T.; STOJANOV, N.; TOMIĆ, M.; VIDOVIĆ, S. Application of conventional and high-pressure extraction techniques for the isolation of bioactive compounds from the aerial part of hemp (*Cannabis sativa* L.) assortment Helena. *Industrial Crops and Products*, v. 171, 113908, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113908>.

ESPINOSA, E.; RINCÓN, E.; MORCILLO-MARTÍN, R.; RABASCO-VÍLCHEZ, L.; RODRÍGUEZ, A. Orange peel waste biorefinery in multi-component cascade approach: Polyphenolic compounds and nanocellulose for food packaging. *Industrial Crops and Products*, v. 187, 115413, Part A, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115413>.

ESPOSTO, B. S.; PINHO, S. G. B.; THOMAZINI, M.; RAMOS, A. P.; TAPIA-BLÁCIDO, D. R.; MARTELLI-TOSI, M. TPP-chitosomes as potential encapsulation system to protect carotenoid-rich extract obtained from carrot by-product: A comparison with liposomes and chitosomes. *Food Chemistry*, v. 397, 133857, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133857>.

FAO. (2021). Global food losses – Sustainable Development Goals. Acesso em 27 de setembro 2022, <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/12.3.1/en>.

FAO, PAHO, WFP, & UNICEF. (2019). Regional Overview of Food Security and Nutrition in Latin America and the Caribbean 2019. In *Regional Overview of Food Insecurity in Latin America and the Caribbean*. DOI: 10.4060/ca6979en.

FARIAS, C. A. A.; MORAES, D. P.; NEUENFELDT, N. H.; ZABOT, G. L.; EMANUELLI, T.; BARIN, J. S.; BALLUS, C. A.; BARCIA, M. T. Microwave hydrodiffusion and gravity model with a unique hydration strategy for exhaustive extraction of anthocyanins from strawberries and raspberries. *Food Chemistry*, v. 383, 132446, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132446>.

FARIA-SILVA, C.; ASCENSO, A.; COSTA, A. M.; MARTO, J.; CARVALHEIRO, M.; RIBEIRO, H. M.; SIMÕES, S. Feeding the skin: A new trend in food and cosmetics convergence. *Trends in Food Science and Technology*, v. 95, p. 21-32, 2020. DOI: [10.1016/j.tifs.2019.11.015](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.015)

FERREIRA, I. C. F. R.; MARTINS, N.; BARROS L. Phenolic compounds and its bioavailability: in vitro bioactive compounds or health promoters? *Adv. Food Nutr. Res.*, v. 82, p. 1-44, 2017. DOI: [10.1016/BS.AFNR.2016.12.004](https://doi.org/10.1016/BS.AFNR.2016.12.004)

FREITAS, L. C.; BARBOSA, J. R.; DA COSTA, A. L. C.; BEZERRA, F. W. F.; PINTO, R. H. H.; JUNIOR, R. N. C. From waste to sustainable industry: how can agro-industrial wastes help in the development of new products? *Resour. Conserv. Recycl.*, v. 169, p. 105466, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105466>.

FLORKOWSKI, W. J.; US, A.; KLEPACKA, A. M. Food waste in rural households support for local biogas production in Lubelskie Voivodship (Poland). *Resources, Conservation and Recycling*. v. 136, p. 46-52, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.03.022>.

GALANAKIS C. M. Functionality of Food Components and Emerging Technologies. *Foods*. v. 10, n. 1, 128, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10010128>

GHIMIRE, A.; PAUDEL, N.; PAUDEL, R. Effect of pomegranate peel extract on the storage stability of ground buffalo (*Bubalus bubalis*) meat. *LWT*, v. 154, 112690, 2022. DOI: [10.1016/j.lwt.2021.112690](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112690)

GÓMEZ, M.; MARTINEZ, M. M. Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 58 n. 13, p. 2119-213, 2018. DOI: [10.1080/10408398.2017.1305946](https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1305946).

GUPTA, A. K.; GURJAR, P. S.; BEER, K.; PONGENER, A.; RAVI, S. C.; SINGH, S.; VERMA, A.; SINGH, A.; THAKUR, M.; TRIPATHY, S.; VERMA, D. K. A review on valorization of different byproducts of mango (*Mangifera indica* L.) for functional food and human health. *Food Bioscience*, v. 48, 101783, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101783>.

JASKI, J. M.; ABRANTES, K. K. B.; ZANQUI, A. B.; STEVANATO, N.; DA SILVA, C.; BARÃO, C. E.; BONFIM-ROCHA, L.; CARDOZO-FILHO, L. Simultaneous extraction of sunflower oil and active compounds from olive leaves using pressurized propane. *Current Research in Food Science*, v. 5, p. 531-544, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.03.002>.

JÚNIOR, L. M.; GONÇALVES, S. Á.; DA SILVA, R. G.; MARTINS, J. T.; VICENTE, A. A.; ALVES, R. M. V.; VIEIRA, R. P. Effect of green propolis extract on functional properties of active pectin-based films. *Food Hydrocolloids*, v. 131, 107746, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107746>.

KUMAR, K.; SRIVASTAV, S.; SHARANAGAT, V. S. Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: a review. *Ultrason. Sonochem.*, v. 70, 105325, 2021. DOI: [10.1016/j.ultsonch.2020.105325](https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105325)

LATKA, C.; PARODI, A.; HAL, O. V.; HECKELEI, T.; LEIP, A.; WITZKE, H-P.; ZANTEN, H. H. E. V. Competing for food waste – Policies' market feedbacks imply sustainability tradeoffs. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 186, 106545, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106545>.

LEE, J. K.; PATEL, S. K. S.; SUNG, B. H.; KALIA, V. C. Biomolecules from municipal and food industry wastes: An overview. *Bioresource Technology*, v. 298, 122346, 2020. DOI: [10.1016/j.biortech.2019.122346](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122346).

MACHADO, A. P. F.; MONTES, A.; VALOR, D.; FERNÁNDEZ-PONCE, M. T.; BARBERO, G. F.; JÚNIOR, M. R. M.; PEREYRA, C.; DE LA OSSA, E. M. Co-precipitation of grape residue extract using sub- and supercritical CO<sub>2</sub> technology. *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization*, v. 61, 102010, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2022.102010>.

MATHARU, A. S.; DE MELO, E. M.; HOUGHTON J. A. Opportunity for high value-added chemicals from food supply chain wastes. *Bioresour. Technol.*, v. 215, p. 123-130, 2016. DOI: [10.1016/j.biortech.2016.03.039](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.03.039)

MARTINS, C. M.; GUEDES, J. A. C.; DE BRITO, E. S.; FERREIRA, S. R. S. Valorization of tamarind seeds using high-pressure extraction methods to obtain rich fractions in fatty acid and phenolic compounds. *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 183, 105556, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2022.105556>.

MARTINS, N.; RORIZ, C. L.; MORALES, P.; BARROS, L.; FERREIRA I. C. F. R. Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. *Trends in Food Science and Technology*, v. 52, p. 1-15, 2016. DOI: [10.1016/j.tifs.2016.03.009](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.009)

MEHMOOD, A.; ISHAQ, M.; ZHAO, L.; YAQOUB, S.; SAFDAR, B.; NADEEM, M.; MUNIR, M.; WANG, C. Impact of ultrasound and conventional extraction techniques on bioactive compounds and biological activities of blue butterfly pea flower (*Clitoria ternatea* L.). *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 51, p. 12-19, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.10.013>.

MEHRABANI, S. A. N.; VATANPOUR, V.; KOYUNCU, I. Green solvents in polymeric membrane fabrication: A review. *Separation and Purification Technology*, v. 298, 121691, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.121691>.

MENDES, J. F.; NORCINO, L. B.; MANRICH, A.; DE OLIVEIRA, T. F. P.; MENDES, R. F.; MATTOSO, L. H. C. Pectin-based color indicator films incorporated with spray-dried Hibiscus extract microparticles. *Food Research International*, v. 162, Part A, 111914, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111914>.

MEREGALLI, M. M.; PUTON, B. M. S.; CAMERA, F. D. M.; AMARAL, A. U.; ZENI, J.; CANSIAN, R. L.; MIGNONI, M. L.; BACKES, G. T. Conventional and ultrasound-assisted methods for extraction of bioactive compounds from red araçá peel (*Psidium cattleianum* Sabine). *Arabian Journal of Chemistry*, v. 13, n. 6, p. 5800-5809, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.04.017>.

MESQUITA, P. C.; RODRIGUES, L. G. G.; MAZZUTTI, S.; RIBEIRO, P. R. V.; DE BRITO, E. S.; LANZA, M. Untargeted metabolomic profile of recovered bioactive compounds by subcritical water extraction of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) pomace. *Food Chemistry*, v. 397, 133718, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133718>.

MURTHY, H. N.; DEWIR, Y. H.; DALAWAI, D.; AL-SUHAIBANI, N. Comparative physicochemical analysis of seed oils of wild cucumber (*Cucumis sativus* var. *hardwickii* (Royle) Alef.), cucumber (*Cucumis sativus* L. var. *sativus*), and gherkin (*Cucumis anguria* L.). *South African Journal of Botany*, v. 145, p. 186-191, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.06.004>.

NERYS, L. L. A.; JACOB, I. T. T.; SILVA, P. A.; DA SILVA, A. R.; DE OLIVEIRA, A. M.; DA ROCHA, W. R. V.; PEREIRA, D. T. M.; ABREU, A. S.; DA SILVA, R. M. F.; FILHO, I. J. C.; DE LIMA, M. C. A. Photoprotective, biological activities and chemical composition of the non-toxic hydroalcoholic extract of *Clarisia racemosa* with cosmetic and pharmaceutical applications. *Industrial Crops and Products*, v. 180, 114762, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114762>.

NG, H. S.; KEE, P. E.; YIM, H. S.; CHEN, P. T.; WEI, Y. H.; LAN J. C. W. Recent advances on the sustainable approaches for conversion and reutilization of food wastes to valuable bioproducts. *Bioresour. Technol.*, v. 302, p. 122889, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122889>.

NORCINO, L. B.; MENDES, J. F.; FIGUEIREDO, J. A.; OLIVEIRA, N. L.; BOTREL, D. A.; MATTOSO, L. H. C. Development of alginate/pectin microcapsules by a dual process combining emulsification and ultrasonic gelation for encapsulation and controlled release of anthocyanins from grapes (*Vitis labrusca* L.). *Food Chemistry*, v. 391, 133256, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133256>.

PEANPARKDEE, M.; IWAMOTO, S. Bioactive compounds from by-products of rice cultivation and rice processing: Extraction and application in the food and pharmaceutical industries. *Trends Food Sci. Technol.*, v. 86, p. 109-117, 2019. DOI: [10.1016/j.tifs.2019.02.041](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.041)

PEREIRA, D. T. V.; BARRALES, F. M.; PEREIRA, E.; VIGANÓ, J.; IGLESIAS, A. H.; REYES, F. G. R.; MARTÍNEZ, J. Phenolic compounds from passion fruit rinds using ultrasound-assisted pressurized liquid extraction and nanofiltration. *Journal of Food Engineering*, v. 325, 110977, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.110977>.

POURBAYRAMIAN, R.; ABDI-BENEMAR, H.; SEIFDAVATI, J.; GREINER, R.; ELGHANDOUR, M. M. M. Y.; SALEM, A. Z. M. Bioconversion of potato waste by rumen fluid from slaughterhouses to produce a potential feed additive rich in volatile fatty acids for farm animals. *J. Clean. Prod.*, v. 280, 124411, 2021. DOI: [10.1016/j.jclepro.2020.124411](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124411)

PRASAD, W.; WANI, A. D.; KHAMRUI, K.; HUSSAIN, S. A.; KHETRA, Y. Green solvents, potential alternatives for petroleum based products in food processing industries. *Cleaner Chemical Engineering*, v. 3, 100052, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clce.2022.100052>.

RAMOS, A. L. C. C.; SILVA, M. R.; MENDONÇA, H. O. P.; MAZZINGHY, A. C. C.; SILVA, V. D. M.; BOTELHO, B. G.; AUGUSTI, R.; FERREIRA, R. M. S. B.; DE SOUSA, I. M. N.; BATISTA-SANTOS, P.; DE ARAÚJO, R. L. B.; MELO, J. O. F. Use of pulp, peel, and seed of *Annona crassiflora* Mart. in elaborating extracts for fingerprint analysis using paper spray mass spectrometry. *Food Research International*, v. 160, 111687, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111687>.

RAN, X. L.; ZHANG, M.; WANG, Y.; ADHIKARI, B. Novel technologies applied for recovery and value addition of high value compounds from plant byproducts: A review. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 59, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1377149>

REGUENGO, L. M.; SALGAÇO, M. K.; SIVIERI, K.; JÚNIOR, M. R. M. Agro-industrial by-products: Valuable sources of bioactive compounds. *Food Research International*, v. 152, 110871, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110871>.

RESTREPO-SERNA, D. L.; ALZATE, C. A. C. Economic pre-feasibility of supercritical fluid extraction of antioxidants from fruit residues. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, v. 25, 100600, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100600>.

REZENDE, Y. R. R. S.; NOGUEIRA, J. P.; NARAIN, N. Comparison and optimization of conventional and ultrasound assisted extraction for bioactive compounds and antioxidant activity from agro-industrial acerola (*Malpighia emarginata* DC) residue. *LWT – Food Science and Technology*, v. 85, p. 158-169, 2017. DOI: [10.1016/j.lwt.2017.07.020](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.07.020).

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. *A Guide to Carotenoids Analysis in Foods*. ILSI Press, Washington DC.1999.

ROSSETTO, R.; MACIEL, G. M.; BORTOLINI, D. G.; RIBEIRO, V. R.; ISIDORO HAMINIUK, C. W. Acai pulp and seeds as emerging sources of phenolic compounds for enrichment of residual yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) through the biosorption process. *LWT Food Sci. Technol.*, v. 128, 109447, 2020. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109447

SANTAMARINA, A. B.; MESQUITA, L. M. S.; CASAGRANDE, B. P.; SERTORIO, M. N.; DE SOUZA, D. V.; MENNITTI, L. V.; RIBEIRO, D. A.; ESTADELLA, D.; VENTURA, S. P. M.; DE ROSSO, V. V.; PISANI, L. P. Supplementation of carotenoids from peach palm waste (*Bactris gasipaes*) obtained with an ionic liquid mediated process displays kidney anti-inflammatory and antioxidant outcomes. *Food Chemistry: X*, v. 13, 100245, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100245>.

SANTOS, E. N.; SOUSA, T. C. A.; NETO, D. C. S.; GRISI, C. V. B.; FERREIRA, V. C. S.; DA SILVA, F. A. P. Edible active film based on gelatin and *Malpighia emarginata* waste extract to inhibit lipid and protein oxidation in beef patties. *LWT*, v. 154, 112837, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112837>.

SEPTEMBRE-MALATERRE, A.; REMIZE, F.; POUCHERET, P. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: changes in bioactive compounds during lactic fermentation. *Food Res. Int.*, v. 104, p. 86-99, 2018. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.09.031

SIANO, F.; PICARIELLO, G.; CASTALDO, D.; CAUTELA, D.; CARUSO, T.; VASCA, E. Monitoring antioxidants by coulometry: Quantitative assessment of the strikingly high antioxidant capacity of bergamot (*Citrus bergamia* R.) by-products. *Talanta*, v. 251, 123765, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2022.123765>.

SIAW, M. N. K.; ODURO-KORANTENG, E. A.; DARTEY, Y. O. O. Food-energy-water nexus: Food waste recycling system for energy. *Energy Nexus*, v. 5, 100053, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100053>.

SILVA JÚNIOR, M. E.; ARAÚJO, M. V. R. L.; SANTANA, A. A.; SILVA, F. L. H.; MACIEL, M. I. S. Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from ciriguela (*Spondias purpurea* L.) peel: Optimization and comparison with conventional extraction and microwave. *Arabian Journal of Chemistry*, v. 14, n. 8, 103260, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103260>.

SILVA, P.; DUARTE, C.; BARROZO, M. A. A novel system for drying of agro-industrial acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) waste for use as bioactive compound source. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 52, p. 350–357, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.01.018>

SHI, J.; XUE, S. J.; MA, Y.; JIANG, Y.; YE, X.; YU, D. Green separation technologies in food processing: supercritical-CO<sub>2</sub> fluid and subcritical water extraction. *J. Boye, Y. Arcand (Eds.), Green Technologies in Food Production and Processing. Food Engineering Series, Springer, Boston*, p.273-294, 2012. DOI: 10.1007/978-1-4614-1587-9

SURI, S.; SINGH, A.; NEMA, P. K.; MALAKAR, S.; ARORA, V. K. Sweet lime (*Citrus limetta*) peel waste drying approaches and effect on quality attributes, phytochemical and functional properties. *Food Bioscience*, v. 48, 101789, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101789>.

SUZIHAQUE, M. U. H.; ZAKI, N. A. M.; ALWI, H.; IBRAHIM, U. K.; KARIM, S. F. A.; ANUAR, N. K. Jackfruit seed as an alternative replacement for starch flour. *Materials Today: Proceedings*, v. 63, n. 1, p. 451-455, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.117>.

TEIXEIRA, S. C.; DE OLIVEIRA, T. V.; SILVA, R. R. A.; RIBEIRO, A. R. C.; STRINGHETA, P. C.; RIGOLON, T. C. B.; PINTO, M. R. M. R.; SOARES, N. F. F. Colorimetric indicators of açaí anthocyanin extract in the biodegradable polymer matrix to indicate fresh shrimp. *Food Bioscience*, v. 48, 101808, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101808>.

TONINI, D.; ALBIZZATI, P. F. ASTRUP, T. F. Environmental impacts of food waste: Learnings and challenges from a case study on UK. *Waste Management*, v. 76, p. 744-766, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.03.032>.

TUNNA, T. S.; SARKER, M. Z. I.; GHAFOOR, K.; FERDOSH, S.; JAFFRI, J. M.; AL-JUHAIMI, F. Y.; SELAMAT J. Enrichment, in vitro, and quantification study of antidiabetic compounds from neglected weed *Mimosa pudica* using supercritical CO<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>-Soxhlet. *Sep. Sci. Technol.*, v. 53, n. 2, p. 243-260, 2017. DOI: [10.1080/01496395.2017.1384015](https://doi.org/10.1080/01496395.2017.1384015)

XUE, L.; LIU, G.; PARFITT, J.; LIU, X.; VAN HERPEN, E.; STENMARCK, Å.; O'CONNOR, C.; ÖSTERGREN, K.; CHENG, S. Missing Food, Missing Data? A Critical Review of Global Food Losses and Food Waste Data. *Ambiente. Sci. Technol.*, v. 51, n. 12, p. 6618-6633, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00401>.

YUN, D.; LIU, J. Recent advances on the development of food packaging films based on citrus processing wastes: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*, v. 9, 100316, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100316>.

ZHANG, J-P.; HOU, J-Q.; LI, M-X.; YANG, T-X.; XI, B-D. A novel process for food waste recycling: A hydrophobic liquid mulching film preparation. *Environmental Research*, v. 212, Part B, 113332, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113332>.

ZIMMER, T. B. R.; MENDONÇA, C. R. B.; ZAMBIAZI, R. C. Methods of protection and application of carotenoids in foods - A bibliographic review. *Food Bioscience*, v. 48, 101829, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101829>.

# INOVAÇÕES E NOVAS FORMAS DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE COCOS NUCÍFERA EM DIFERENTES INDÚSTRIAS - UMA REVISÃO

Pauline Godoi Silva  
Universidade Estadual de Maringá - UEM  
pauline.godoi@gmail.com

Alinne Karla dos Santos  
Universidade Estadual de Maringá - UEM  
alinnekarladossantos@gmail.com

Gabriela Cavalca Ongaratto  
Universidade Estadual de Maringá - UEM  
gabicavalca@hotmail.com

Thalita Faleiros Demito Santos  
Universidade Estadual de Maringá - UEM  
thalita.idealcurso@hotmail.com

## RESUMO

O grande consumo de Cocos nucífera a nível mundial tem gerado um grande impacto sobre os resíduos desta fruta. Por ser um produto natural de alta aceitação em todas as classes econômicas, o seu consumo vem aumentando a cada dia e conseqüentemente seus resíduos também, incluindo casca e semente. A indústria vem tentando reaproveitar os subprodutos desta fruta de maneira a destinar-se em outras finalidades e reduzir assim o dano causado ao meio ambiente pois são descartados de forma incorreta em sua grande maioria como por exemplo em lixos comuns e regiões litorâneas. Os resíduos desta fruta estão sendo empregados em várias modalidades em que vamos apresentar nesta revisão, sendo muito utilizado como biossorbente de metais tóxicos, na

indústria do vestuário, fertilizantes, jardinagem, indústria automobilística, entre outras aplicações. Iremos abordar também métodos e tratamentos para os resíduos de coco, suas diferentes utilizações na indústria, as possibilidades de aplicação da casca do coco verde e as variantes de aplicação na indústria de alimentos. Conclui-se que é viável o reaproveitamento destes resíduos em diversas situações, já que os mesmos são sobras de processos produtivos e descartado em grande quantidade no meio ambiente.

### Palavras-chave:

Dano Ambiental; Resíduos Agroindustriais; Coco; Matéria-Prima Sustentável; Pré-Tratamentos.

## ABSTRACT

*The large consumption of Cocos nucifera worldwide has generated a great impact on the waste of this fruit. As a natural product of high acceptance in all economic classes, its consumption has been increasing every day and consequently, its waste also, includes peel and seed. The industry has been trying to reuse the by-products of this fruit to use them for other purposes and thus reduce the damage caused to the environment, since most of them are discarded incorrectly, such as in common garbage dumps and coastal regions. The residues of this fruit are being used in several ways that we will present in this review, being widely used as biosorbent of toxic metals, in the clothing industry,*

*fertilizers, gardening, and automobile industry, among other applications. We will also cover methods and treatments for coconut waste, its different uses in the industry, the possibilities of application of the green coconut shell, and the variants of application in the food industry. We conclude that it is feasible to reuse these residues in several situations since they are leftovers from production processes and discarded in large quantities in the environment.*

### Keywords:

*Environmental Damage; Agro-Industrial Residues; Coconut; Sustainable Raw Material; Pre-Treatments.*

## INTRODUÇÃO



aumento da população, urbanização não planejada, rápida industrialização e utilização não qualificada de recursos naturais vem aumentando a preocupação em relação aos resíduos gerados do consumo de coco em todo o mundo. A origem do coqueiro é relatada por alguns autores na Índia e outros no sudeste asiático, e posteriormente aportou no Brasil através da colonização portuguesa. Ao chegar às terras brasileiras foi disseminado pelo estado da Bahia, espalhou-se por todo litoral nordestino e, por fim, para todo o território brasileiro (SILVA, 2014; SILVA; JERÔNIMO, 2012).

A produção brasileira de cocos foi superior a 2,3 milhões de toneladas em 2018, tornando o Brasil o quinto maior produtor de coco do mundo, com 4,5% da produção total mundial, evidenciando uma preocupação com a destinação dos resíduos deste fruto, a fim de evitar consequências ambientais (FAO, 2021). No Brasil existem três variedades de coqueiros: Gigante (*Typica nar*), Anã (*Nana griff*) e a Híbrida, que é definida como um cruzamento genético entre as duas variedades citadas anteriormente (LIMA et al, 2014).

*Cocos nucifera* L., é uma palmeira (*Arecaceae*) de alto valor econômico. As fibras da casca de coco não são comestíveis, são espessas e resistentes à abrasão e correspondem até 85% da biomassa descartada como resíduo sólido. Portanto, suas fibras são um subproduto sub explorado com alto teor de extrativos de natureza não declarada (RAGHAVENDRA, et al 2009). O coqueiro é considerado uma cultura tropical vital sendo amplamente distribuído na vegetação costeira dos trópicos e seus frutos têm um valor econômico significativo para a indústria de alimentos. Da copra de coco à amêndoa seca, é produzido o óleo e outros produtos (RAGHAVENDRA; RAGHAVARAO, 2010). O coco também é uma das espécies de palmeiras de maior importância econômica e é cultivado principalmente para a utilização do endosperma. O caroço de coco fresco contém cerca de 37% de óleo e 4% de proteína de seu peso total. Inúmeros métodos de extração de óleo e proteína do farelo de coco têm sido relatados na literatura, mas a qualidade dos produtos é afetada pelas condições de extração (PRADES et al, 2016). As fibras do coco são os principais resíduos sólidos da produção de coco e são ricas em celulose, hemicelulose, lignina e possuem alto conteúdo extrativo. *Cocos nucifera* L. possui inúmeros valores nutricionais, industriais e medicinais (DEBMANDAL, MANDAL, 2011).

Com a crescente demanda da indústria por alternativas verdes, afim de para minimizar os efeitos ambientais de resíduos agroindustriais, este capítulo tem como objetivo evidenciar formas de destinação, aproveitamento e tratamento de resíduos de coco, trazendo alternativas sustentáveis.

## 2. Metodologia

Este é um estudo de revisão bibliográfica narrativa, desenvolvido a partir das produções científicas indexada nas seguintes bases eletrônicas de dados: *Medline*, *Scielo*, *Scencedirect* e Periódicos CAPES. As palavras-chave utilizadas foram: *Coconut*; *Waste*; *Treatment*; *Agroindustrial waste*; *Environmental damage*; *Coconut residue nutrition*; *Residue by-product of coconut processing*; *Coconut residue recovery e waste green coconut*. Desta forma, realizou-se a inclusão de trabalhos publicados no período entre 2007 e 2022, em língua portuguesa e inglesa que abordassem sobre o tema. O parâmetro de exclusão considerado foi a incompatibilidade com o assunto abordado no presente estudo.

## 3. Resultados e discussão

### 3.1 Resíduos do processamento do coco e danos ambientais

A crescente demanda do consumo de produtos derivados de coco resultaram em um aumento conjunto da geração de resíduos. Durante o processamento retira-se o albúmen de interesse, restando as partes fibrosas, que na maioria dos casos são descartadas no meio ambiente. A casca do coco representa 85% do peso da fruta composta por lignina, celulose, hemicelulose, água e cinzas (AYRILMIS et al., 2011; ARENA et al., 2016). A casca é composta por frações de fibras e outra fração denominada pó (unido às fibras). O pó é o material residual do processamento da casca de coco maduro para obtenção da fibra longa, este resíduo tem sido indicado como substrato agrícola, principalmente por apresentar uma estrutura física vantajosa, gerando alto potencial de retenção de umidade, alta porosidade e por ser biodegradável. O aumento da utilização de fibra e pó de coco nos mercados nacional e internacional deve-se aos seus diversos usos, baixo custo, fonte renovável e à atual preocupação dos consumidores com produtos ecologicamente seguros (ROSA et al., 2009).

Na atualidade o aumento do consumo de um modo geral vem ocasionando problemas no descarte dos resíduos. Neste sentido a nova vertente do consumo consciente tem sido o reaproveitamento dos materiais. O grande consumo de coco por exemplo, em todo o litoral brasileiro, traz como problema central, o que fazer com a grande quantidade de cascas descartadas anualmente, grande problema enfrentado pelas empresas de limpeza e os serviços de coleta, sobrecarregando os aterros sanitários, promovendo doenças, odores desagradáveis e contaminação no solo e na água. A reutilização da casca do coco além do papel sustentável, também se torna atrativa devido as oportunidades de renda e de trabalho pois várias são as utilizações possíveis (SILVEIRA, 2008).

Os resíduos do coco consumido *in natura* em praias brasileiras acarretam problemas ambientais, pois são dispostos em encostas, praias e aterros sanitários, aumentando a poluição física e visual de espaços públicos, além de contribuir para a proliferação de vetores que procuram alimento e abrigo no lixo e para o entupimento de redes de drenagem urbana (SILVEIRA, 2008). O entupimento de redes de drenagem urbana ocasiona alagamentos nas cidades e diminuição da qualidade da água, devido à deposição de matéria orgânica e à proliferação de microrganismos, além de criar condições ideais para a proliferação de vetores, (DALTOÉ, 2016). Um dos vetores de doenças que podem ser encontrados em cascas de coco é o mosquito do gênero *Aedes*, onde, Braga e Valle (2007) afirmam que a espécie *Aedes albopictus* é comumente encontrada em florestas, buracos de árvores, cascas de coco, dentre outros locais, sendo a potencial transmissora de dengue e outras doenças virais. Já o *Aedes aegypti* é bem adaptado a ambientes urbanos, usando recipientes diversos para se reproduzir. Portanto, as cascas de coco depositadas em ambientes antrópicos são potenciais contribuintes para a proliferação desse vetor (BRAGA; VALLE, 2007).

O resíduo de coco é um resíduo nutricionalmente rico e o cultivo de probióticos neste subproduto pode ser uma solução para transformar os resíduos não comestíveis em uma mercadoria de alto valor econômico. A utilização desse subproduto, que representa um grande problema de descarte para a indústria do coco e seu potencial econômico, são abordagens necessárias para solucionar a poluição ambiental (NG et al., 2010). Verifica-se então a importância de encontrar formas de maximizar a exploração dos resíduos de cocos a fim de reduzir seu acúmulo e impacto ambiental.

### 3.2 Métodos e tratamentos para os resíduos do coco

Durante o processamento e consumo de frutas uma grande quantidade de resíduos são gerados e no caso do coco, a casca e o caroço são considerados subprodutos e podem ser aproveitados de diferentes maneiras. Os resíduos do coco estão sendo estudados com interesse na utilização como matéria-prima para a produção de diversos produtos, no entanto, há métodos e pré-tratamentos que são amplamente utilizados em diversas biomassas, incluindo pré-tratamentos químicos (ácidos, álcali), biológicos (bactérias, fungos) e físicos (moagem) (BEZERRA et al., 2021; MARIANO et al., 2020).

O caroço do coco foi estudado quanto à viabilidade das extrações de óleos que são normalmente obtidos pelo processo de prensagem e/ou processos térmicos e/ou extração por solventes e neste caso, diferenças no processo de extração fazem com que a composição química do óleo seja alterada (NARAYANANKUTTY; ILLAM; RAGHAVAMENON, 2018). O óleo virgem é extraído do caroço do coco por prensagem a frio, onde o leite do coco é submetido ao resfriamento até 8 °C e o óleo é separado por centrifugação. Há também o óleo extraído por fermentação, que pode ser natural ou induzida, onde no primeiro caso, o leite de coco é extraído do caroço com água e em seguida mantido por 24-48 h em temperatura de fermentação para permitir a separação da camada de óleo, que é retirada e filtrada. No segundo caso, utiliza-se microrganismos como a *Saccharomyces cerevisiae* e *Lactobacillus plantarum*

para realizar essa fermentação. Assim como na extração enzimática, uma mistura de enzimas é usada para liberar a porção de óleo do leite de coco (NARAYANANKUTTY; ILLAM; RAGHAVAMENON, 2018).

Na pesquisa de Mariano et al (2020) o pré-tratamento hidrotérmico seguido de hidrólise ácida foi estudado para melhorar a liberação de açúcar do resíduo da polpa de coco para a utilização na produção de biocombustíveis. O tratamento hidrotérmico é bastante eficaz para diferentes tipos de biomassas pois utiliza-se apenas água na reação, tornando-se ecologicamente correto. No processo, há liberação de acetato da xilana e hidrólise das ligações glicosídicas na xilana da biomassa devido ao íon hidrônio presente na água atuar como um catalisador ácido. Essas reações causam a hidrólise dos polissacarídeos da hemicelulose em monômeros e oligômeros. No entanto, a hidrólise enzimática ou química é necessária para converter os oligômeros em monômeros de açúcar, sendo neste estudo, realizado por hidrólise ácida utilizando ácido sulfúrico a 3%.

Há estudos sobre os métodos de conversão da biomassa lignocelulósica da casca do coco em energia, que é um processo de produção de energia sustentável devido à baixa emissão de carbono ao meio ambiente (AZETA et al. 2021). Na pesquisa de Azeta et al. (2021) verificou-se que a pirólise é o processo mais adequado, devido ao baixo custo, à eficiência energética e à alta eficiência de conversão. A pirólise é uma tecnologia termoquímica que utiliza pouco oxigênio e converte biomassa de forma sustentável em um subproduto (sólido, líquido ou gasoso). Os parâmetros cinéticos como taxa de aquecimento, tamanho de partícula, temperatura, umidade e qualidade do produto influenciam no processo.

Através da técnica de biossorção os resíduos do coco são estudados para o tratamento de água, com objetivo de remover poluentes aquáticos. Esta técnica é considerada emergente e se baseia na remoção de metais pesados, utilizando resíduos naturais e agrícolas como biossorbentes ou materiais de origem biológica, sendo considerada uma alternativa eficaz para o tratamento de águas (SINGH et al., 2021; BHATNAGAR et al., 2010). No estudo de Wei et al. (2021) foi utilizada a técnica de incineração, queima da casca de coco em altas temperaturas, com o objetivo de obter cinzas, utilizada como mediadora para a produção de hidrogênio microbiano a partir de lodo ativado residual. A adição das cinzas resultou em aumento da solubilização e hidrólise do lodo, além dos microrganismos terem sido modificados pela adição das cinzas, favorecendo a produção de hidrogênio, resultando em maior produção de energia renovável.

Com relação aos tratamentos enzimáticos, na pesquisa de Bezerra et al. (2021) os autores realizaram experimentos de hidrólise enzimática a fim de recuperar e reutilizar celulasas, reduzindo custos e melhorando o rendimento dos processos fermentativos, usando a casca de coco verde pré-tratada como substrato. Na hidrólise enzimática, as enzimas celulasas quebram as longas cadeias de celulose em açúcares produzindo glicose para serem fermentadas por microrganismo.

Algumas enzimas como as lipases e as lacases podem ser imobilizadas utilizando fibras de coco verde coberta e oxidada por periodato através da fixação covalente em diferentes pontos de pH, sendo que estes influenciam na reatividade dos resíduos enzimáticos de superfície, estabilidade e no

rendimento da atividade do biocatalisador, visto que, em pH 10 a estabilidade térmica é mais alta, enquanto em pH 7 a atividade imobilizada é superior (GIRELLI; ASTOLFI; SCUTO, 2020). Esta técnica se baseia na retenção da enzima à superfícies a fibra do coco através de ligações covalentes entre grupos funcionais presentes na enzima e na superfície da matriz (BRIGIDA, 2006).

Há também a técnica de adsorção, onde a fibra de coco é tratada diretamente com enzimas, sendo necessário um mediador que atua como um meio de transporte de elétrons entre a enzima e os compostos-alvo. Deve-se atentar para a concentração de enzimas, tempo de contato, solvente utilizado, pH do meio e da fibra (GIRELLI et al., 2020).

### **3.3 Diferentes utilizações de resíduos de coco na indústria**

Inúmeros produtos podem ser fabricados a partir dos resíduos do processamento do coco, dentre eles substratos, fertilizantes, painéis de jardinagem, vasos e tubos para cultivo de plantas, solas de sapatos, acessórios automotivos, mantas para cultivos de plantas, biojóias, bolsas, vestuário e artesanatos (NUNES et al., 2020). Após a trituração e prensagem das cascas, podem ser produzidos produtos que utilizem tanto a fibra como o pó de coco, ou materiais que utilizem apenas as fibras. As categorias de produtos que usam fibra e pó são materiais de jardinagem, produtos para artesanato e briquetes (NUNES et al., 2020).

A Tabela 1 apresenta diferentes estudos do uso de resíduos de coco e suas aplicações industriais como extração de óleo, extração proteica, produção de alimentos, extração de fibras, conversão em energia, remoção de poluentes aquáticos, produção de briquetes, concretos, biocombustíveis, isolamento térmico entre outros.

Durante a produção de óleo de coco virgem alguns subprodutos são gerados, dentre eles, o leite de coco desnatado e proteína insolúvel, outrora, atualmente na maioria dos casos são subutilizados ou descartados no meio ambiente (NAIK; RAGHAVENDRA; RAGHAVARAO, 2012). O estudo realizado por Naik, Raghavendra e Raghavarao (2012) teve como objetivo a caracterização destes resíduos de processamento para obter um produto de valor agregado, a proteína de coco em pó. O leite de coco quando centrifugado gera três fases, a fase gordurosa (creme de coco), fase aquosa (leite desnatado de coco) e fase sólida (proteína insolúvel). O leite desnatado de coco e a proteína insolúvel foram homogeneizados e secos, gerando uma proteína em pó desidratada. A análise aproximada do pó apresentou alto teor de proteína e baixo teor de gordura, bem como, boas propriedades emulsificantes, sendo indicativo para a aplicações em alimentos emulsificados.

Tabela 1. Diferentes estudos do uso de resíduos de coco e suas aplicações industriais.

Produto	Resíduo de coco utilizado	Referências
Extração de óleos	Caroço	Narayanankutty; illam; raghavamenon, (2018).
Extração de proteína	Resíduos da produção de leite de coco	Naik, Raghavendra e Raghavarao (2012).
Produção de macarrão	Resíduos da produção de óleo de coco	Sykut-domańska et al. (2020).
Extração de fibras	Resíduo de caroço	Yalegama et al. (2013).
Conversão de biomassa lignocelulósica da casca do coco em energia	Casca	Azeta et al. (2021). Rout et al. (2016).
Removedor de poluentes aquáticos	Casca Fibra	Singh et al. (2021). Bhatnagar et al. (2010). Nandeshwar et al. (2016). Canciam; Pereira, (2019). Cardoso et al. (2021).
Produção de energia	Casca	Wei et al. (2021). Rout et al, (2016).
Briquete	Fibra	Nakashima et al. (2017).
Recuperar celulasas	Casca	Bezerra et al. (2021).
Filtro	Casca	De Oliveira Cruz et al. (2019).
Produção de biosurfactante e remoção de cromo	Torta residual do óleo	Samykanu e Achary (2017).
Biocombustíveis	Resíduos da polpa	Mariano, et al. (2021).
Agente ligante asfalto	Fibra	Maharaj et al. (2019).
Isolamento térmico	Cinza Casca	Hassan et al. (2018). Robert, et al. (2019).
Produtos de jardinagem como vasos e tubos para cultivo de plantas, solas de sapatos, acessórios automotivos, bolsas, vestuário e artesanatos.	Fibra em pó Casca Fibra	Nunes et al. (2020).
Painéis de construção	Fibra	Tawasil et al. (2021).
Tijolos	Fibra	Palanisamy e Kumar (2018).
Concreto, cimento ou asfalto	Fibra	Gunasekaran et al. (2012) Mukhopadhyay e Khatana (2015). Maharaj et al (2019).
Fertilizantes	Casca	Gonzaga et al. (2018). Dainy et al. (2016)

Com relação ao uso de resíduo do processamento de óleo de coco, Sykut-domańska et al. (2020) utilizaram o resíduo após a extração de óleo por prensa a frio como uma fonte de fibras, juntamente com uma farinha de coco para a produção de macarrão. Os resultados demonstraram que é possível substituir a sêmola por farinha de coco em até 15% e com resíduo de coco em até 10% para produzir massas com boas qualidades. Foi observado também uma redução da capacidade de massa da extrusora como o aumento na dose de farinha e resíduo de coco. A adição destes resíduos não gerou

efeito no índice de aumento de peso e volume do produto, porém a massa ficou com aspecto mais branco, vermelho e amarelo em relação ao controle. O macarrão produzido a partir de resíduos do coco obteve uma boa qualidade e maior conteúdo de fibra dietética, proteína e lipídios, em comparação com o controle. Demonstrando assim uma alternativa para o uso das fibras de coco em preparações culinárias.

Os componentes do coco são uma fonte de fibra alimentar fermentável, o que favorece a produção de alimentos funcionais. O aproveitamento do potencial dos subprodutos do coco, como a fibra dietética podem incumbir benefícios para a saúde e gerar um impulso econômico para a indústria do coco (SYKUT-DOMAŃSKA et al., 2020). Os resíduos de caroço de coco obtidos após a extração do leite de coco e do óleo de coco virgem foram analisados quanto ao seu potencial como fibras alimentares na pesquisa realizada por Yalegama et al (2013), onde, após desengordurar e tratar quimicamente os resíduos foi isolado polissacarídeos da parede celular do coco, que quando comparado com as fibras comerciais disponíveis, indicou propriedades de fibra dietética melhoradas. Demonstrando que os tratamentos químicos podem melhorar o desempenho da fibra dietética de resíduos de coco.

Os resíduos do coco podem ser utilizados também na indústria como agentes filtrantes e despoluentes, uma vez que o consumo e o processamento de coco resultam em grandes volumes de biomassa residual, a transformação desta biomassa em biossorbentes oferecem uma alternativa para seu reaproveitamento e descarte (CANCIAM; PEREIRA, 2019). Nos últimos anos, houve um aumento de interesse relacionado ao uso de produtos de origem renovável, biodegradável e surfactantes mais ecológicos. Os biossurfactantes são surfactantes verdes produzidos por diversos grupos de microrganismos, e podem ter diferentes aplicações ambientais, agrícolas e industriais (SAMYKANNU; ACHARY, 2017).

Samykanu e Achary (2017) desenvolveram um biossurfactante Rhamnolipídios por *Pseudomonas aeruginosa* AMB AS7, através do uso da torta ou borra de óleo de coco como fonte de carbono, onde o mesmo foi aplicado na remoção de cromo por biorremediação, como um agente despoluente. Outrora, Cardoso et al. (2021) usaram fibras de coco pré-tratadas com um solvente "verde" (biossorvente) líquido iônico prótico 2-hidroxi-2-acetato de etila para remediação de óleo em água salina. Onde demonstrou-se uma alternativa ambiental promissora como tecnologia de limpeza de regiões marinhas afetadas por contaminantes de petróleo, uma vez que sua disponibilidade como resíduo biodegradável agrega valor na indústria por ser mais simplificado, reutilizável e não tóxico.

Em 2016, Nandeshwar et al. (2016) avaliaram a eficiência de diferentes materiais residuais vegetais (casca de coco, casca de laranja, serragem e folhas de calotropis) como agentes despoluentes fluviais de metais no Rio Nag Riverwater na Índia, com a finalidade de avaliar o adsorvente de menor custo e maior eficiência, onde os resíduos de casca de coco obtiveram o segundo melhor resultado em relação ao potencial de capacidade de remoção de metais de ferro. Neste mesmo contexto Canciam e Pereira (2019) avaliaram o uso do epicarpo e mesocarpo do coco verde para a remoção de íons de flúor em solução aquosa; foram realizados experimentos cinéticos que

mostraram que a sorção de íons de flúor teve eficiência variando de 66,25% (25 °C) a 77,50% (45 °C) para o epicarpo, enquanto o mesocarpo mostrou eficiência de remoção na faixa de 90% (25 °C) a 97,50% (45 °C). Contudo, a maior capacidade de adsorção variou de 1,6909 a 2,2265 mg.g<sup>-1</sup> para o epicarpo e de 1,7802 a 3,2253 mg.g<sup>-1</sup> para o mesocarpo, demonstrando um resultado promissor para o uso na remoção de íons de flúor de fluidos.

Há também estudos relacionados ao uso de casca de coco em filtros anaeróbicos em países tropicais como uma opção de pós-tratamento em efluente de fossa séptica, com a finalidade de gerar alternativas sustentáveis e de baixo custo (DE OLIVEIRA CRUZ et al., 2013). Nesta mesma linha de pesquisa, De Oliveira Cruz et al. (2019) utilizaram casca de coco juntamente com areia como agentes filtrantes em sistema de tratamento de águas residuais domésticas em um modelo de escala real. Os resultados demonstraram a viabilidade do uso da casca do coco em sistemas de filtragem anaeróbicos de esgoto para pequenas comunidades, enfatizando que resíduos sólidos agroindustriais podem ser utilizados de forma sustentável.

Em relação a sustentabilidade a indústria de fertilizantes vêm abraçando o uso desta matéria prima em diversos produtos. A transformação de resíduos orgânicos em biochar para aplicação em terras é uma gestão de tecnologia verde em crescimento. Os biochars aplicados na terra podem melhorar a qualidade do solo e o crescimento das plantas (GONZAGA et al., 2018). Em um estudo realizado por Dainy et al. (2016), analisou-se o impacto da aplicação de biochar de casca de coco como fertilizante em cultura de feijão em solos ferralíticos, resultando em uma melhora no estado de fertilidade do solo e na produtividade da cultura em 54,29% e 43,40%, respectivamente.

Gonzaga et al. (2018) analisaram os efeitos de biochars derivados de casca de coco, bagaço de laranja e cavacos de madeira de pinho em diferentes taxas de aplicação, no status de biomassa, nitrogênio e fósforo em milho (*Zea mays* L.) cultivada em solo arenoso. O solo tratado com biochar de casca de coco obteve melhores resultados, gerando um aumento de 90% na biomassa de milho e nas concentrações de nitrogênio e fósforo da planta de 0,88 e 0,12%, respectivamente. Evidenciando que a utilização de resíduos de coco como um agente fertilizante do solo é efetiva.

Saindo do campo e ampliando o leque para a indústria da construção civil, observa-se a tendência de adição de fibra de coco em diferentes sistemas de construção como uma alternativa ambientalmente favorável. A fibra do coco pode ser utilizada como agente ligante em asfaltos, onde, sob condições específicas mostraram exibir propriedades reológicas aprimoradas em comparação com os ligantes originais. Tais melhorias nas propriedades reológicas tornam este material mais resistentes ao tráfego, demonstrando que o uso da fibra em asfalto pode ser uma alternativa para a destinação deste resíduo (MAHARAJ et al, 2019).

Existe a necessidade de tratar a casca do coco antes de utilizá-la como agregado em compostos cimentícios, tratamentos de lavagem e cozimento podem ser utilizados, para que assim a água presente na fibra seja absorvida e reduza os produtos químicos solúveis em água e torne a fibra mais dura e resistente (GUNASEKARAN et al., 2012; MUKHOPADHYAY; KHATANA, 2015).

Hassan et al. (2018) propuseram uma espuma de geopolímero utilizando cinza de coco e escória de alumina como agente espumante, e observaram que com o aumento da escória de alumina e da água na mistura resultou em uma espuma com baixa condutividade térmica, densidade aparente e resistência à compressão, bem como uma alta porosidade. Agentes isolantes também foram desenvolvidos por Robert et al. (2019), onde placas isolantes térmicas de aplicação estrutural foram produzidas a partir do uso de casca de coco, amido e jornais, resultando em materiais ecológicos alternativos, de baixo custo e sustentáveis para o uso em construção civil.

O uso de fibra de coco também pode ser empregado na fabricação de painéis para construções verdes, com a finalidade de obter um material ecologicamente viável e com propriedades que justifiquem a destinação deste resíduo para este fim. Partindo deste conceito Tawasil et al. (2021) avaliaram as propriedades físicas e mecânicas de painéis de partículas híbridos feitos de serragem e fibra de coco, onde observaram que quanto maior a composição de fibra de coco na mistura, melhor será o desempenho físico e mecânico. Os resultados evidenciaram que a composição ótima é de 0% de serragem e 100% de fibra de coco com espessura de 20 mm. Os resultados que os autores obtiveram analisando o comportamento deste material híbrido, valoriza a agricultura verde e reciclável de resíduos, oferecendo uma visão inestimável e promovendo a sustentabilidade para a construção civil e indústrias de arquitetura.

A incorporação de fibra de coco na fabricação de tijolos também é uma alternativa que está sendo explorada, a comparação do comportamento da resistência dos tijolos tradicionais e tijolos enriquecidos com fibra de coco demonstrou a possibilidade e viabilidade deste uso (PALANISAMY; KUMAR, 2018). Tijolos de geopolímero reforçado com resíduos de fibra de coco podem ser propostos para a utilização na construção de estruturas de apoio com as características de resistência aprimoradas (PALANISAMY; KUMAR, 2021).

A utilização de resíduos de coco na geração de energia e biocombustíveis também veem sendo evidenciada. Atualmente com a eminência de uma crise energética, aumenta-se a busca por alternativas de potencialização de geração de energia a partir de recursos abundantes de resíduos de biomassa. O coco gera uma grande quantidade de biomassa tropical disponível, que pode ser convertida para a produção de energia (ROUT et al. 2016). Com o intuito de aumentar a sustentabilidade na indústria de combustíveis e reduzir a dependência por combustíveis fósseis, o bioetanol vem ganhando espaço, podendo ser utilizado integralmente, parcialmente ou como aditivo de combustível para veículos motorizados. Mariano et al. (2021) demonstraram viabilidade da utilização de resíduo de polpa de coco para produção de bioetanol e açúcar fermentável, utilizando pré-tratamento hidrotérmico e pós tratamento alcalino. Pré-tratamentos são necessários para melhorar a quantidade de reagente empregado e o rendimento bruto do etanol (NOGUEIRA et al., 2019).

Bezerra et al. (2021) analisaram a adsorção, dessorção e recuperação de celulase remanescente de materiais pré tratados a partir de cascas de coco verde, antes ou depois de hidrólise enzimática, por aplicação em processos de hidrólise subsequentes. Onde, identificou-se resultados satisfatórios na

reciclagem de celulases em dois ciclos sucessivos de hidrólise com redução de carga de enzimática para atingir os mesmos rendimentos de açúcar de redução (até 84%), propondo uma hidrólise mais barata e eficiente de biomassa lignocelulósica.

Inseemeeesak e Areeprasert (2020) propõem uma conversão de resíduos de mesocarpo de coco por técnica de explosão de vapor com a finalidade de não gerar nenhum resíduo adicional do processamento, onde, a fibra em pó produzida pode ser utilizada para inúmeras aplicações, tais como embalagens e isolamento enquanto o produto líquido pode ser usado para produção de biogás e energia.

Produtos também podem ser obtidos a partir da pirólise da casca do coco, onde, o líquido resultante pode ser utilizado diretamente ou misturado com combustíveis como o diesel, devido a presença de alto teor de fenólicos e compostos altamente oxigenados. Todavia, o biocarvão resultante pode ser uma opção para aplicação como combustível sólido (ROUT et al., 2016).

A incineração de casca de coco pode ser utilizada como substrato para geração de energia. Wei et al. (2021) realizou a incineração de casca de coco para mediar a produção de hidrogênio microbiano a partir de lodo ativado residual, onde os resultados evidenciaram que as cinzas da casca de coco aumentaram notavelmente a produção de hidrogênio microbiano de lodo ativado residual na fermentação anaeróbia alcalina, demonstrando que a comunidade microbiana foi alterada para ser favorável à geração de hidrogênio. Os autores evidenciam que a geração de um novo paradigma de controle integrado de resíduos, com maior produção de energia renovável, vem aumentando os benefícios, gerando sustentabilidade e economia.

## 4. Conclusão

Conclui-se que os resíduos do coco podem ser utilizados de diversas maneiras, tanto isoladamente ou como componente na produção de diversos produtos. Inúmeras formas de aplicabilidade e tratamento destes resíduos contribuem para o aumento de pesquisas e disseminação da utilização em diversos campos. Na questão ambiental e sustentável o uso de resíduos agroindustriais de coco gera um grau de atratividade devido ao desenvolvimento de alternativas verdes de aproveitamento, reduzindo a destinação de resíduos sólidos em áreas inadequadas, contribuindo na redução do custo do serviço de limpeza urbana, na diminuição de problemas ambientais e de saúde pública.

Diversas vantagens da utilização dos resíduos de coco são abordadas, principalmente devido a sua facilidade de acesso, durabilidade, versatilidade, flexibilidade e biodegradabilidade. Ou seja, abre caminho para emprego em produtos, técnicas, tratamentos e pesquisas de substitutos ou alternativos de produtos oriundos de fontes não sustentáveis.

## REFERÊNCIAS

- ARENA, Noemi; LEE, Jacquetta; CLIFT, Roland. Life Cycle Assessment of activated carbon production from coconut shells. *Journal of Cleaner Production*, v. 125, p. 68-77, 2016.
- AYRILMIS, Nadir et al. Coir fiber reinforced polypropylene composite panel for automotive interior applications. *Fibers and polymers*, v. 12, n. 7, p. 919-926, 2011.
- AZETA, Osarhiemhen et al. A review on the sustainable energy generation from the pyrolysis of coconut biomass. *Scientific African*, p. e00909, 2021.
- BEZERRA, Petrúcia Karine Santos B. et al. Cellulolytic enzymes behavior in delignified green coconut residues and enzymatic hydrolysis with enzyme recovery. *Industrial Crops and Products*, v. 172, p. 114037, 2021.
- BHATNAGAR, Amit et al. Coconut-based biosorbents for water treatment—a review of the recent literature. *Advances in colloid and interface science*, v. 160, n. 1-2, p. 1-15, 2010.
- BRAGA, Ima Aparecida; VALLE, Denise. Insecticides, Mechanisms of Action and Resistance. *Epidemiologia Serv. Saúde [online]*. 2007, vol.16, n.4, pp.179-293.
- BRIGIDA, A. I. S. (2006). Estudo da imobilização de lipase tipo b de *Candida Antarctica* utilizando fibra da casca de coco verde como suporte, 2006, Dissertação, Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp049834.pdf>>. Acesso em: 01 de janeiro 2023.
- CANCIAM, César Augusto; PEREIRA, Nehemias Curvelo. Assessment of the Use of Epicarp and Mesocarp of Green Coconut for Removal of Fluoride Ions in Aqueous Solution. *International Journal of Chemical Engineering*, v. 2019, 2019.
- CARDOSO, Célia Karina Maia et al. Remediation of petroleum contaminated saline water using value-added adsorbents derived from waste coconut fibers. *Chemosphere*, v. 279, p. 130562, 2021.
- DAINY, M. S. M. et al. Impact of biochar application on soil fertility status and yield of yard long bean in ferralitic soils. *International Journal of Tropical Agriculture*, v. 34, n. 1, p. 249-251, 2016.
- DALTOÉ, F.M. et al. Resíduos sólidos na rede de microdrenagem: Uma análise qualitativa na cidade de Pelotas/RS. *REMOA*, V. 15, N. 1, JAN.-ABR., 2016.
- DE OLIVEIRA CRUZ, Luana Mattos et al. Coconut shells as filling material for anaerobic filters. *SpringerPlus*, v. 2, n. 1, p. 1-6, 2013.

DE OLIVEIRA CRUZ, Luana Mattos et al. Using coconut husks in a full-scale decentralized wastewater treatment system: the influence of an anaerobic filter on maintenance and operational conditions of a sand filter. *Ecological engineering*, v. 127, p. 454-459, 2019.

DEBMANDAL, Manisha; MANDAL, Shyamapada. Coconut (*Cocos nucifera* L.: *Arecaceae*): in health promotion and disease prevention. *Asian Pacific journal of tropical medicine*, v. 4, n. 3, p. 241-247, 2011.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. Disponível em: <<http://www.fao.org/statistics/en/>>. Acesso em: outubro 2021.

GIRELLI, Anna Maria; ASTOLFI, Maria Luisa; SCUTO, Francesca Romana. Agro-industrial wastes as potential carriers for enzyme immobilization: A review. *Chemosphere*, v. 244, p. 125368, 2020.

GONZAGA, Maria Isidoria Silva et al. Positive and negative effects of biochar from coconut husks, orange bagasse and pine wood chips on maize (*Zea mays* L.) growth and nutrition. *Catena*, v. 162, p. 414-420, 2018.

GUNASEKARAN, K.; ANNADURAI, R.; KUMAR, P. S. Long term study on compressive and bond strength of coconut shell aggregate concrete. *Construction and building materials*, v. 28, n. 1, p. 208-215, 2012.

HASSAN, Hassan Soltan et al. Fabrication and characterization of thermally-insulating coconut ash-based geopolymer foam. *Waste Management*, v. 80, p. 235-240, 2018.

INSEEMEESEK, Bundit; AREEPRASERT, Chinnathan. Fiber extraction and energy recovery from *Cocos nucifera* Linn mesocarp residues employing steam explosion and anaerobic digestion. *Industrial Crops and Products*, v. 147, p. 112180, 2020.

LIMA, Suziane Alves Josino et al. Água de Coco comercializadas no Sertão do Ceará e Paraíba: Imprópria ao consumo. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 9, n. 4, p. 21-26, 2014.

MAHARAJ, Rean et al. Utilization of coir fiber as an asphalt modifier. *Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology*, v. 35, n. 2, p. 59-74, 2019.

MARIANO, Alissandra Pauline B. et al. Bioethanol production from coconut pulp residue using hydrothermal and postalkaline pretreatment. *International Journal of Energy Research*, v. 45, n. 6, p. 8140-8150, 2021.

MARIANO, Alissandra Pauline B.; UNPAPROM, Yuwalee; RAMARAJ, Rameshprabu. Hydrothermal pretreatment and acid hydrolysis of coconut pulp residue for fermentable sugar production. *Food and Bioprocess Processing*, v. 122, p. 31-40, 2020.

MUKHOPADHYAY, S.; KHATANA, S. A review on the use of fibers in reinforced cementitious concrete. *Journal of Industrial Textiles*, v. 45, n. 2, p. 239-264, 2015.

NAIK, Aduja; RAGHAVENDRA, S. N.; RAGHAVARAO, K. S. M. S. Production of coconut protein powder from coconut wet processing waste and its characterization. *Applied biochemistry and biotechnology*, v. 167, n. 5, p. 1290-1302, 2012.

NAKASHIMA, G. T. et al. Materiais lignocelulósicos: caracterização e produção de briquetes. *Revista Virtual de Química*, v. 9, n. 1, p. 150-162, 2017.

NANDESHWAR, S. N. et al. Green activated carbons from different waste materials for the removal of iron from real wastewater samples of Nag River, India. *Journal of Molecular Liquids*, v. 216, p. 688-692, 2016.

NARAYANANKUTTY, Arunaksharan; ILLAM, Soorya Parathodi; RAGHAVAMENON, Achuthan C. Health impacts of different edible oils prepared from coconut (*Cocos nucifera*): A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 80, p. 1-7, 2018.

NG, S. P. et al. Extraction and characterization of dietary fiber from coconut residue. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, v. 8, n. 2, p. 172-177, 2010.

NOGUEIRA, Cleitiane Da Costa. et al. Pressurized pretreatment and simultaneous saccharification and fermentation with in situ detoxification to increase bioethanol production from green coconut fibers. *Industrial Crops and Products*, v. 130, p. 259-266, 2019.

NUNES, Luane A. et al. Waste green coconut shells: Diagnosis of the disposal and applications for use in other products. *Journal of Cleaner Production*, v. 255, p. 120169, 2020.

PALANISAMY, P.; KUMAR, P. Suresh. Effect of molarity in geo polymer earth brick reinforced with fibrous coir wastes using sandy soil and quarry dust as fine aggregate (Case study). *Case studies in construction materials*, v. 8, p. 347-358, 2018.

PALANISAMY, Pereasamy; KUMAR, P. Suresh. Strength and durability features of fiber reinforced geo-polymer earth bricks. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, p. 1-9, 2021.

PRADES, Alexia; SALUM, Uron N.; PIOCH, Daniel. New era for the coconut sector. What prospects for research?. *Oilseeds e fats Crops and Lipids*, 2016.

RAGHAVENDRA S. N., RAGHAVARAO, K. S. M. S., K Venkatesh Murthy, Rastogi N. K., Jayaprakashan S. G., Bhat K. K., and Vasanthkumar A. K. (2009). A process for the preparation of Virgin Coconut Oil. *Indian Patent # 443/DEL/2009*.

RAGHAVENDRA S.N; RAGHAVARAO. Effect of different treatments for the destabilization of coconut milk emulsion. *Journal of Food Engineering*.V. 97, P. 341-347, 2010.

ROBERT, Ubong Williams et al. Assessment of thermal and mechanical properties of composite board produced from coconut (*cocos nucifera*) husks, waste newspapers, and cassava starch. *International Journal of Thermophysics*, v. 40, n. 9, p. 1-12, 2019.

ROSA, M. de F. et al. Aproveitamento da casca de coco verde. *Embrapa Agroindústria Tropical-Capítulo em livro científico (ALICE)*, 2009. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/574399/aproveitamento-da-casca-de-coco-verde>>. Acesso em: 23 de novembro de 2022.

ROUT, Tanmya et al. Exhaustive study of products obtained from coconut shell pyrolysis. *Journal of environmental chemical engineering*, v. 4, n. 3, p. 3696-3705, 2016.

SAMYKANNU, Mariaamalraj; ACHARY, Anant. Utilization of agro-industry residue for rhamnolipid production by *P. aeruginosa* AMB AS7 and its application in chromium removal. *Applied biochemistry and biotechnology*, v. 183, n. 1, p. 70-90, 2017.

SILVA, A. C. Reaproveitamento da Casca de Coco Verde. *Revista Monografias Ambientais [online] - REMOA*, v. 13, n. 5, 2014.

SILVA, G. O.; JERÔNIMO, C. E. Estudo de Alternativas para o Aproveitamento de Resíduos Sólidos da Industrialização do Coco. *Revista Monografias Ambientais [online] – REMOA*. 2012, v (10), nº 10, p. 2193 – 2208.

SILVEIRA, M. S. Aproveitamento das Cascas de Coco Verde para Produção de Briquete em Salvador – B, 2008. Dissertação em Engenharia- Escola Politécnica. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

SINGH, Simranjeet et al. Biosorbents for heavy metal removal from industrial effluents. In: *Bioremediation for Environmental Sustainability*. Elsevier, 2021. p. 219-233.

SYKUT-DOMAŃSKA, Emilia et al. The potential use of by-products from coconut industry for production of pasta. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 44, n. 7, p. e14490, 2020.

TAWASIL DNB, Aminudin Eeydzah et al. Coconut Fibre and Sawdust as Green Building Materials: A Laboratory Assessment on Physical and Mechanical Properties of Particleboards. *Buildings*, v. 11, n. 6, p. 256, 2021.

WEI, Wei et al. Insights into coconut shell incineration bottom ash mediated microbial hydrogen production from waste activated sludge. *Journal of Cleaner Production*, v. 322, p. 129157, 2021.

YALEGAMA, L. L. W. C. et al. Chemical and functional properties of fibre concentrates obtained from by-products of coconut kernel. *Food Chemistry*, v. 141, n. 1, p. 124-130, 2013.

# PANORAMA TECNOLÓGICO DA CONTAMINAÇÃO E BIORREMEDIAÇÃO POR NECROCHORUME EM SOLOS E AQUÍFEROS CEMITERIAIS

Roberta Dalvo Pereira da Conceição  
Centro Federal de Educ. Tec. Celso Suckow da Fonseca  
rdalvo@gmail.com

Renata Gomes de Brito Mariano  
Centro Federal de Educ. Tec. Celso Suckow da Fonseca  
renatagbritomariano@gmail.com

Raysa Costa Maia  
Centro Federal de Educ. Tec. Celso Suckow da Fonseca  
raysacmaia@gmail.com

## RESUMO

O necrochorume é um líquido derivado da decomposição humana, com alto potencial contaminante e que apresenta um sério perigo à saúde. Visando mapear a produção científica e tecnológica envolvendo a contaminação e a biorremediação desse composto, conduziu-se um estudo de prospecção tecnológica com base em artigos divulgados nos últimos 20 anos, nas bases Scopus e Web of Science. O estudo foi realizado com a utilização de 5 palavras-chave e suas combinações, que foram divididas em 2 grupos e tratadas com uso do Microsoft Excel. Para o primeiro grupo, foram utilizadas as combinações: “Necrochorume”, “necrochorume and contamination”, “cemeteries and contamination”, “cemetery leachate and contamination”. Para o segundo grupo, utilizou-se: “Necrochorume and bioremediation”, “cemeteries and bioremediation” e “cemetery leachate and bioremediation”. A combinação de palavras-chave com mais resultados foi “cemeteries and contamination”, com 74 resultados na base Scopus e 76 na base Web of Science, onde constatou-se que, dos artigos encontrados

na Scopus, apenas 37 faziam alusão ao necrochorume de fato, e 59 na Web of Science. A única combinação de palavras-chave referentes à biorremediação que encontrou resultados foi “cemeteries and bioremediation”, com 4 artigos na base Scopus e nenhum resultado na Web of Science. O programa VosViewer foi usado para realizar o levantamento das ocorrências das principais palavras-chave ao longo do período estudado. Como resultado principal, observou-se que há escassez de publicações relacionadas à sua infecção e seu potencial contaminante, bem como à sua biorremediação. Destaca-se também, com base nos estudos encontrados, a extrema necessidade do desenvolvimento de técnicas que viabilizem o uso seguro de solos e aquíferos contaminados por necrochorume, bem como o impedimento da ocorrência de contaminação pelo composto.

### Palavras-chave:

Biotratamento; Cemitério; Contaminação; Necrochorume; Prospecção Tecnológica.

## ABSTRACT

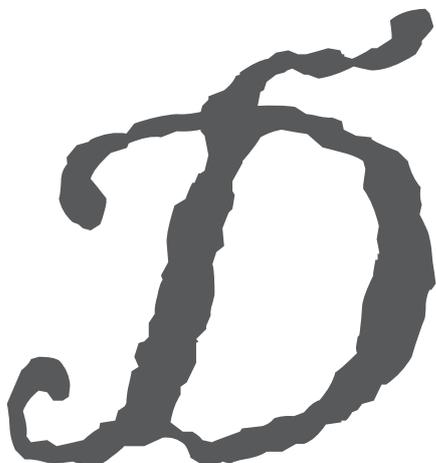
*Necrochorume is a liquid derived from human decomposition, with a high contaminating potential and which presents a serious health hazard. Aiming to map the scientific and technological production involving the contamination and bioremediation of this compound, a technological prospecting study was conducted based on articles published in the last 20 years, in the Scopus and Web of Science databases. The study was carried out using 5 keywords and their combinations, which were divided into 2 groups and treated using Microsoft Excel. For the first group, the following combinations were used: “Necrochorume”, “necrochorume and contamination”, “cemeteries and contamination”, “cemetery leachate and contamination”. For the second group, we used: “Necrochorume and bioremediation”, “cemeteries and bioremediation” and “cemetery leachate and bioremediation”. The combination of keywords with the most results was “cemeteries and contamination”, with 74 results in the Scopus database and 76 in the Web of Science*

*database, where it was found that, of the articles found in Scopus, only 37 alluded to necroleach in fact, and 59 on the Web of Science. The only combination of keywords referring to bioremediation that found results was “cemeteries and bioremediation”, with 4 articles in the Scopus database and no results in the Web of Science. The VosViewer program was used to survey the occurrences of the main keywords over the period studied. As a main result, it was observed that there is a shortage of publications related to its infection and its contaminating potential, as well as its bioremediation. Also noteworthy, based on the studies found, is the extreme need to develop techniques that enable the safe use of soils and aquifers contaminated by necroleach, as well as preventing the occurrence of contamination by the compound.*

### Keywords:

*Biotreatment; Cemetery; Contamination; Necroleach; Technological Foresight.*

## INTRODUÇÃO



e acordo com a resolução nº 335 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), publicada em 3 de abril de 2003, a decomposição do corpo humano libera um líquido chamado de “produto da coliquação”, conhecido popularmente como necrochorume. Tal produto possui textura viscosa, cor castanho-avermelhada, forte odor e um alto grau de patogenicidade. Sua densidade média é de  $1,23 \text{ g/cm}^3$  e possui relação entre volume de composto produzido e peso do corpo humano de  $0,60\text{L/Kg}$  (Carneiro, 2008).

O conhecimento da mobilidade do líquido proveniente da decomposição humana no solo é fundamental para saber para qual meio físico o contaminante vai percolar: solo ou aquoso. Para isso é necessário analisar não apenas o líquido, mas também o tipo de solo onde está instalado o cemitério. O líquido derivado da decomposição humana possui cerca de 60% de água, 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas, como bactérias e diaminas, que são consideradas tóxicas, tais como a cadaverina e putrescina (Campos, 2007). Essas substâncias são as principais relacionadas à contaminação causada pelo composto, podendo ser responsáveis pela transmissão de doenças como a febre tifóide e a hepatite (Fineza, 2008).

Leite (2009), afirma que a contaminação pelo necrochorume ocorre quando este percola o solo, podendo atingir os lençóis freáticos e aquíferos. As águas provenientes da chuva infiltram os solos infectados causando a lixiviação de substâncias químicas orgânicas e inorgânicas, além de patógenos como vírus e bactérias responsáveis pela biodegradação dos corpos (Betiatto, Souza, & Bini, 2015).

O processo de urbanização, demasiadamente crescente, gerou a constituição de cidades que possuem contradições no fornecimento de moradia adequada, uma vez que diversas famílias precisam estabelecer residência em áreas sujeitas a potencial de periculosidade (Rocha, 2021). De acordo com o IBGE (2010), no Brasil, cerca de 15,6% dos domicílios utilizam água subterrânea para consumo humano e atendimento de suas necessidades e, em geral, as pessoas não se dão conta da dimensão da problemática acerca dos cemitérios (Marcomini, & Castro, 2010). De acordo com Espíndula (2004), resultados de estudos alertam para a necessidade de se promover investigações sistemáticas, principalmente, em áreas residenciais próximas a cemitérios, onde há exploração de água por meio de fontes e poços.

Uma forma de minimizar os impactos causados pela contaminação do necrochorume é através da realização da biorremediação. O objetivo desse método é induzir ou acelerar os processos naturais de reciclagem dos compostos, incluindo os compostos orgânicos ou inorgânicos, utilizando a capacidade dos microrganismos de degradar matéria orgânica para degradar compostos orgânicos tóxicos, tanto de origem natural como sintéticos (Dias, 2000).

Como definido por Faria (2017), esta técnica é uma área em expansão da biotecnologia ambiental e pode ser definida como a aplicação de agentes e processos biológicos para o tratamento da poluição e contaminação. Mariano (2006), explica que a biorremediação consiste na remoção de poluentes do meio em questão ou a sua conversão em produtos menos prejudiciais, utilizando, para isso, comunidades de microrganismos endógenos do ambiente infectado. Moreira e Siqueira (2006), definem a técnica como estratégia ou processo que emprega microrganismos ou suas enzimas para detoxificar contaminantes no solo ou em outros ambientes.

Considerando o potencial de contaminação dos cemitérios e a atual situação pandêmica, onde diversos sepultamentos ocorreram de forma inapropriada, esta pesquisa visa identificar a produção científica e tecnológica envolvendo o necrochorume, bem como sua contaminação e respectivo biotratamento. Com o estudo, será possível identificar as tendências de pesquisa na área e compreender o que os autores estão discutindo sobre o tema atualmente, contribuindo para identificar as lacunas de pesquisas e possibilitando a continuidade do projeto de pesquisa sobre o tema (Araujo, & Scafuto, 2020).

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Problemas ambientais provenientes de águas subterrâneas podem ocorrer por meio de contaminação por cemitérios, levando em consideração que na projeção da maioria destas necrópoles não foram realizados estudos geológicos e hidrogeológicos. Sendo assim, estas instalações representam grande risco de contaminação por necrochorume. A localização dos cemitérios geralmente se dá em lugares afastados do centro urbano, porém, hoje é possível encontrar cemitérios totalmente integrados à malha urbana (Hirata, & Suhogusoff, 2004).

Algumas sepulturas localizam-se próximo ao nível do lençol freático (cerca de quatro metros abaixo do nível do solo). Estas são as mais prejudiciais aos aquíferos subterrâneos, principalmente as que possuem menos de um ano de instalação. Ocasionalmente alto consumo de oxigênio, geram um aumento na quantidade de sais minerais, que eleva a condutividade elétrica da água, levando ao aumento da concentração dos íons como bicarbonato, cloreto, sódio e cálcio. Tem-se também um aumento nos metais ferro, alumínio, chumbo e zinco (Macedo, 2004).

Em São Paulo, Romanó (2005) identificou a presença dos patógenos causadores de poliomielite e hepatite em poços de profundidades de 40 a 60 metros, evidenciando que a contaminação pode alcançar grandes profundidades e vasta extensão, implicando na contaminação da água de toda a região que for abastecida com esta. A contaminação por meio de cemitérios, por exemplo, é um fator que pode levar a alteração da qualidade físico-química e microbiológica das águas, devido às substâncias e microrganismos oriundos da decomposição dos cadáveres e até de possíveis agentes causadores de doenças que podem, inclusive, ter vitimado, como causa mortis, o indivíduo sepultado.

## 2.1 Cemitérios e contaminação por necrochorume

De acordo com Santos, Silva, Chaves e Camponogara (2007), os cemitérios são equivalentes aos aterros sanitários. A principal diferença está contida no resíduo contaminante liberados pela decomposição, que neste caso se dá através da dissolução pútrida dos corpos originando um líquido malcheiroso e acinzentado, o necrochorume (Silva, Souza, & Rocha, 2006).

Considerando as características deste composto, Üçisik e Rushbrook (1998) afirmam que há utilidade em examinar os resíduos do escoamento cemiterial como um potencial análogo ao do destino dos lixiviados de aterros. O necrochorume, por ser levemente mais denso que a água, possui uma ótima mobilidade e dispersão, percorrendo o aquífero até a sua camada impermeável, sendo carregado no sentido do fluxo subterrâneo, contaminando toda a região.

As águas que entram em contato com o composto podem absorver os contaminantes microbiológicos, como bactérias heterotróficas, bactérias proteolíticas, clostrídios sulfito-redutores, enterovírus e adenovírus. Pode ocorrer, ainda, um aumento do consumo de oxigênio, decorrente da decomposição biológica e transformações, especialmente dos compostos com nitrogênio, fósforo e enxofre (Cunha et. al., 2008).

Alguns indicadores são utilizados para detectar a alteração ou contaminação de aquíferos subterrâneos por necrochorume, como a condutividade elétrica, cloretos, compostos de nitrogênio (nitrogênio total e amoniacal), amônia, nitritos e nitratos, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e oxigênio dissolvido (OD) (Cunha et. al., 2008). Pode-se, ainda, realizar a análise dos bioindicadores, como os *Streptococos*, *Salmonella*, coliformes totais, *E. coli*, clostrídios sulfito-redutores como *Clostridium perfringens*, além de *Pseudomonas aeruginosae*, bactérias proteolíticas (Espíndula, 2004). Destes, o *Clostridium spp*, *Streptococcus* e enterobactérias são colonizadores de cadáveres humanos, podendo representar grandes indícios de contaminação por necrochorume (Üçisik, & Rushbrook, 1998).

Enetério (2009), acredita que amostras de água que apresentem baixa concentração de patógenos de poluição fecal (Coliformes Termotolerantes), porém, possuem maior número de bactérias anaeróbias, tais como os clostrídios sulfitos-redutores (CSR), indicam provável contaminação cemiterial.

Em relação as bactérias do gênero *Clostridium*, encontram-se os bacilos anaeróbicos gram-positivos, que podem habitar o trato intestinal humano e de animais de sangue quente (Carrillo, 1998). Tais bactérias são patogênicas e podem sobreviver por longos períodos no solo e na água mais tempo do que organismos patogênicos entéricos, mesmo em condições desfavoráveis (Pacheco, 1991)

## 2.2 Biorremediação

De acordo com Quintella, Mata e Lima, (2019), a biorremediação pode ser definida como técnica com objetivo de remediar biologicamente, e esta vem sendo amplamente utilizada na redução ou eliminação dos impactos gerados por contaminantes hidrocarbonetos de longas cadeias e de difícil remoção.

A principal aplicação da biorremediação se dá em matrizes como o solo, fluidos e diversos outros exemplos de águas residuais. Pode ser aplicada *in-situ* ou *ex-situ* (com uso de biorremediadores). Quando aplicada *in-situ*, a técnica apresenta grande vantagem em relação a sustentabilidade, e ainda pode ter o fator financeiro como atrativo (Zhang, Gendalanga, & Mahendra, 2017).

Furtado (1997), afirma que o objetivo da tecnologia de biorremediação de áreas contaminadas pode se resumir como a resolução de problemas através de meios biológicos, seja no local, *in-situ*, ou pode ainda ser *ex-situ*, caracterizando-se pela remoção do solo para destruição/aterramento ou da água para tratamento. De acordo com Santos (2008), é inquestionável que a melhor opção, tanto tecnológica, quanto em custos, como em eficiência, será sempre a remediação *in-situ*.

Há diferentes formas de biorremediação e cada uma vai ser aplicada a depender da análise técnica da situação e da necessidade que o problema em questão apresenta, bem como do tipo de contaminante contido no ambiente. (Bohrer, 2012). O sucesso da biorremediação independe da aplicação da técnica (*in-situ* ou em *ex-situ*), mas necessita de certo controle durante o processo. (Berger, 2005).

As técnicas *in-situ* tem como principal característica o tratamento do material no próprio local em que este se encontra. Dessa forma, não há necessidade de coletar e transportá-lo para outro lugar, havendo economia na logística do processo. Dentre as principais técnicas de biorremediação *in-situ*, destacam-se a atenuação natural, conhecida como biorremediação intrínseca ou passiva. Nesse caso, a recuperação da área ocorre mais lentamente, e o monitoramento se arrasta por um bom tempo; a bioestimulação, onde a atividade dos organismos vivos é incitada por introduzir nutrientes inorgânicos e orgânicos na área; o landfarming, que consiste na inserção de resíduo oleoso com carbono orgânico concentrado na superfície do solo contaminado para promover a biodegradação dos diferentes constituintes do petróleo; a fitorremediação, que tem como característica a ação de estimular a atividade de pequenos seres vivos responsáveis por degradar os poluentes, que geralmente são metais pesados, como zinco, magnésio e cobre (em rejeitos de minério); e a bioaumentação, uma opção para áreas com alto grau de deterioração, uma vez que se otimiza o poder de degradação por aumentar a população de organismos específicos. Muitas vezes, esse termo também é utilizado como sinônimo de biorremediação (Andrade, Augusto, & Jardim, 2010).

Já a técnica realizada *ex-situ* necessita que o material seja levado para um local diferente para realização do tratamento. Normalmente é a melhor escolha em um cenário de alto potencial de propagação da contaminação. Entre as diferentes técnicas, destacam-se a compostagem, onde o solo é retirado do local original e disposto em pilhas. Nesse caso, os organismos inseridos/presentes nele serão responsáveis por metabolizar os poluentes, transformando-os em água H<sup>2</sup>O, matéria orgânica e gás carbônico (CO<sup>2</sup>); e os biorreatores, processo que ocorre após a peneiração do solo, que posteriormente é misturado com água em um reator normalmente vertical (tanques). Forma-se uma lama com cerca de 10 a 40% de partículas em suspensão. Por esse motivo, é mais indicado para solos com partículas finas (Andrade et. al., 2010).

## 2.3 Legislação vigente referente à cemitérios

Em 28 de maio de 2003, foi promulgada a Resolução CONAMA nº 335, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Esta estabelece critérios mínimos para a implantação de futuros cemitérios, visando proteger os lençóis freáticos da infiltração do necrochorume, e a partir desta, os cemitérios horizontais e verticais ficam obrigados a serem submetidos ao processo de licenciamento ambiental.

A Resolução CONAMA nº 368, de 28 de março de 2006, altera alguns dispositivos da resolução anterior, proibindo, por exemplo, a instalação das necrópoles em áreas de preservação permanente (APP) ou em outras que venham a gerar o desmatamento da Mata Atlântica em áreas de regeneração. Ainda, fica proibida a instalação de cemitérios em terrenos onde existem cavernas, sumidouros ou rios subterrâneos e em áreas onde o lençol freático, medido no final da estação chuvosa, fique a menos de 1,5 metro da base das sepulturas.

No Estado do Rio de Janeiro, em 07 de maio de 2020, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) emitiu a Nota Técnica nº 1, que dispõe sobre as orientações ao licenciamento ambiental de cemitérios no Estado do Rio de Janeiro, a fim de atender a eventos decorrentes de caso fortuito e/ou força maior, como o avanço da pandemia de COVID-19.

## 3 METODOLOGIA

A bibliometria é um método quantitativo, estatístico e matemático usado para analisar e construir indicadores sobre o comportamento e evolução do campo científico, focando em disciplinas, áreas, organizações ou países. A coleta de dados é feita em plataformas de banco de dados de artigos para jornais acadêmicos e revistas (Soares, Carneiro, Calmon, & Castro, 2016).

A revisão bibliográfica é utilizada como garantia de confiabilidade e qualidade técnica de uma pesquisa, assegurando que o estudo possui um embasamento científico. O uso de metodologias de revisão e software como ferramentas de apoio para realizar a análise do avanço científico em determinada área tem sido cada vez mais aplicados, pois aumentam as chances de analisar o objeto de estudo com maior precisão (Barbosa, Lira, Neto, Santos L., & Santos I., 2019). Portanto, este artigo também apresenta diretrizes potenciais para pesquisas futuras.

O mapeamento dos artigos foi realizado a partir das bases de dados Scopus e Web of Science. As palavras-chave utilizadas na pesquisa foram divididas em três grupos: um relacionado ao necrochorume, outro à contaminação em cemitérios e, por fim, um referenciando-se à biorremediação do meio contaminado. As palavras-chave foram pesquisadas no “título”, “palavra-chave” e/ou “resumo”. Considerou-se para estudo os artigos publicados nos idiomas espanhol, inglês e português.

Para ambos os grupos foram feitas análises qualitativas, buscando quais palavras-chave seriam utilizadas para obtenção de resultados mais assertivos. Para isso, fez-se a busca com sinônimos das palavras principais (necrochorume, biorremediação e contaminação), bem como possíveis combinações. Entre os termos avaliados estavam: “*Necrochorume*”, “*necrochorume and contamination*”, “*cemeteries and contamination*”, “*cemetery leachate and contamination*”. Para o segundo grupo, utilizaram-se as combinações: “*Necrochorume and bioremediation*”, “*cemeteries and bioremediation*” e “*cemetery leachate and bioremediation*”.

O levantamento de dados para concretização dessa análise foi realizado entre 01 e 25 de agosto de 2021. Os materiais obtidos foram tratados com uso do Microsoft Excel (versão 16.0.6742.2048), que foi utilizado com o objetivo de organizar os dados obtidos, visando facilitar a análise dos estudos encontrados, bem como a exclusão dos artigos em duplicidade.

O programa VosViewer (versão 1.6.17.0) foi utilizado para fazer a sondagem das principais palavras-chave e suas ocorrências em um período de vinte anos (2001 a 2021), tal qual os principais autores envolvidos nas últimas publicações sobre o tema.

Os artigos utilizados nos estudos tiveram, como critérios de inclusão: terem sido publicados entre 2001 e 2021; estarem disponíveis nos idiomas espanhol, inglês ou português e; conterem informações sobre fatores associados à contaminação do solo por necrochorume.

Como critérios de exclusão: foram excluídos artigos com os temas que não abordam a temática proposta nesta revisão bibliográfica, fora do período de publicação delimitado e artigos repetidos ou com insuficiência de dados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta etapa apresenta o levantamento realizado a partir dos conjuntos de palavras-chaves que foram predefinidas.

### 4.1 Levantamento prospectivo de artigos relacionados à contaminação por necrochorume

Notou-se que o termo “necrochorume” é utilizado na literatura brasileira e inglesa. A partir disso, a palavra foi utilizada visando encontrar ambos os resultados. Na tabela 1, pode-se visualizar os resultados da pesquisa referente aos artigos científicos com as palavras-chave relacionadas ao termo, bem como a inata contaminação causada por este.

Tabela 1- Levantamento de artigos relacionados à contaminação por necrochorume.

Palavras-chave	Artigos	
	Scopus	Web of Science
Necrochorume	5	3
“Necrochorume and contamination”	4	2
“Cemeteries and contamination”	74	76
“Cemetery leachate and contamination”	3	4

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Percebe-se que há carência de pesquisas acadêmicas a respeito do assunto. Mesmo com a utilização variada de termos na busca, os resultados encontrados são escassos em ambas as plataformas.

Nas análises dos artigos sobre necrochorume, verificou-se que 4, dos 8 estudos científicos encontrados, estavam em duplicidade. As palavras-chave com maior retorno foram “*cemeteries and contamination*”. Dos 74 artigos encontrados na base Scopus, somente 37 faziam alusão à contaminação por necrochorume. Outros estudos encontrados nessa busca faziam referência a solos contaminados por diversos compostos, como metais pesados, hidrocarbonetos, resíduos industriais e medicamentos. Já na base Web of Science, das 76 publicações, 59 abordavam de fato a contaminação de cemitérios. As demais combinações de palavras-chave utilizadas apresentaram poucos resultados, porém com maior precisão em relação à discussão realizada e o tema de interesse.

Silva e Malagutti (2009), utilizaram imagens elétricas em delineamento de áreas potencialmente contaminadas por necrochorume em um estudo de caso no cemitério municipal da Vila Rezende, Piracicaba-SP. Os resultados indicam fortes indícios de contaminação, uma vez que as plumas de contaminação encontradas no local possuem o mesmo fluxo subterrâneo dos aquíferos que ali se encontram. A localização das anomalias condutivas e as prováveis plumas de contaminação demonstraram que a contaminação provavelmente excedeu a localização do terreno cemiterial e está ligada diretamente à profundidade do nível do andar de água e ao tempo de enterro.

Xavier, Amorim, Valentini, e Faria, (2015), realizaram um diagnóstico da situação atual dos cemitérios Parque Bom Jesus de Cuiabá e São Gonçalo, em Cuiabá-MT, com o objetivo de analisar o número de corpos e a construção local com uma perspectiva da gestão ambiental. Após o estudo, ficou evidente que a contaminação dos cemitérios não era significativa do ponto de vista do número de sepultamentos, mas para uma validação dessa reivindicação exigiria um monitoramento constante das águas subterrâneas e solos dos locais.

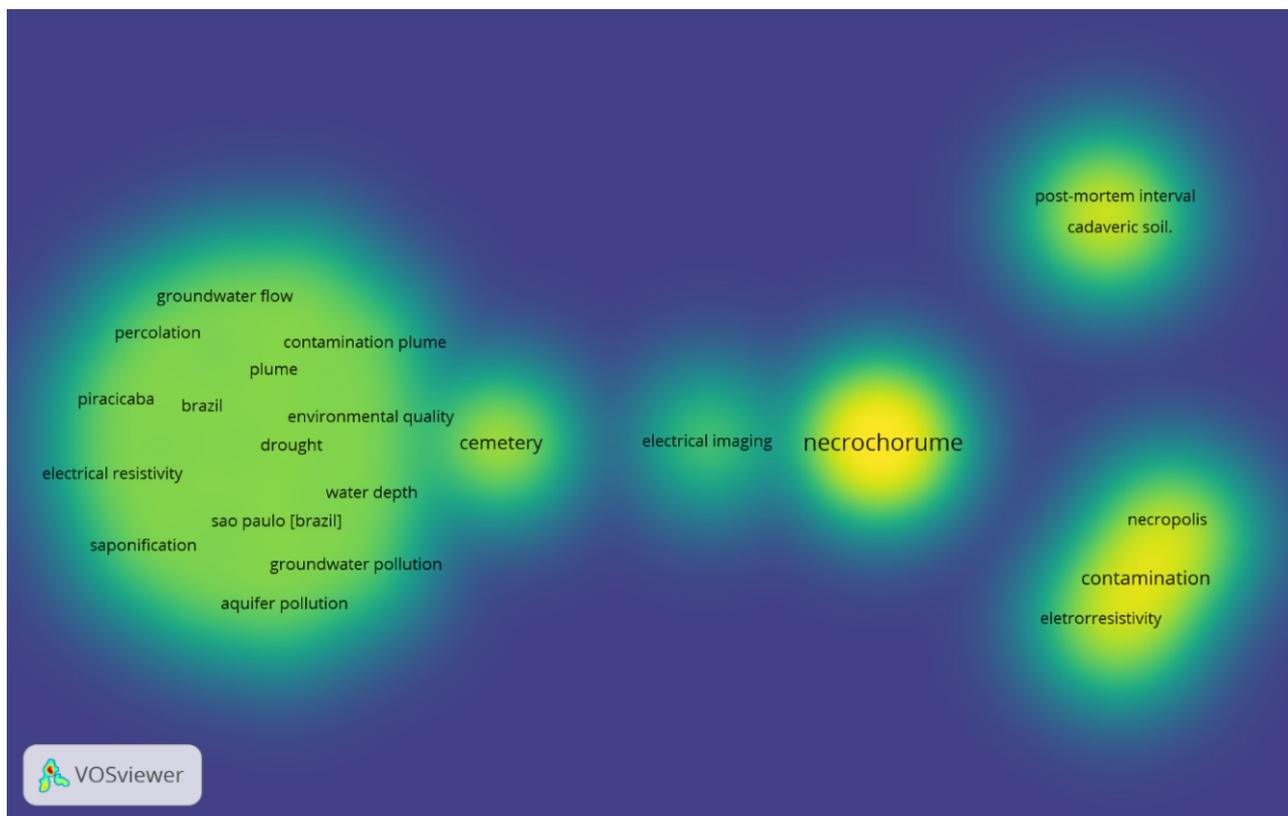
Albuquerque, Cerqueira e de Albuquerque, (2017), realizaram um estudo com o objetivo de identificar e avaliar os impactos ambientais presentes no cemitério municipal de Queimadas- PB. Verificou-se que o cemitério não cumpre com a legislação vigente, apresentando alto risco à saúde pública, com possibilidade de contaminação por necrochorume e microrganismos transportados pelo escoamento de águas.

Antonio et. al., (2018), analisaram as variações nas propriedades químicas do solo, que foram monitoradas durante a decomposição cadavérica de carcaças de suínos em uma área de floresta tropical, a fim de reconhecer padrões e avaliar a usabilidade destes pela perícia criminal. Constatou-se variações distintas de acordo com as fases de decomposição observadas e também na forma como as carcaças foram depositadas no ambiente de estudo (acima ou abaixo do solo), evidenciando a possibilidade de utilização dessas variações no desenvolvimento de modelos para a previsão de intervalos pós-morte com duração de até 67 dias.

Ainda nesta etapa, o VosViewer foi utilizado, tendo como base os artigos encontrados nas pesquisas referentes às palavras-chave “*necrochorume*” e “*cemeteries and contamination*” (Figura 1). O software evidencia a ocorrência de uma palavra-chave, utilizando a densidade do círculo que representa a mesma como analogia para volume de publicações.

Na pesquisa referente à necrochorume, pôde-se analisar que os estudos com foco na área ocorreram principalmente entre 2012 e 2017, sendo as publicações mais recentes voltadas ao período de decomposição (*post-mortem interval*) e ao solo cadavérico (*cadaveric soil*). Na Tabela 2, pode-se visualizar as palavras-chave com maior ocorrência, bem como o ano em que houve mais publicações sobre o tema.

Figura 1: Palavras-chave associadas a artigos sobre necrochorume e sua distribuição ao longo de 20 anos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

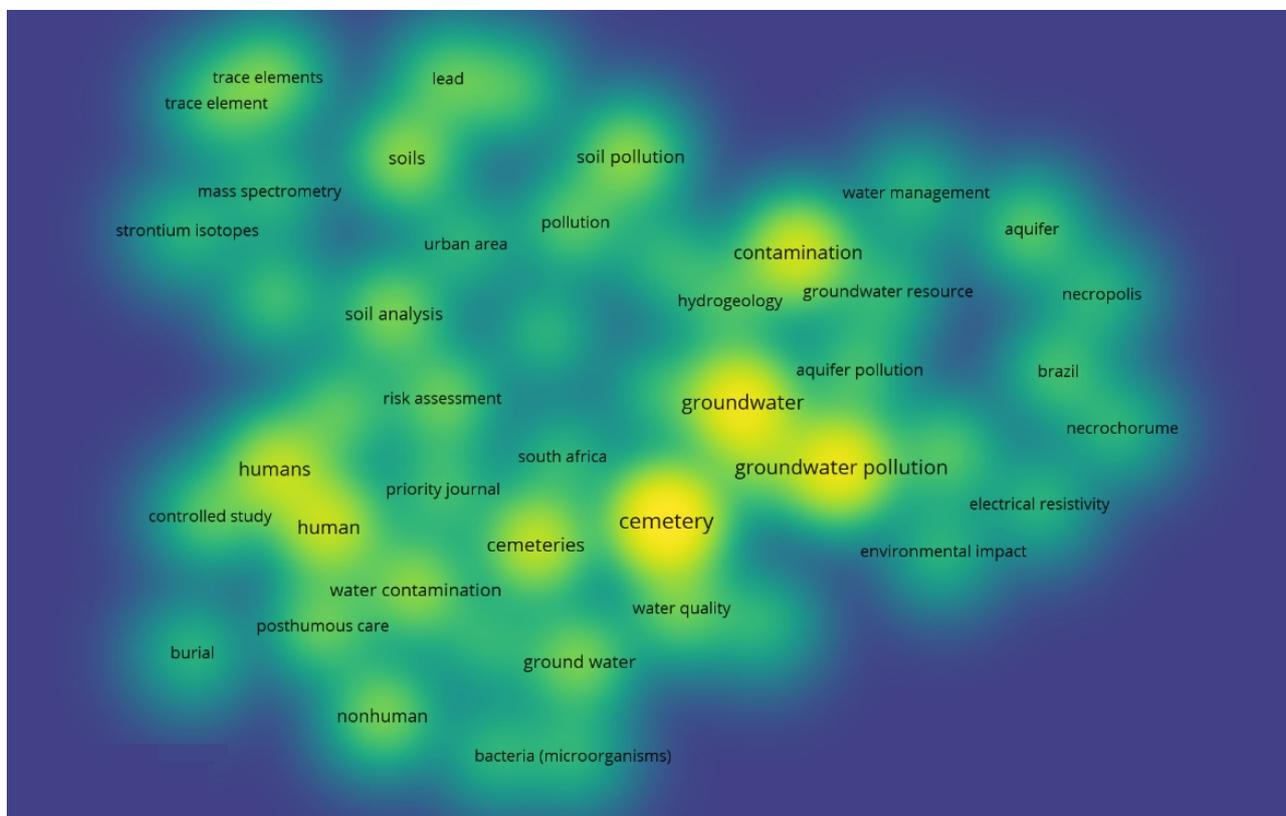
Tabela 2 - Ocorrência de palavras-chave referentes ao estudo do necrochorume.

Palavras -chave	Nº de ocorrência	Ano
Necrochorume	5	2012
Cemetery	2	2009
Post -mortem interval	1	2018
Cadaveric soil	1	2018
Necropolis	1	2017

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Em relação aos estudos de contaminação por cemitérios, como pode ser visualizado na imagem a seguir (Figura 2), destacaram-se as pesquisas referentes à lençóis freáticos (*groundwater*), que foram publicadas principalmente no período entre 2013 e 2014. Pode-se justificar o enfoque neste tema devido ao fato das principais preocupações relacionadas à contaminação por necrochorume estarem intrinsecamente conectadas com a infecção dos aquíferos locais.

Figura 2: Palavras-chave associadas a artigos sobre contaminação por cemitérios e sua distribuição ao longo de 20 anos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

As palavras-chave encontradas podem, ainda, serem analisadas separadamente, podendo então visualizar a quantidade de vezes que o termo aparece nos estudos publicados, assim como o ano em que houve a maioria das publicações.

O período com mais estudos sobre o tema se deu no ano de 2014, onde foram encontradas 26 ocorrências da palavra-chave *cemetery*. Ainda em 2014, evidenciou-se a ocorrência de termos referentes ao estudo de aquíferos (*grandwater* e *water contamination*). Já em 2016, houve 4 publicações que visam o estudo de necrópoles (*necropolis*).

Após análise criteriosa dos artigos encontrados durante as pesquisas, constatou-se que o Brasil, juntamente dos Estados Unidos, é o país que mais realizou estudos e publicações que relacionam o necrochorume à contaminação do terreno cemiterial (Tabela 4).

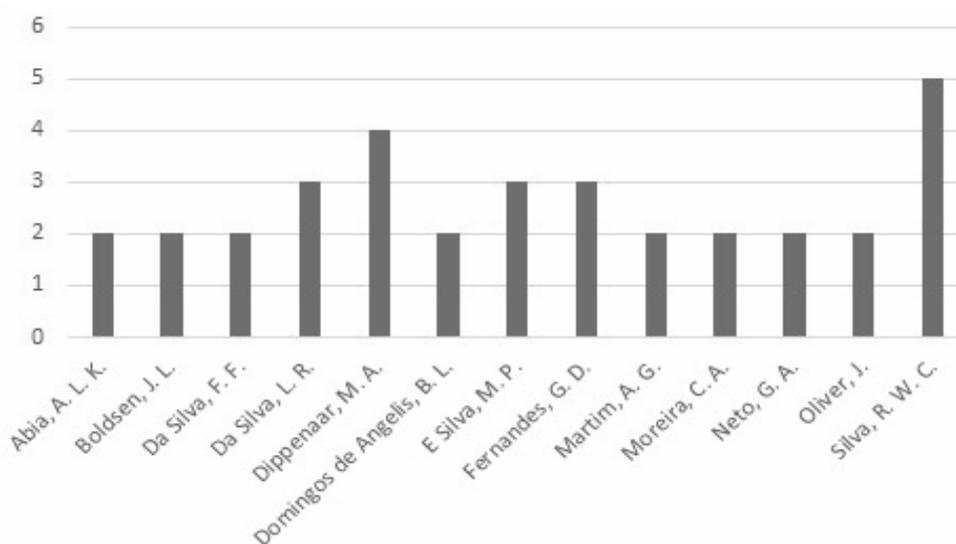
Pode-se concluir, com uso do software de computador *VosViewer*, que o autor com mais artigos relacionados ao tema é de origem brasileira. Foram encontradas 5 publicações que continham como autor principal o pesquisador Silva, R. Estes dados podem ser visualizados no Gráfico 1.

Tabela 4- Países que mais publicaram artigos relacionados à contaminação de cemitérios.

Países (Scopus)	Nº de publicações	Países (Web of Science)	Nº de publicações
Brasil	19	EUA	14
EUA	12	Brasil	11
Reino Unido	7	Alemanha	9
Canadá	6	Inglaterra	7
África do Sul	6	Dinamarca	6

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Gráfico 1 – Principais autores envolvidos nas pesquisas sobre contaminação de cemitérios nos últimos anos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Em seu estudo mais recente, Silva R., Malagutti e Moreira, (2009), apresentaram os resultados dos métodos de resistividade elétrica no delineamento da área que foram potencialmente contaminados por produtos de liquefação, no cemitério municipal de Vila Rezende, Piracicaba. Os resultados indicam uma profundidade do lençol freático entre 3,1 e 5,1 m, com dois fluxos de direção de águas subterrâneas, um para o SW e outro para o SE. Devido às plumas de contaminação, que têm o mesmo fluxo de direção de águas subterrâneas, bem como as anomalias condutivas observadas nas seções geoeletricas, as suspeitas de contaminação em a área foram confirmadas.

Martim, Neto e Silva, (2016), estudaram, em conjunto, as características estruturais dos túmulos e a arquitetura do Jardim Cemitério Municipal de Maringá, localizado no Estado do Paraná, Brasil. Publicaram também, no mesmo período, um relatório geológico para o cemitério municipal horizontal de Mandaguari, Brasil, analisando todas as características geológicas da região onde foi instalado esse empreendimento.

Os pesquisadores Silva et. al., (2017), realizaram um estudo que determinou a vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas nas imediações do cemitério Municipal de Caçapava do Sul-RS, município localizado na região central do Estado do Rio Grande do Sul. Este município apresenta grande área vulnerável que abrange, além do entorno do cemitério, o centro da cidade, pois além de encontrar-se sobre um aquífero fraturado, que apresenta níveis freáticos semiaflorantes a aflorantes, o cemitério carece de uma estrutura que impeça possíveis contaminações.

Da Silva, Silva, Leão e Figueiredo, (2018), tiveram como objetivo de estudo determinar a permeabilidade e a qualidade química para comparar com Resoluções CONAMA n° 335/03 e n° 420/09 (Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas), e determinar o coeficiente de infiltração em solo ocupado pelo cemitério na cidade de Caçapava, no Rio Grande do Sul. Os resultados mostraram que apenas o cádmio excedeu níveis superiores aos permitidos pela legislação e apontaram a permeabilidade entre  $5,87 \times 10^{-6}$  cm.s<sup>-1</sup> e  $1,94 \times 10^{-3}$  cm.s<sup>-1</sup>, excedendo os limites da legislação.

Os estudiosos Abia, Alisoltani, Ubomba-Jaswa e Dippenaar, (2019), fizeram uso de técnicas de sequenciamento de alto rendimento para determinar a composição bacteriana e seus perfis funcionais associados em amostras de solo de cemitério coletadas na superfície e abaixo do cemitério em dois cemitérios sul-africanos (Cemitério Maitland, na Cidade do Cabo, e Cemitério da Rua Fontein, em Middelburg), para avaliar a potencial ameaça à saúde das populações vizinhas através da contaminação das águas subterrâneas. O grupo constatou que os cemitérios podem ser fontes potenciais de poluição microbiana em águas subterrâneas, especialmente em áreas com mesas de águas rasas como Maitland.

Já Egbimhanlu et. al., (2020), visaram, em seu estudo, identificar os riscos potenciais de água subterrânea e de fontes localizadas em torno dos locais de sepultamento, e fornecer os dados sobre o impacto de tais toxinas na qualidade da água e do ambiente. Os resultados revelaram que a maioria das amostras tinha alta salinidade ( $5,5 \pm 1,9$ ), valores de pH ligeiramente ácidos ( $5,23 \pm 0,94$ ) e significativamente concentrações elevadas de chumbo ( $0,63 \pm 0,27$ ) entre os parâmetros medidos. Essa acidez torna a água mais vulnerável a metais se dissolvendo nele. Não foi possível esclarecer se as fontes dos sais são do próprio solo e/ou compostos usados para preparar o cadáver para o enterro ou os acessórios de metal e tintas utilizadas no acabamento dos caixões, que contribuem para a contaminação por chumbo.

## **4.2 Levantamento prospectivo de artigos relacionados à biorremediação da contaminação por necrochorume**

Somente a base de dados Scopus apresentou retorno durante a busca. Foram encontrados 4 artigos, porém ambos não apresentavam relação direta com o necrochorume. Nenhum dos resultados encontrados apresentavam, como autores, pesquisadores brasileiros. As publicações destes se deram nos últimos 4 anos, o que salienta o recente interesse dos cientistas por essa área pouco explorada.



As cianobactérias e líquens não possuem um grande acervo de estudos, porém representam o que há de mais recente nas pesquisas a respeito da biorremediação. As publicações sobre bactérias e fungos aparecem com maior frequência, mas suas publicações ocorreram principalmente até o ano de 2016, dados indicados na tabela 3.

Tabela 3- Ocorrência de palavras-chave referentes ao estudo da biorremediação da contaminação por necrochorume.

Palavras-chave	Nº de ocorrência	Ano
Bacteria	19	2014
Bioremediation	15	2018
Fungi	14	2016
Cyanobacteria	4	2018
Lichen	4	2017

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Constatou-se que as pesquisas voltadas à biorremediação ganharam maior notoriedade desde o ano de 2018, sendo esse um indicativo de que a tecnologia em questão possui potencial, porém se faz necessário mais estudos para maior conhecimento e aplicabilidade da técnica.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a atual situação pandêmica em que diversos sepultamentos ocorreram em locais inapropriados e em valas improvisadas, as chamadas “covas rasas”, juntamente com o potencial contaminante do necrochorume, se faz evidente a necessidade da pesquisa em quantificar e analisar o estudo dos impactos causados por este, bem como seus possíveis biotratamentos.

Apesar do Brasil possuir amplo acervo de estudos a respeito do tema, são encontrados, no país, diversos casos de cemitérios não licenciados. A resolução CONAMA n°335/2003, responsável por regulamentar os aspectos essenciais relativos ao processo de licenciamento ambiental de cemitérios, foi implementada há pouco tempo se comparada ao período de existência das necrópoles. Em decorrência disso, existem por todo o território brasileiro diversos locais onde a realização de enterros ocorre de forma irregular, oferecendo risco à saúde pública. Portanto, constatou-se a necessidade do

cumprimento das legislações vigentes para o funcionamento minimamente sustentável de cemitérios, bem como o estudo mais aprofundado dos métodos disponíveis para biorremediação visando a descontaminação do solo local e do lençol freático. Uma alternativa aos enterros tradicionais também se faz necessário, uma vez que os terrenos ocupados para usos cemiteriais são limitados e, futuramente, não haverá mais espaço para tal prática.

Com a realização desta pesquisa, ficou evidente a escassez de estudos referentes à contaminação proveniente do necrochorume. Quando analisamos a biorremediação do composto, nota-se que os resultados carecem ainda mais, indicando que ainda não há interesse significativo pela temática, altamente relevante e com grande potencial para impactos socioambientais negativos. O estudo realizado é o início de uma pesquisa aprofundada sobre o tema. O objetivo é dar continuação à análise com a realização de outros levantamentos bibliométricos mais detalhados, considerando somente a contaminação por cemitérios, tratamentos fúngicos e fitorremediação. Com o estudo, será possível identificar as tendências de pesquisa na área e compreender o que os autores estão discutindo sobre o tema atualmente, contribuindo para identificar as lacunas de pesquisas e possibilitando a continuidade do projeto de pesquisa sobre o tema.

Conclui-se, então, a indigência e o potencial existente para novos estudos sobre a latente contaminação por necrochorume, suas possíveis biorremediações e, ainda, alternativas sustentáveis para os atuais sepultamentos.

## REFERÊNCIAS

- Abdel-Azeem, A.; Held, B.; Richards, J.; Davis, S. & Blanchette, R. (2019). Assessment of biodegradation in ancient archaeological wood from the Middle Cemetery at Abydos, Egypt. *PLoS ONE*. v. 14(3), p. e0213753.
- Abia, A.; Alisoltani, A.; Ubomba-Jaswa, E. & Dippenaar, M. (2019). Microbial life beyond the grave: 16S rRNA gene-based metagenomic analysis of bacteria diversity and their functional profiles in cemetery environments. *The Science of the Total Environment*. v. 655, p.831-841.
- Albuquerque, H.; Cerqueira, J. & Albuquerque, I. (2017). Impactos ambientais no cemitério público de Queimadas-PB, Brasil. *Revista Espacios*. v. 38, nº 37, p. 10.
- Almeida F.R.; Espíndula J.C.; Vasconcelos, U. & Calazans G.M.T. (2006). Avaliação da ocorrência de contaminação microbiológica no aquífero freático localizado sob o cemitério da várzea em Recife-PE. *Revista Águas Subterrâneas*. v. 20, p. 19-26.
- Andrade, J.; Augusto, F.; Jardim, I. (2010). Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. *Eclética Química*. vol. 35 (30).
- Antonio, A.; de Paula, A.; Aguiar, A.; da Costa, L.; Keppler, R.; Bentes, K. & Wiedemann, L. (2018) Avaliação de características químicas do solo durante a decomposição cadavérica e suas aplicações à química forense. *Revista Virtual de Química*. v. 10 (3), p. 574-599.
- Araujo, V. de A. A.; Scafuto, I. C. (2020). O que sabemos sobre as barreiras à transferência de conhecimento? Um estudo bibliométrico sobre internal stickiness. *International Journal of Professional Business Review*, v. 6 (1), e212.
- Barbosa, F. T., Lira, A. B., de Oliveira Neto, O. B., Santos, L. L. & Santos, I. O. (2019) Tutorial para execução de revisões sistemáticas e metanálises com estudos de intervenção em anestesia. *Revista Brasileira de Anestesia*, 69(3), p. 299–306.
- Berger, T. M. (2005). Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos totais de petróleo – Enfoque na aplicação do processo terraferm. Tese (Doutorado Em Ecologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Betiatto, A. C.; Souza, F. X. D. & Bini, M. C. (2015) A morte, a atividade cemiterial e o meio ambiente. *Gepesvida*, v. 1, n.º 2, p. 121-141.
- Bohrer, R. E. G. (2012). Eletrobiorremediação e avaliação da atividade biológica de solos. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Programa de Mestrado em Tecnologia Ambiental. Universidade Federal de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, RS, Brasil.

Burger, J., Gochfeld, M. & Jeitner, C. (2019). Importance of buffer lands to determining risk to ecological resources at legacy contaminated sites: A case study for the Department of Energy's Hanford Site, Washington, USA. *Environmental monitoring and assessment*. v. 190 (8), p.1-19.

Campos, A. P. S. (2007) Avaliação do potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial. Dissertação (Mestrado em Saúde Ambiental). Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil. p. 141.

Carneiro, V. S. (2009) Impactos causados por necrochorume de cemitérios: meio ambiente e saúde pública. Anais do I Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo. São Paulo, SP, Brasil.

Carrillo, M. G. M. (1998). Investigación de Clostridium perfringens em água potable em tanques y cisternas del distrito de San Isidro, Lima. 62f. Tese (Bacharel Em Biologia) –Universidade Particular Ricardo Palma, Lima-Peru.

Cunha, F. J. S.; Chaves, J. R.; Alves, L. A.; Nogueira, M. R. C.; Lima, A. F.; Moreira, L. C. F.; Gonçalves, E. O.; Oliveira, M. A. & Chaves, H. R. G. (2008). Avaliação da qualidade da água do aquífero Livrena, região do cemitério Bom Jesus Dos Aflitos, Russas-CE, Brasil. In: Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas, XIII. São Paulo: Abas.

Da Silva, L.; Silva, M.; Leão, M. & Figueiredo, A. (2018). Índices Físicos do Solo e Alterações Químicas Decorrentes da Ocupação por Necrópoles em Caçapava do Sul – Rio Grande do Sul. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. v. 41 – 1, p. 328-342.

Dent, B. B. & Knight, M. J. (1998). Cemeteries: A special kind of landfill - The context of their sustainable management. In: International Groundwater Conference – Groundwater: Sustainable Solutions. Melbourne. p. 451-456.

Dias, A. E. (2000) Biorremediação de áreas afetadas por resíduos sólidos tóxicos. In: Sisinho, C. L. S.; Oliveira, R. M. (org.) Resíduos sólidos, ambiente e saúde: Uma visão multidisciplinar. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz. p. 142.

Egbimhanlu, A.; Sophia, O., Korede, A Adenike, O.; Adegboyega, A.; Omonigho, D. & Efeovbokhan, V. (2020). Contamination Assessment of Underground Water Around a Cemetery: Case study of Ayobo cemetery in Lagos, Nigeria. *International Journal of Engineering Research and Technology*. v. 13, nº 6, p. 1283-1288

Enetério, N. G. P. (2009). Avaliação da suscetibilidade do aquífero freático à contaminação por necrochorume em Bonito-MS. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais). Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul, MS, Brasil.

Espindula, J. C. (2004) Caracterização bacteriológica e físico-química das águas do aquífero freático do cemitério da Várzea. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil. 92f.

Faria, A. B. de C.; Monteiro, P. H. R.; Auer, C. G. & Ângelo, A. C. (2017). Uso de ectomicorrizas na biorremediação florestal. *Ciência Florestal*. 27(1), p. 21–29.

Fineza, A. G. (2008) Evaluation of contamination of groundwater by graveyards: a case study Tabuleiro – mg. Dissertação (Mestrado em Geotecnia e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

Furtado, M. R. (1997). Remediação: Controle ambiental chega ao subsolo. *Revista Química e Derivados*.

Hirata, R. & Suhogusoff, A.V. (2004). A proteção dos recursos hídricos subterrâneos no estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas, Cuiabá, MS, Brasil.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico 2010. Recuperado em 22 out. 2021, de: <[www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=292740](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=292740)>.

INEA - Nota técnica n.º 01. (2020). Orientação ao licenciamento ambiental de cemitérios no Estado do Rio de Janeiro frente a pandemia de COVID-19. Governo do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

Leite, E. B. (2009) Análise físico-química e bacteriológica da água de poços localizados próximo ao cemitério da comunidade de Santana, Ilha de Maré, Salvador-BA. *Candombá*, v. 5, p. 132-148.

Macedo, J.A.B. (2004). *Águas & Águas*. Ed. 2. Belo Horizonte: CRQ-MG.

Marcomini, L. P. & Castro, R. (2010) Avaliação de impacto ambiental e aspectos legislativos aplicáveis em cemitérios-parque: Estudo de caso do cemitério Jardim dos Lírios, Município de Bauru - São Paulo. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São carlos, SP, Brasil.

Mariano, A. P. (2006) Avaliação do potencial de biorremediação de solos e de águas subterrâneas contaminados com óleo diesel. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, SP, Brasil.

Martim, A.; Neto, G. & da Silva, F. (2016). Análise da arquitetura tumular do cemitério jardim municipal de Maringá, Estado do Paraná. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*. v. 20, n° 1.

Martins, M. T.; Pellezari, V. H.; Pacheco, A.; Mykai, P. M.; Adams, C.; Bossolan, N. R. S.; Mendes, J. M. B. & Hassuda, S. (1991). Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios. *Revista de Saúde Pública*. São Paulo, v. 25, n.º 1, p. 47-52.

Migliorini, R.B. (2002). Cemitérios contaminam o meio ambiente: Um estudo de caso. Ed. UFMT. Cuiabá: Universitária.

Moreira, F. M. S. & Siqueira, J. O. (2006) *Microbiologia e bioquímica do solo*. Ed. 2. Lavras: Ufla.

Pacheco, A.; Mendes, J.; Martins, T.; Hassuda, S. & Kimmelman, A. (1991). Cemeteries – A potential risk to groundwater. *Water Science Technology*. v. 24(11), p. 97-104.

Quintella, C. M.; Mata, A. M. T. & Lima, L. C. P. (2019). Overview of bioremediation with technology assessment and emphasis on fungal bioremediation of oil contaminated soils. *Journal of Environmental Management*. 241, p. 156–166.

Resolução CONAMA n.º 335. (2003). Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Publicada no DOU n° 101, de 28 de maio de 2003, seção 1, p. 98-99.

Resolução CONAMA n° 368. (2006). Altera dispositivos da Resolução n° 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios.

Rocha, E. T. S. (2021). Mobilidade humana e desastres ambientais: A gestão urbana em áreas de risco. *RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental*. v. 15, e02767.

Romanó, E. N. L. (2005). Cemitérios: Passivo ambiental, medidas preventivas e mitigadoras. *Especialização em Gestão Ambiental*. Ponta Grossa: Instituto Ambiental Do Paraná, Paraná, PR, Brasil.

Santos, E. & Ungari, H. C. N. (2008). Principais técnicas de remediação e gerenciamento de áreas contaminadas por hidrocarbonetos no estado de São Paulo. Monografia (Bacharel de Engenharia Mecânica). Programa de Graduação de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

Santos, E. F.; Silvério Da Silva, J. L.; Chaves, A. & Camponogara, I. (2007). Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas do sistema aquífero Serra Geral/Guarani no município Quaraí/RS. In: Simpósio de hidrogeologia do Sul-Sudeste. I. RS. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas.

Schelkle, B.; Choi, Y.; Baillie, L.; Richter, W.; Buyuk, F.; Celik, E.; Wendling, M.; Sahin, M. & Gallagher, T. (2018). *Caenorhabditis elegans* predation on *Bacillus anthracis*: Decontamination of spore contaminated soil with Germinants and Nematodes. *Frontiers in Microbiology*. v. 8, p.2601-2601.

Silva, M; da, L.; Liesenfeld, K.; Martini, L.; Kemerich, P; Filho, L. & Fernandes, G. (2017). Vulnerabilidade do aquífero nas proximidades do cemitério municipal de Caçapava do Sul - Rio Grande do Sul, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*. v. 40, n°1.

Silva, R. W. C.; Malagutti, W. & Moreira, C. (2009). Emprego do método da eletrorresistividade no estudo da contaminação subterrânea do cemitério municipal de Vila Rezende, Piracicaba – SP. *Revista Brasileira de Geofísica*. 27 (3).

Silva, V.T.; Souza, I. A.; Rocha, J. A. (2006). Um olhar sobre as necrópoles e seus impactos ambientais. In: *Anais do Encontro ANPPAS III, Brasília, DF, Brasil*.

Soares, P. B., Carneiro, T. C. J., Calmon, J. L. & Castro, L O. (2016). Análise bibliométrica da produção científica brasileira sobre tecnologia de construção e edificações na base de dados. *Web of science. Ambiente construído*, 16(1).

Üçisik, A.S. & Rushbrook, P. (1998). The impact of cemeteries on the environment and public health, an introductory briefing. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. Rep. n°. EUR/ICP/EHNA 01 04 01(A).

World Health Organizatio - WHO. (2002). Water quality. Guidelines, standards and health: Assesment of risk and management for water-related infectious disease. *Water Quality-Guidelines, Standards and Health Assesment*. Geneva.

Xavier, C.; Amorim, M; Valentini, C. & Faria, R. (2015). Diagnóstico da situação atual dos cemitérios em Cuiabá-MT sob a ótica da gestão ambiental: Estudo de caso parque Bom Jesus de Cuiabá e cemitério São Gonçalo. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*. v. 19, no 3.

Zamani, A.; Montoya, B. & Gabr, M. (2017). Investigating challenges of in situ delivery of microbial-induced calcium carbonate precipitation (MICP) in fine-grain sands and silty sands. *Canadian Geotechnical Journal*. v. 56 (12), p.1889-1900.

Zhang, S., Gedalanga, P. B. & Mahendra, S. (2017). Advances in bioremediation of 1,4-Dioxane contaminated waters. *Journal Environmental Management*. 204, 765–774.

# RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE: DESAFIOS DO USO, DESCARTE E DISPOSIÇÃO FINAL NO MEIO AMBIENTE

Simone Aquino

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Câmpus da UNESP Jaboticabal.  
siaq06@hotmail.com

Wagner França Aquino

Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS) – UNESP.  
wagnergpr@gmail.com

## RESUMO

A geração de resíduos sólidos, advinda das várias atividades industriais e de prestação de serviços, causa vários problemas ambientais e de saúde pública, no Brasil e no mundo. Tal situação é agravada pelo descarte inadequado e o poder público deve intervir com medidas regulamentadoras. Portanto, as instituições, os serviços e as empresas consideradas como geradoras devem minimizar ou evitar os impactos ambientais, em função do manejo, gerenciamento e correta classificação dos diversos tipos de resíduos produzidos, o que representa um grande desafio, desde o descarte inicial, tratamento, acondicionamento até a destinação final ambientalmente adequada. Dentre os setores que produzem resíduos especiais (em função de seu risco biológico) estão os serviços de saúde, uma vez que os resíduos produzidos são potenciais fontes de contaminação de agentes causadores de doenças, com graves impactos para o meio ambiente e injúrias para a comunidade, uma vez que também possuem outros

produtos considerados tóxicos ou perigosos como substâncias químicas e radioativas. Os estabelecimentos de interesse à saúde devem seguir leis, resoluções e normas para a elaboração de planos de segregação, gerenciamento e gestão dos chamados Resíduos de Serviços de Saúde (RSS). Além do controle de geração, a disposição final ambientalmente adequada é necessária para cumprir obrigações de proteção à saúde, vigilância ambiental, higiene institucional e diversas normas regulatórias relacionadas ao tema. Portanto, é importante conhecer e definir as atividades de geração, os tipos e classificações de resíduos de saúde, acondicionamento específico, riscos e perigos associados ao manejo, com base em referências normativas e de classificação.

### Palavras-chave:

Resíduos sólidos; Resíduos de serviços de saúde; Gerenciamento; Impactos ambientais.

## ABSTRACT

*The generation of solid waste, arising from various industrial and service activities, causes several environmental and public health problems in Brazil and worldwide. This situation is aggravated by improper disposal and the government must intervene with regulatory measures. Therefore, institutions, services and companies considered as generators must minimize or avoid environmental impacts, due to the handling, management and correct classification of the different types of waste produced, which represents a great challenge, from the initial disposal, treatment, packaging until the environmentally appropriate final destination. Among the sectors that produce special waste (due to its biological risk) are health services, since the waste produced is a potential source of contamination of disease-causing agents, with serious impacts on the environment and injuries to the community, since they also have other products considered toxic or dangerous,*

*such as chemical and radioactive substances. The establishments of interest to health must follow laws, resolutions and norms for the elaboration of segregation plans, management and management of the so-called Health Services Waste (RSS). In addition to the control of generation, the environmentally appropriate final disposal is necessary to comply with health protection obligations, environmental surveillance, institutional hygiene and various regulatory standards related to the subject. Therefore, it is important to know and define the generation activities, types and classifications of health waste, specific packaging, risks and dangers associated with handling, based on normative and classification references.*

### Keywords:

*Solid waste; Health care waste; Management; Environmental impacts.*

## INTRODUÇÃO



Resíduos sólidos são a definição de qualquer tipo de resíduo, rejeito, lixo ou material descartado oriundo das atividades humanas e de setores produtivos, categorizados de acordo com sua origem ou de onde são gerados. Como exemplos pode-se citar os resíduos sólidos urbanos (RSU), resíduos de serviços de saúde (RSS) e resíduos eletrônicos (BRASIL, 2018; ABNT, 2004). A classificação de resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004).

A associação entre resíduos e saúde humana com a vigilância em saúde ambiental ocorre pela preocupação com o controle do descarte de resíduos e ambientes saudáveis, que poderiam prevenir quase um quarto da carga global de doenças, segundo a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS). Tomando-se como exemplo, milhões de toneladas de lixo eletrônico (TVs, computadores e telefones), são acumulados anualmente e a exposição a resíduos eletrônicos mal gerenciados e seus componentes podem causar múltiplos impactos adversos à saúde (OPAS, 2021). Saneamento básico, ar limpo, água potável, higiene pessoal, uso adequado de produtos químicos, locais de trabalho limpos, saudáveis e seguros, práticas agrícolas controladas, cidades e ambientes construídos mantendo a natureza preservada são condições para a manutenção da saúde de uma população (ALPEBRE, 2022).

O descarte inadequado no meio ambiente pode levar a desfechos adversos à saúde humana e animal, por exemplo, por meio da contaminação da água, do solo e do ar, além da geração de insetos vetores de doenças e animais sinantrópicos. Resíduos como seringas usadas podem ser perigosos e prejudicar acidentalmente os trabalhadores do lixo como garis, coletores, segregadores em usinas de reciclagem ou outras pessoas envolvidas no transporte e comunidades vizinhas que buscam nos aterros, sua sobrevivência. A falta de controle na gestão de resíduos sólidos ou a má coleta de resíduos e o descarte inadequado, como em lixões abertos, sem medidas para proteger o solo ou as águas subterrâneas, podem causar outros impactos como inundações resultantes de obstruções de dutos de água e esgoto e outras águas paradas por acúmulo de resíduos sólidos favorecem as doenças

transmitidas pela água como cólera e tifo, além de disseminar doenças transmitidas por vetores e pragas (ratos, mosquitos, pulgas, pombos), como a leptospirose, febre amarela, malária e a dengue. A má destinação e coleta errada de lixo leva à poluição ambiental e ameaça inclusive a fauna marinha.

A discussão do tema resíduos sólidos surge da necessidade de soluções setoriais para a temática ambiental, com possibilidade de implantação de técnicas de gerenciamento de resíduos, visando a solução de problemas causados pelo acúmulo de rejeitos e mesmo a redução de sua produção, por meio de melhoramento de processos. Os desafios da gestão de resíduos sólidos começam desde sua geração e seguem para a forma de coleta, transporte, tratamento e destinação final destes resíduos. Porém, é importante compreender a construção das políticas públicas sobre este tópico, ao longo dos anos, bem como os órgãos oficiais envolvidos, a fim de compreender o gerenciamento de RSS na prática, a citar a Lei nº 12.305 de 2010 e a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 222 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) de 2018 (que revogou a RDC nº 306 de 2004) são importantes para a compreensão da gestão de resíduos gerados em estabelecimentos de saúde e pesquisa no país.

A grande geração de resíduos sólidos causa vários problemas de saúde pública, principalmente se não ocorre o descarte ideal (SOBARZO e MARIN, 2010). O poder público, portanto, deve ter a preocupação com medidas ou providências legais para o correto descarte dos mesmos, a exemplo da publicação da Lei nº 12.305 ou Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que objetivou a diminuição dos impactos ambientais dos resíduos sólidos no Brasil. A Lei nº 12.305 publicada em 2 de agosto de 2010 estabeleceu os tipos de resíduos gerados das atividades humanas, de acordo com as instituições e empresas geradoras de resíduos e rejeitos, além de determinar o gerenciamento para a segregação correta, a fim de regulamentar as responsabilidades de cada agente gerador, minimizando ou evitando os impactos ambientais com a destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Os planos de gestão de resíduos de serviços de saúde (RSS) não estão fora do propósito de controle de geração e disposição final ambientalmente adequada, mas ao contrário, são necessários para cumprir obrigações de proteção à saúde, vigilância ambiental, higiene institucional e diversas normas regulatórias associadas, principalmente determinadas pela ANVISA (BRASIL, 2018). Por isso, é importante definir as atividades de geração, os tipos de resíduos, seus riscos e perigos específicos associados, com base em referências normativas de classificação. Os resíduos produzidos pelos serviços de saúde são potenciais fontes de infecção ou transmissão de doenças, com graves impactos para o meio ambiente e injúrias para a população, uma vez que também possuem outros produtos considerados perigosos, tóxicos ou letais como agentes patogênicos, substâncias químicas e radioativas.

## 2 Histórico, classificação e regulamentação de RSS

A primeira resolução sobre a destinação de RSS no Brasil foi publicada pelo CONAMA em 1991, ocasião em que a ANVISA ainda não havia sido estabelecida, pois a Lei nº 9.782 que definiu o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária e criou a ANVISA somente foi publicada em 26 de janeiro de 1999. A Resolução CONAMA nº 06 de 19 de setembro de 1991 relacionada aos RSS se referia à não obrigatoriedade da incineração de RSS, porém, exigia o tratamento especializado para licenciamento até o destino final. Ainda nos anos de 1990, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a Norma Brasileira de Referência (NBR) nº 12.808 em 1993, classificando em grupos diferentes os RSS. Mais tarde foi alterada pela resolução CONAMA nº 05, que determinou o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) e gerenciamento dos RSS.

A ABNT publicou duas normas sobre os procedimentos de coleta dos resíduos de serviços de saúde (NBR nº 12.810 de janeiro de 1993) e para identificação do transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos, a NBR nº 7.500 publicada em fevereiro de 2003. Segundo a NBR nº 7.500, os veículos devem ser identificados com os símbolos correspondentes aos riscos presentes nos RSS, como o trifólio que indica radioatividade, para resíduos do grupo C e símbolo de risco biológico para grupo A e risco químico para grupo B, por exemplo. Os veículos de transporte externo dos RSS não podem fazer a compactação dos sacos contendo os RSS, como ocorre com os do Grupo D e o transporte externo de rejeitos radioativos, seguem normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). A Figura 1 representa um modelo de veículo para transporte de RSS.

Figura 1. Transporte adequado (caminhão baú) para a coleta de RSS.

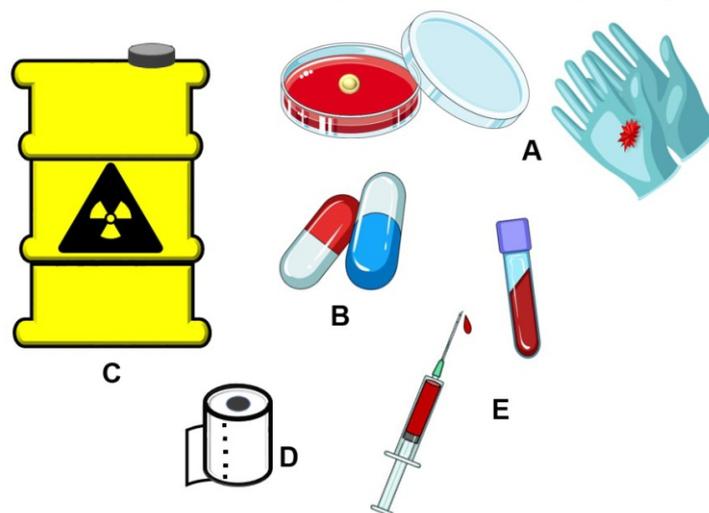


Fonte: autoria própria.

Já nos anos 2000, foi publicada a Resolução CONAMA nº 283 de 2001 e, como citado anteriormente, a ANVISA só iria publicar resoluções sobre o tema de RSS alguns anos mais tarde, relacionado ao campo da saúde, a exemplo da RDC nº 33 da ANVISA de 25 de fevereiro de 2003, que regulamentava as políticas públicas sobre a gerenciamento de RSS, além da proteção ocupacional e vigilância ambiental. Somente em 2004, com a publicação da RDC nº 306 (de 7 de dezembro de 2004) pela ANVISA e, posteriormente, com a Resolução CONAMA nº 358 publicada em 29 de abril de 2005, os órgãos governamentais finalmente alinharam suas classificações sobre resíduos gerados na área da saúde e determinaram os procedimentos de manejo e gerenciamento dos RSS. Os resíduos foram, portanto, classificados em grupos A, B, C, D e E (Figura 2), sendo o grupo A subdividido nos subgrupos A1, A2, A3, A4 e A5.

Figura 2. Grupos de Resíduos de Serviços de Saúde.

### Resíduos de Serviços de Saúde (RSS)



Fonte: autoria própria.

Em suma, no ano de 2010, a publicação da Lei nº 12.305 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos ou PNRS, estabelecendo a responsabilidade do descarte de resíduos sólidos conforme sua origem e de diversos setores produtivos, inclusive da saúde. Dentre os anos de 1990 a 2000, boa parte das resoluções foram determinados pelo CONAMA e que, após a criação da ANVISA, esta passou a legislar sobre o tema e, a fim de estabelecer ajustes nas resoluções anteriores sobre o gerenciamento interno de RSS nos estabelecimentos de saúde, no ano de 2018 foi publicada a RDC nº 222 da ANVISA, que ajustou o armazenamento interno de resíduos e revogou a RDC nº 306 de 2004.

A PNRS define ainda o que seria uma área contaminada, como local onde há contaminação causada pela disposição, regular ou irregular, de quaisquer substâncias ou resíduos e, inclusive, classifica os

resíduos de serviços de saúde (RSS), segundo sua origem, como os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS), de competência da ANVISA. Os chamados resíduos de serviços de saúde (RSS) não podem ser reaproveitados se contaminados com agentes patogênicos (bactérias, vírus, fungos, protozoários e parasitas) e ou secreções orgânicas que contenham príons, por exemplo, dada a sua designação pela PNRS, onde em seu Capítulo II (BRASIL, 2010).

Somente no ano de 2022, o Decreto nº 11.043, publicado em 13 de abril de 2022, aprovou o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, publicado na íntegra, no Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos, SINIR. Os planos de resíduos sólidos estaduais, microrregionais, de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas, intermunicipais e municipais deverão estar em conformidade com a PNRS e com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. O ano de 2022 foi um marco normativo para o setor de resíduos sólidos no Brasil, com a publicação do Decreto nº 10.936 de 12 de janeiro de 2022, que trouxe nova regulamentação para a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305 de 2010) e o Decreto nº 11.043 de 2022, que instituiu o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares), que estabelece as estratégias, diretrizes e metas para o setor, em um período de 20 anos.

Os dois decretos reforçam os princípios e definições da PNRS, consolidadas há mais de uma década, com mais objetividade em sua aplicação prática, de um sistema linear de gestão de resíduos, para uma gestão integrada e circular entre os diversos geradores, com foco nos responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e, que desenvolvam ações relacionadas, à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos. O artigo 4º do Decreto nº 10.936 coloca o consumidor como coparticipante do sistema de gestão, na hipótese de haver sistema de coleta seletiva estabelecida pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou sistema de logística reversa, onde o consumidor deverá acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados e disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou para devolução.

Como destaque em seu artigo 5º, o disposto no artigo 4º não isenta o consumidor de observar as regras previstas na legislação do titular do serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos referentes ao acondicionamento, à segregação e à destinação final dos resíduos. Essa ideia de responsabilidade compartilhada ainda está presente no artigo 6º, onde tanto o Poder Público, o setor empresarial e a sociedade são responsáveis pela efetividade das ações destinadas a assegurar a observância da PNRS. Também o foco da logística reversa se encontra no aproveitamento dos resíduos como um importante recurso e que possa assegurar a proteção do meio ambiente e melhores condições de saúde, com potencial de atrair mais recursos para movimentar a economia circular e promover a geração de renda em todas as regiões do país, com uma importante contribuição para a agenda climática (ALPEBRE, 2022).

### 3 Geração e planos de gerenciamento de RSS

Segundo a RDC nº 222 da ANVISA, o gerenciamento dos RSS deve seguir um plano de segregação institucional, isso significa que os procedimentos de manuseio de RSS (desde geração, armazenamento interno, externo e destinação final) devem ser registrados e seguidos conforme o chamado Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS). O PGRSS deve ser elaborado de acordo com a rotina do serviço de saúde e suas atividades geradoras e que são transmitidas por meio de capacitação dos profissionais colaboradores envolvidos na geração, recolhimento e descarte dos resíduos, incluindo funcionários temporários ou terceirizados (BRASIL, 2018). Os funcionários que atuam no manuseio e segregamento de resíduos devem estar aptos na execução do PGRSS sobre: gerenciamento dos RSS na instituição; prática de segregação; códigos de cores e símbolos dos RSS; conhecer os locais de armazenamento e dos abrigos; classificação de risco no manuseio dos RSS; uso de EPI e EPC; biossegurança; asseio pessoal e higiene ambiental; treinamento sobre proteção radiológica em caso de rejeitos emissores de radiação ionizante; noções de microbiologia e controle de infecção, além de manejo e riscos de contaminação química; conhecimento dos métodos de avaliação, verificação e controle do programa de gerenciamento de resíduos gerados na saúde. Os trabalhadores envolvidos no manuseio de RSS são avaliados periodicamente quanto à sua saúde, seguindo as normas de trabalho de saúde ocupacional, e as fichas médicas devem ser arquivadas na instituição, para checagem de agentes fiscais.

O PGRSS deve ser detalhado e permitir a adequação para cada tipo de estabelecimento gerador, com etapas de gerenciamento que são obrigatórias e não diferem entre os grandes e pequenos geradores de RSS, seja um grande hospital até um pequeno consultório odontológico. Entretanto, vários erros e não conformidades no cumprimento às especificações legais ocorrem, desde o ato de separar o tipo de RSS na segregação inicial, até a contenção ou acondicionamento em sacos ou recipientes, com a devida identificação e transporte dos resíduos, seja para o meio interno e externo, até o destino final. A exemplo de uma etapa na segregação descrita na RDC nº 222 e que deve ser explicitada no PGRSS dos resíduos sólidos do grupo A, este grupo deve ser acondicionados em saco padrão impermeável, com símbolo de risco biológico, resistente a ruptura e, com exceção de algum material com orientações específicas (como os radioativos), o volume ou limite de enchimento devem respeitar dois terços (2/3) da capacidade e peso, sem riscos de ruptura e com folga de enchimento, sendo proibido o reaproveitar os sacos (BRASIL, 2018; CICCÁ e GARRIDO, 2021).

Caso não atinja os 2/3, a troca ocorre a cada 48 horas, não importando o volume. Se o material contido no saco sofrer rápida putrefação, como materiais orgânicos do grupo A, a troca ocorre a cada 24 horas (BRASIL, 2018). Se não houver indicação normativa, o tratamento (como o processo realizado em autoclave) pode ser realizado dentro ou fora da unidade geradora e se tratado, o RSS é considerado rejeito. Os RSS com vários tipos de riscos obedecem às regras compatível com todos os riscos associados. Após o tratamento, o símbolo do risco deve ser retirado. Outros resíduos pertencentes ao Grupo A que não necessitem de tratamento prévio ao serem descartados e os resíduos tratados (autoclavados) são rejeitos dispostos em saco branco leitoso, que serão direcionados para a deposição final de maneira ambientalmente adequada (BRASIL, 2018). Quando há resíduos de saúde grupo A que devam ser separados e sofrer tratamento, são colocados em sacos vermelhos, dependendo da exigência legal local (Figura 3).

Figura 3. Sacos vermelhos para acondicionamento de RSS do grupo A



Fonte: autoria própria

Se um município, por exemplo, exigir que todos os resíduos A sejam tratados, neste caso podem ser colocados todos em sacos brancos, exceto subgrupo A5 (príons devem ser incinerados), os demais do Grupo A devem ir para disposição final ambientalmente adequada, mas não podem ser reciclados, reutilizados ou reaproveitados, inclusive para alimentação animal. O coletor do saco deve ser feito de material liso, impermeável, lavável e resistente com tampa acionada por pedal e conter os cantos internos arredondados. Se a coleta do saco ocorrer de forma imediata, rápida e constante, não é necessário a tampa. Após o fechamento do saco e troca do coletor, este deve ser transferido para um container de coleta. Os resíduos de medicamentos (grupo B) são medicamentos ou substâncias contendo produtos hormonais e produtos antimicrobianos; citostáticos; antineoplásicos; imunossupressores; digitálicos, imunomoduladores; antirretrovirais, quando descartados por serviços assistenciais de saúde, farmácias, drogarias e distribuidores de medicamentos ou apreendidos (BRASIL, 2018). Os RSS líquidos químicos (grupo B) devem ser colocados em recipientes de material inerte ao líquido coletado, resistentes com tampa de fechamento e com identificação na forma de fichas (Figura 4).

Figura 4. Recipiente de coleta de quimioterápicos em hospital.



Fonte: autoria própria

O resíduo químico do Grupo B disposto na forma líquida é proibido em aterros sanitários e RSS do Grupo B com periculosidade devem ser tratados ou sofrer solidificação antes do descarte final (ambientalmente adequado). Os medicamentos, por exemplo, são tratados ou levados para aterro de resíduos perigosos da Classe I, assim como metais pesados não tratados. Os rejeitos do grupo C (radioativos) seguem as diretrizes da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), aguardando o decaimento radioativo em contentores especiais de chumbo (blindados) em locais onde só pessoas autorizadas circulam em SALA DE DECAIMENTO, onde os radionuclídeos são depositados até liberação. Os resíduos do Grupo D são considerados inertes (como lixo doméstico) e são coletados pelo serviço de limpeza urbana comum, em sacos pretos, sem identificação em sua embalagem, com avisos impressos na área onde estão armazenados, em instituições de saúde. Pode-se adotar o sistema de cores e reciclagem de resíduos D e, quando não são passíveis de reciclagem ou compostagem, são chamados de rejeitos (BRASIL, 2018). Os resíduos perfurocortantes são dispensados em recipientes como caixas rígidas sinalizadas, com abertura e tampa, resistentes à punctura, ruptura e vazamento (Figura 5).

Figura 5. Esquemática da disposição de RSS do grupo E em recipiente adequado.



Fonte: autoria própria

Uma vez atingido o limite de enchimento ou três quartos (3/4) da capacidade da caixa, os recipientes devem ser trocados por novos, sendo proibidos seu reaproveitamento e esvaziamento manual, somente no caso do coletor for de plástico e com posterior descontaminação, a reutilização do recipiente pode ser realizada, e quando adotados métodos automáticos de esvaziamento. A separação do corpo da seringa com a agulha só é permitida se auxiliado com uso de dispositivos que garantam a segurança, mas é proibido a separação e reencaixe manual de agulhas (BRASIL, 2018). Em casos da assistência domiciliar, são os agentes de saúde do atendimento, responsáveis por encaminhar à destinação final correta, como levar para postos de saúde.

A RDC nº 222 (2018) permitiu o armazenamento temporário, ou seja, dependendo do volume de geração e da funcionalidade do estabelecimento, poderá ser utilizada uma sala de utilidades de forma compartilhada, com área mínima de 6 m<sup>2</sup> da sala de utilidades e área de mais de 2 m<sup>2</sup> para armazenar dois recipientes coletores para posterior traslado até a área de armazenamento externo. O abrigo temporário deve ser constituído com pisos e paredes laváveis, resistentes e impermeáveis; iluminado artificialmente e com água encanada, tomada elétrica (alta) e ralo sifonado tampado; ventilação contendo proteção contra a entrada de insetos e ratos (pragas urbanas), como telas; ter porta de largura ajustada com o tamanho dos coletores. A sala de utilidades ou de expurgo pode ser aproveitada na forma compartilhada, para o armazenamento temporário dos Grupos A, E e D, sinalizado como “ABRIGO TEMPORÁRIO DE RESÍDUOS” com área suficiente para os coletores, onde os sacos devem permanecer sempre em seu interior, nunca depositados diretamente no chão (Figura 6).

Figura 6. Sala de armazenamento temporário e recipiente coletor para resíduo A.



Fonte: autoria própria.

É importante quantificar o volume por dia e mês, além do levantamento dos tipos de resíduos para adequar a retirada do setor, coleta e transporte externo com a frequência determinada. O transporte interno dos RSS deve seguir rotas no estabelecimento que não cruzem espaços onde pessoas aguardem atendimento, onde circulem alimentos para os pacientes internados ou onde entrem

produtos, insumos e medicamentos estéreis. A transferência interna dos resíduos deve atender uma rota com horários definidos, em coletor constituído de material resistente, liso, lavável, impermeável, com tampa articulada e fixa, cantos arredondados e identificado. Caso a estrutura predial não contemple saída exclusiva de RSS, o horário de transporte interno deverá ser alternado ou quando outras atividades não estejam ocorrendo. Ainda sendo impossível, os sacos de RSS devem ser transportados em carros coletores de material resistente, com tampa, lavável, impermeável e identificado conforme o risco associado. O local de armazenamento externo da instituição, como abrigo de alvenaria independente, deve conter containers para grandes volumes, mantidos limpos e em espaços com piso lavável contendo ralos sifonados. No armazenamento temporário e externo os sacos não podem ficar diretamente no chão, obrigatoriamente devem ser acondicionados dentro de coletores contendo tampa fechada e, coletores com mais de 400 litros, devem ter válvula de dreno na base (BRASIL, 2018).

O espaço deve ser suficiente para coletores do grupo A e E, além de ambiente separado para o armazenamento do grupo D. Os RSS que não representem risco biológico, radioativo ou químico podem ser reutilizados, reciclados ou ir para compostagem, aproveitamento energético ou destinados à logística reversa. Até a saída programada para o descarte fora do estabelecimento, feito por empresa especializada, o local de armazenamento externo deve permanecer trancado com acesso permitido apenas para funcionários autorizados. A coleta e o transporte externo dos RSS, para fora do estabelecimento gerador, devem obedecer às regras de coleta urbana do município onde se instala. É preciso saber sobre o tipo de veículo para o transporte da empresa contratada e informações sobre a destinação final dos RSS por ela realizados. O estabelecimento deve manter a guarda do contrato (cópia) com o prestador de serviços ou empresas que executam a destinação dos RSS e solicitar também a cópia da licença ambiental. No caso de venda ou doação dos RSS destinados à recuperação, à reciclagem, à compostagem e à logística reversa, o estabelecimento deve solicitar cópia do contrato de venda dos resíduos recuperados. Os documentos (seja em meio físico ou eletrônico), são arquivados por no mínimo 5 anos, para a inspeção sanitária. O PGRSS deve ser, de tempos em tempos, atualizado conforme o responsável por sua elaboração e execução determinar (BRASIL, 2028).

Outra preocupação é a escolha do local de deposição dos resíduos sólidos, ou seja, onde depositar ou qual a destinação dos resíduos e rejeitos, já que são de diferentes tipos e de diversas origens? Os postos ou locais de transferência, tratamento e disposição final devem estar licenciadas pelo órgão governamental e, embora existam as diferentes formas de deposição de rejeitos e resíduos, todas as formas apresentam problemas ambientais (formação de gases, mau cheiro, chorume etc.). Por isso, os planos de gerenciamento de produção de resíduos e rejeitos é fundamental. Os materiais podem seguir para os lixões, aterros sanitários e aterros controlados. A diferença entre eles se dá na forma de gestão de armazenamento e tipo de resíduos e rejeitos sólidos (BRASIL, 2010):

- **Lixão:** recebe o lixo comum urbano, acumulado de forma aberta e sem tratamento, considerados irregulares pela PNRS.

- **Aterro sanitário:** local onde o solo é impermeabilizado e onde são depositados resíduos domésticos, comerciais, de construção e de resíduos sólidos de esgoto, ou seja, advindos da atividade humana para decomposição final.
- **Aterro controlado:** não possui solo impermeabilizado, porém recebe cobertura de terra onde são depositados os rejeitos de hospitais, clínicas, laboratórios etc.

Os estabelecimentos de saúde, podem despejar efluentes líquidos na rede pública de esgoto, se cumprir as diretrizes dos órgãos ambientais fiscais competentes. Os resíduos A1, após tratamento que reduza ou inative a carga microbiana vão para aterro sanitário licenciado, assim como os RSS A4 (sem tratamento), mas os RSS A5 serão incinerados. Já os do grupo B com periculosidade, devem tratados e seguir a disposição final específica por norma, com a ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ), quando não reutilizados ou recuperados, porém em estado líquido não devem ser ir para aterros. Grupo B sem periculosidade, não necessitam de tratamento e na forma sólida vão para aterro licenciado e, como líquidos, podem ser lançados na rede pública de esgoto, conforme as diretrizes dos órgãos fiscais ambientais de saneamento competentes. Os RSS radioativos (Grupo C) seguem as normas da CNEN. Grupo E terão tratamento específico em função do contaminante presente (químico, biológico ou radioativo) e acondicionados em coletores rígidos, estanques, resistentes à ruptura e punctura. Grupo D podem ser reutilizados ou reciclados e são encaminhados para aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos, licenciados. Quando não apresentem os riscos biológicos, químicos ou radioativos, os RSS (grupo D) podem ser destinados para compostagem, reciclagem, reutilização ou logística reversa (BRASIL, 2018).

Os planos de gestão de resíduos sólidos, em uma quantificação por estados da federação, segundo a PNRS, estimaram em 2019 a adesão de 19 estados (70,37%) e 2.487 municípios com planos (44,65%). Os estabelecimentos de saúde também devem elaborar seus planos de gerenciamento de RSS, como determina a ANVISA. O primeiro passo para a segregação correta dos resíduos de saúde é capacitar os colaboradores para que realizem o descarte de forma adequada, a fim de não misturar RSS de grupos diferentes em um mesmo recipiente coletor. Este é um dos desafios da gestão de RSS, pois impacta diretamente na redução de volume dos RSS, visto que é comum achar resíduos inertes ou comuns como resíduo D (papéis, embalagens, copos etc.) jogados em sacos contendo resíduos de saúde. Outros desafios se referem à segurança na segregação de perfurocortantes (com risco ocupacional), custos com tratamento e transporte e destinação ambientalmente correta.

Os gestores de estabelecimentos geradores de RSS devem quantificar e analisar a composição dos RSS, para implementar correções no manejo e sistematizar a segregação de acordo com recursos financeiros e humanos. Boa parte dos RSS são compostos de resíduos do grupo A e grupos E, mas ainda são comuns os erros de separação de resíduos do grupo A e seus subgrupos e ainda há a mistura de resíduos, como os considerados comuns (grupo D) misturados com os resíduos infectantes (grupo A). Isso aumenta o custo do manejo, visto que resíduos D podem ser colocados em sacos comuns

pretos, mas resíduos A somente em sacos brancos leitosos e com símbolo de risco biológico ou infectante. Além disso, o tratamento de tais resíduos pois alguns devem ser autoclavados para esterilizar antes da destinação final, sendo o custo da retirada para tratamento por quilos ou até toneladas. Assim, é possível quantificar e classificar os produtos e materiais descartados, otimizando a triagem de resíduos, com definição adequada das diferentes categorias, usando códigos de cores e símbolos para identificar o conteúdo de recipientes e sacos, além de contêineres adequados de coleta de grande volume, áreas de armazenamento e, finalmente, transferir para uma unidade externa de tratamento final, como a incineração contratando empresas especializadas em coleta de lixo hospitalar e licenciadas ambientalmente por órgãos públicos (BRASIL, 2018; SANTOS et al., 2019).

Os resíduos gerados nas atividades de saúde ou na assistência aos pacientes, além de serviços relacionados, onde o material pode conter resíduos ou secreções contaminadas com agentes patogênicos (bactérias, fungos, vírus, protozoários, parasitas, príons etc.) tal como gaze contendo secreção de ferimentos, seringas usadas com sangue, luvas usadas etc., ainda representam um dos maiores desafios em relação à geração de resíduos sólidos no Brasil e em todo mundo. Esses materiais descartados de forma especial, produzidos na assistência à saúde humana e animal, são os chamados Resíduos de Serviços de Saúde (RSS). Mas não apenas estabelecimentos de saúde como hospitais, clínicas odontológicas, clínicas veterinárias, farmácias e drogarias ou laboratórios de diagnóstico, mas outros serviços relacionados diretamente ou não à assistência de saúde podem também gerar resíduos contaminados ou perfurocortantes infectantes. Também se incluem os distribuidores de produtos imunobiológicos e vacinas, importadores, distribuidores e produtores de materiais e controles para diagnóstico in vitro, estabelecimentos como laboratórios de ensino e pesquisa na área de saúde humana e animal.

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005), os geradores de RSS representam a parcela de todos os estabelecimentos ou prestação de serviços relacionados com o atendimento à saúde, seja humana ou animal, centros de controle de zoonoses, serviços de assistência domiciliar (*Home care*), unidades móveis de atendimento à saúde, laboratórios analíticos de diagnóstico clínico ou de produtos para saúde; materiais de trabalhos de campo na assistência de enfermagem, necrotérios, funerárias e locais onde se há atividades de embalsamamento (tanatopraxia e somatoconservação), bem como os serviços de medicina legal, serviços de acupuntura e serviços de tatuagem, dentre outros similares. Tais serviços devem seguir normas sobre a manipulação segura (biossegurança), acondicionamento em sacos e recipientes adequados e segregação externa ao local, de forma ambientalmente segura (BRASIL, 2018).

## 4 Desafios futuros e problemas locais e mundiais a enfrentar

Os resíduos gerados de diferentes atividades humanas acumulam-se no dia a dia, em todas as classes sociais e setores produtivos. A temática envolvendo a poluição ambiental e destinação de resíduos sólidos vem sendo apontada pelos ambientalistas como um dos problemas ambientais urbanos ainda não solucionados. O aumento da produção de resíduos sólidos é uma preocupação mundial, somente em relação ao lixo eletrônico, por exemplo, a Global E-waste Statistics Partnership (GESP, 2020) reportou que os volumes aumentaram em 21% até o ano de 2019 (em um período de 5 anos), quando 53,6 milhões de toneladas métricas de lixo eletrônico foram geradas. Ainda segundo o GESP (2020), o crescimento é contínuo conforme a velocidade de consumo de novos modelos de dispositivos eletrônicos, devido à sua rápida capacidade de se tornarem obsoletos e, somente 17,4% do lixo eletrônico produzido no ano de 2019 foram segregados e reciclados, sendo o percentual restante descartado irregularmente em países de baixa renda. A discussão sobre RSS não é diferente, pelos impactos que podem ocasionar na saúde ambiental e humana, principalmente pelo aumento do número de casos de atendimentos em tempos de pandemias, situação em que os volumes de RSS aumentam consideravelmente (TORRES e DE-LA-TORRE, 2021).

A relação da geração dos RSS está intrinsecamente relacionada à produção de lixo ou rejeitos que não podem ser reciclados. Como todas as unidades produtivas, os laboratórios e hospitais produzem resíduos e devem ser responsáveis pelo descarte de resíduos de forma ambientalmente correta, considerando os resíduos laboratoriais ou resíduos de saúde, em particular algodão ou gaze suja de sangue, luvas contaminadas descartadas, máscaras usadas, papéis sujos de excretas que podem conter micróbios patogênicos e que, se descartados para fora do ambiente hospitalar podem comprometer a saúde pública, devido aos riscos ambientais envolvidos, no que se refere à infecção, contaminação de efluentes e contaminação ambiental. Portanto, não podem ser dispostos em locais públicos a serem recolhidos pela coleta urbana comum. No Brasil o foco dos RSS é uma preocupação presente pelo volume gerado e destinação ambientalmente correta, pelo alto risco à comunidade e meio ambiente, como fontes de micróbios patogênicos e produtos plásticos usados no diagnóstico e substâncias químicas diversas (PRATA et al., 2020; SANTOS et al., 2020).

No Brasil, o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) é uma ferramenta importante da PNRS para coletar dados sobre a geração de resíduos sólidos de responsabilidade compartilhada entre os governos municipais, estaduais e Distrito Federal. A coordenação do SINIR é do Ministério do Meio Ambiente (MMA), com organização e manutenção de responsabilidade dos estados, do Distrito Federal e dos municípios que alimentam o sistema com as informações locais necessárias ao órgão federal, sobre resíduos de acordo com sua esfera de competência, com periodicidade anual. Como exemplo, o Quadro 1 apresenta os dados informados de 752 municípios declarantes do SINIR de 2019, registrado pelo percentual (%), massa produzida (toneladas) de RSS gerada por grupo (SINIR, 2019):

Quadro 1. Massa de RSS gerada por grupo.

Classificação	Natureza	Massa (toneladas)	Percentual (%)
Grupo E	Perfurocortantes	16.235.004,7 t	35%
Grupo A	Infectantes	14.944.216,52 t	32%
Grupo D	Sem riscos	8.311.584,64 t	18%
Grupo B	Produtos químicos	6.708.234,13 t	14%
Não especificado	-----	273.272,02 t	01%

Fonte: SINIR, 2019.

Ainda de acordo com o SINIR a massa somada por tratamento ou destino para os RSS para o mesmo ano, foi:

- Incineração - 8.618,3 t (1%)
- Autoclave ou microondas - 169.984,4 t (17%)
- Outros - 841.527,5 t (82%)

Resíduos provenientes de atividades domésticas em residências urbanas (resíduos domiciliares) e os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana (resíduos de limpeza urbana), ainda obtiveram uma maior produção, com a massa total coletada de 57.333.328,10 t, provenientes de 3.712 municípios declarantes no Sistema Nacional de Saneamento Básico (SNIS) em 2019.

O correto gerenciamento dos resíduos está relacionado com a prevenção e controle das Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (IRAS), visto que a Portaria n. 2616 de 1998 define como infecção adquirida do paciente na internação ou após a alta e muitas vezes tais infecções estão associadas às bactérias resistentes aos diferentes tipos de antibióticos, denominadas superbactérias e que podem estar nos resíduos gerados na assistência de tais pacientes, como *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA) ou *Enterococcus spp.* resistente à vancomicina (VRE). Os profissionais de saúde e funcionários envolvidos na gestão hospitalar, além dos membros das comissões de controle de infecção hospitalar (CCIH) devem reforçar a importância das práticas cotidianas de saber identificar os perigos no resíduo e como descartar corretamente. O controle e execução do manejo adequado dos RSS depende de esforços multidisciplinares na biossegurança e muitos erros na segregação de RSS estão associados à falta de capacitação e desconhecimento das legislações vigentes sobre os RSS, mesmo a instituição fornecer todos os EPIs, EPCs e materiais para o correto descarte no momento da geração inicial dos resíduos. Portanto, os gestores têm desafios estruturais, mas o maior desafio está na adesão dos funcionários aos procedimentos contidos no PGRSS, pois é importante que os processos de segregação dos tipos de RSS em sua origem e no momento de sua geração reduzam o volume de resíduos, principalmente os que necessitam de um tratamento prévio antes da retirada e disposição final (BRASIL, 2018; MADERS e CUNHA, 2015).

O potencial de riscos de acidentes de trabalho e impacto ambiental vinculados às atividades de transporte externo e destinação final de RSS, fazem com que as unidades geradoras busquem a terceirização para a destinação final dos mesmos, contratando empresas especializadas com licença ambiental. Considerado o processo mais eficiente para a descontaminação patogênica e descaracterização dos RSS, a incineração apresenta vantagem de reduzir o volume e peso dos resíduos diminuindo os custos de gerenciamento. É o tratamento recomendado para alguns subgrupos do Grupo A, obrigatório para subgrupo A5, com risco de materiais biológicos que contenham príons ou proteínas infectantes. O processo de incineração se dá como combustão controlada e que transforma os RSS em cinzas inertes e gases, com significativa redução de massa e volume do resíduo original. Tem um custo mais elevado, por ser um tratamento controlado em equipamento que utiliza combustível, com manutenção e mão-de-obra especializada para a operação constante. Por isso, o volume deve ser acumulado o até atingir uma quantidade maior de RSS para evitar constantes paradas e desgaste do equipamento. Pode-se executar a incineração centralizada, ou seja, uma única estação ou incinerador pode centralizar o tratamento de RSS de um grupo de geradores e estabelecimentos de saúde de diversos municípios (SENA et al., 2021).

Quanto ao risco ocupacional dos profissionais envolvidos no manejo de RSS, a grande preocupação na gestão dos RSS se dá com a parcela representativa da coleta e manuseio de resíduos hospitalares relacionados com materiais infectantes e perfurocortantes, pois é grande o risco de acidentes com o descarte dos materiais perfurocortantes (lancetas, seringas, agulhas etc.) e que contenham resíduos de sangue ou material biológico de pacientes infectados. OMS alerta sobre injeções com descarte inadequado, responsáveis infecções pelo vírus da Imunodeficiência Humana (HIV), hepatite B e hepatite C. A OMS ainda estimou que um profissional de saúde tem 30% de risco em se infectar com hepatite B, 1,8% com hepatite C e 0,3% com o vírus do HIV, ao ser picado por agulha contaminada com sangue de um paciente doente (OMS, 2018).

Porém, muitas pessoas usam medicamentos injetáveis no uso diário, a exemplo de diabéticos insulino dependentes em suas residências. Como as pessoas do público estão recolhendo os resíduos perfurocortantes (do grupo E) gerados em domicílio ou até mesmo nas ruas? Cabe aos diversos setores responderem essa questão. Algumas alternativas é a coleta em pontos fixos como banheiros públicos, onde há recipientes fixos para a coleta da comunidade ou a educação da população sobre a logística reversa, onde há a coleta domiciliar em recipientes entregues pelo sistema de saúde público e posterior entrega em postos de saúde ou unidades básicas do bairro onde reside ou trabalha. A Figura 7 representa um recipiente fixo disposto em terminal rodoviário para dispensação de seringas e agulhas usadas (grupo E).

A eliminação de medicamentos e produtos químicos relacionados ao diagnóstico e pesquisa é outro aspecto relevante dos geradores de RSS, pois embalagens como frascos de medicamentos, bolsas de perfusão de quimioterápicos, agentes injetáveis farmacêuticos, reveladores químicos etc. não podem ser descartados em pias e lixo comum, chegando em lençóis freáticos, por exemplo. Para um estabelecimento de saúde, a eliminação de medicamentos está incluída como parte do descarte de resíduos, sendo outro fluxo de drogas não usadas ou vencidas em estoque.

Figura 7. Recipiente para coleta de RSS do grupo E em terminal rodoviário.



Fonte: autoria própria.

Outro tipo de resíduo de grandes centros hospitalares ou de alta complexidade em diagnóstico é a eliminação de urina, sangue e excreta contendo iodo radioativo ou radioisótopos que emitem radiação ionizante, que podem ser danosos à saúde. São produtos radioativos que devem ser contidos no interior do estabelecimento e posteriormente gerenciados como fontes não seladas ou contidas, cuja eliminação depende do período de decaimento radioativo, exigindo classificação seletiva e áreas de armazenamento interno próprias, enquanto a radioatividade diminui a níveis seguros. Isso requer do estabelecimento um circuito específico com classificação seletiva e normas de segurança cuidadosamente aplicadas na segregação de resíduos de saúde do grupo C (BRASIL, 2018).

Ainda os medicamentos usados em domicílios, principalmente aqueles vencidos ou em desuso, que são genericamente classificados como resíduos perigosos (classe 1) e, quando descartados incorretamente no lixo comum, possuem elevado potencial de contaminação do meio ambiente. Em 2020, o Governo Federal publicou o Decreto Federal nº 10.388, que regulamentou o sistema de logística reversa de medicamentos no país no ano de 2020, determinando que drogarias e farmácias deveriam disponibilizar e manter, em seus estabelecimentos, pelo menos um ponto fixo de recebimento de medicamentos de uso humano a cada 10 mil habitantes. A Figura 8 representa um coletor fixo de medicamentos vencidos ou em desuso de consumidores em uma farmácia na cidade de São Paulo (BRASIL, 2020).

Figura 8. Ponto de coleta de medicamentos vencidos no varejo.



Fonte: autoria própria

Entretanto, o uso de antimicrobianos na área da medicina veterinária é amplamente utilizado e que, de forma direta ou indireta, também podem contaminar o meio ambiente. Essa é outra questão que deverá ser discutida para a busca de uma solução na prática da assistência à saúde animal, que muitas vezes é praticada nos campos, não estando limitada em estabelecimentos veterinários.

Um novo desafio surgiu em 2020, com a declaração da pandemia pela OMS em função do contágio pelo novo coronavírus SARS-CoV-2, causador da doença Covid-19. O setor de limpeza pública urbana sequer se adaptou ao manejo de resíduos contaminados e novos setores passaram a englobar este desafio, como o transporte público, alimentação, comércio, educação e entretenimento, impactando diretamente a geração e descarte dos materiais descartáveis contaminados. Novas fontes de geração de RSS surgiram dentro e fora dos muros de estabelecimentos de interesse à saúde, visto que a população passou a usar luvas descartáveis e máscaras, a fim de evitar a propagação da doença viral. De acordo com Torres e De-La-Torre (2021), boa parte das máscaras usadas (contaminadas) foram descartadas em recipientes domésticos ou nos resíduos do grupo D (Figura 9).

Figura 9. Máscara usada (Grupo A) descartada em lixo doméstico (Grupo D).



Fonte: autoria própria.

De acordo com Andeobu et al. (2022) a pandemia de Covid-19 criou uma emergência médica global e a ocorrência imprevista de casos resultou na elevada geração de resíduos médicos e levantou questões sobre gerenciamento, descarte de RSS e seus impactos ambientais. A quantidade de resíduos médicos, gerados pela pandemia de Covid-19, desde o princípio do surto pandêmico, foi estimada em 2,6 milhões de toneladas por dia no mundo. Na Austrália, aventais descartáveis, máscaras faciais, protetores ou escudos faciais, luvas, óculos de proteção, desinfetantes, resíduos perfurocortantes e seringas foram descartados todos os dias. Além dos estabelecimentos de saúde, novos hospitais de campanha e instalações de quarentena aumentaram os riscos de transmissão entre as pessoas e as probabilidades de resíduos em geral serem contaminados com resíduos médicos. A necessidade de examinar as práticas de gerenciamento e descarte de RSS levantou várias

questões na forma de lidar com os resíduos médicos da pandemia de COVID-19 e seus impactos na saúde pública e no meio ambiente (MILLER et al., 2020).

Além disso, a pandemia de Covid-19 provocou uma grande demanda por produtos plásticos descartáveis, entre os anos de 2020 a 2021, principalmente, devido ao uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), como máscaras, protetores faciais e luvas, como forma de prevenir a transmissão do vírus, tanto por profissionais de saúde como da população comum. A pandemia comprometeu também o progresso legislativo contra os plásticos descartáveis ao mesmo tempo em que sistemas de reciclagem pararam, devido ao risco de manipulação e transmissão. Os governos impuseram o uso de EPIs em locais públicos, após o alerta da Organização Mundial da Saúde (OMS), mas sem um planejamento estratégica da coleta pública, o que representou um desafio para a gestão convencional de resíduos especiais contaminados e pode exacerbou severamente a poluição plástica. Sabe-se que grandes detritos plásticos, chamados de macroplásticos, há décadas causam impactos no meio ambiente, como emaranhamento em espécies marinhas ou quando ingeridos por predadores aquáticos mamíferos, répteis e aves afetando seu bem-estar e potencialmente causando mortes. Outra forma preocupante de poluição plástica, nos últimos anos, são os chamados micro plásticos (partículas menores que 5 milímetros), que derivam da quebra de macroplásticos ou são fabricados em micro tamanhos, capazes de lixiviar produtos químicos tóxicos e transportar contaminantes absorvidos (PRATA et al., 2020; SANTOS et al., 2020).

São sujeitos à ingestão por um maior número de organismos de diferentes táxons, sejam por ingestão ativa (confusão com presas naturais ou fonte de alimento) ou passiva (ingestão acidental durante a alimentação, filtragem ou respiração, dependendo do comportamento alimentar). Após a ingestão, os microplásticos podem induzir efeitos ecotoxicológicos subletais na maioria dos organismos, uma vez que cloreto de polivinila (PVC), poliestireno (PS) e polietileno (PE) inibem o crescimento e induzem o estresse oxidativo. Segundo Santos e colaboradores (2020), a coexposição de microplásticos a peixes zebra (*Danio rerio*) nos estágios iniciais de desenvolvimento levou à neurotoxicidade, estresse oxidativo e mudanças comportamentais (SANTOS et al., 2020). A capacidade dos microplásticos de se acumularem e magnificarem em toda a cadeia alimentar os transforma em ameaças potenciais à segurança alimentar e à saúde humana, uma vez que traços de microplásticos já foram detectados em produtos de origem animal, como pescados. Mais do que nunca, estudos e políticas públicas voltadas à cadeia geradora de resíduos urbanos e suas vertentes e segmentos de serviços diversos devem ser focados na compreensão da coleta e logística reversa, além da minimização da geração, a exemplo de tecnologias empregadas na fabricação de fios e fibras para tecidos com propriedade antiviral ou antibacteriana, que poderiam ser usados na fabricação de máscaras e aventais passíveis de reuso (ANDEOBU et al., 2022; MILLER et al., 2020).

## REFERÊNCIAS

ALPEBRE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em 20 de fev. de 2023.

ANDEOBU, L., WIBOWO S., GRANDHI, S. MedicalWaste from COVID-19 Pandemic—A Systematic Review of Management and Environmental Impacts in Australia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, e1381, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7500. Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-7.500-Simbolos-de-Risco-e-Manuseio-Para-o-Transporte-e-Armazenamento-De-Materiais.pdf>>. Acesso em 20 fev. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 10004: 2004. Resíduos sólidos – Classificação. Disponível em:<<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/170/abnt-nbr10004-residuos-solidos-classificacao>>. Acesso em 19 fev. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - 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. Disponível em: <[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2018/rdc0222\\_28\\_03\\_2018.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2018/rdc0222_28_03_2018.pdf)>. Acesso em 21 de fev. 2023.

BRASIL. Casa Civil. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em 20 fev. de 2023.

BRASIL. Decreto nº 11.043, de 13 de abril de 2022. Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União - Seção 1. Publicado em 14 de abril de 2022, Página 2. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2022/decreto-11043-13-abril-2022-792514-publicacaooriginal-164977-pe.html>>. Acesso em 19 fev. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Relatório Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos. Disponível em:<<https://sinir.gov.br/relatorios/nacional/>>. Acesso em 23 fev. de 2023.

BRASIL. Poder Executivo. 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 institui o sistema de logística reversa de medicamentos domiciliares vencidos ou em desuso, de uso humano, industrializados e manipulados, e de suas embalagens após o descarte pelos consumidores. Diário Oficial da União. Edição: 107-A, Seção: 1 – Extra, página 1. Disponível em:<<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.388-de-5-de-junho-de-2020-260391756>>. Acesso em: 25 de fev. de 2023.

BRASIL. Poder Executivo. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União. Edição: 8-A | seção: 1 - extra A, página: 2. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.936-de-12-de-janeiro-de-2022-373573578>>. Acesso em 20 fev. de 2023.

CICCA, I.F.C.; GARRIDO, F.S.R.G. Diagnóstico das condições de coleta e transporte externos de resíduos biológicos em unidades hospitalares brasileiras. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 16, p. 1-14, 2021. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/23798>>. Acesso em 22 de fev. 2023.

GLOBAL E-WASTE STATISTIC PARTNERSHIP – GESP. Surge in global E-waste, up 21 per cent in 5 years, 2020. Disponível em: <<https://globalewaste.org/news/surge-global-waste/>>. Acesso em 27 de fev. de 2023.

MADERS, G.R.; CUNHA, H. F. A. Análise da gestão e gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde (RSS) do Hospital de Emergência de Macapá, Amapá, Brasil. *Engenharia sanitária e ambiental*, v.20 n.3, p. 379-388, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/pnPfP8kGZ97KCKzDDP9qdJJ/?lang=pt>>. Acesso em 23 de fev. de 2023.

MILLER, M.E., HAMANN, M., KROON, F.J. Bioaccumulation and biomagnification of microplastics in marine organisms: a review and meta-analysis of current data. *PLoS One* v., 15, e0240792, 2020.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2018. Health-care waste. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>>. Acesso em 21 de fev. de 2023.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment. Disponível em: <<https://www.who.int/tools/compendium-on-health-and-environment/solid-waste>>. Acesso em 22 de fev. de 2023.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE – OPAS. Aumento do lixo eletrônico afeta saúde de milhões de crianças, alerta OMS, 2021. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/noticias/15-6-2021-aumento-do-lixo-eletronico-afeta-saude-milhoes-criancas-alerta-oms>>. Acesso em 25 de fev. 2023.

PRATA, J.C., SILVA, A.L.P., WALKER, T.R., DUARTE, A.C., ROCHA-SANTOS, T. COVID-19 pandemic repercussions on the use and management of plastics. *Environmental Science & Technology*, v. 54, p. 7760–7765, 2020.

SANTOS, D., et al. Toxicological effects induced on early life stages of zebrafish (*Danio rerio*) after acute exposure to microplastics alone or co-exposed with copper. *Chemosphere*, v. 261, e127748, 2020.

SANTOS, E.S.; GONÇALVES, K.M.S.; MOL, M.P.G. Healthcare waste management in a Brazilian university public hospital. *Waste Management & Research*, v.37, n.3, p.278-286, 2019. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0734242X18815949>>. Acesso em 27 de fev. de 2023.

SENA, R.M. et al. Gerenciamento de resíduos de saúde no Brasil: Desafios de gestores e profissionais de saúde. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 4, p. 1-15, 2021. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/issue/archive>>. Acesso em 22 de fev. de 2023.

SOBARZO, L.C.D.; MARIN, F.A.D.G. Resíduos sólidos: representações, conceitos e metodologias: propostas de trabalho para o ensino fundamental. *Revista de ensino de geografia*, v. 1, n. 1, p. 3-14, 2010. Disponível em: <<http://www.revistaensinogeografia.ig.ufu.br/Artigo%20REG%201%20Sobarzo.pdf>>. Acesso em 25 de fev. de 2023.

TORRES, F.G.; DE-LA-TORRE, G.E. Face mask waste generation and management during the COVID-19 pandemic: An overview and the Peruvian case. *Science of the Total Environment*, v., 786, e147628, 2021.

# O RESIDUAL DE PINUS spp. (ACÍCULAS) UTILIZADO COMO COBERTURA EM ACESSOS DE HORTA CASEIRA E PREVENÇÃO DO CRESCIMENTO DE ERVAS DANINHAS

Solange Drews Aguiar Mengue  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS  
solange-mengue@uergs.edu.br

Moisés de Souza  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS  
moises-souza@uergs.edu.br

Roger Morony Martins  
Universidade do vale do Rio dos Sinos - UNISINOS  
rogeru4s@gmail.com

## RESUMO

A pesquisa foi realizada na porção de terra denominada Rancho Serra Verde, Distrito Eletra, no município de São Francisco de Paula com o objetivo de verificar a possibilidade da utilização de acículas(folhas) de *Pinus spp.* para cobertura de acessos de hortas caseiras e prevenção do crescimento de ervas daninhas. A metodologia foi de observação in loco, e as acículas da espécie *Pinus taeda* L. foram colhidas entre agosto e setembro de 2022, num povoamento específico da espécie, localizado junto à RS 235. Coletou-se material constituído por acículas em três estágios de desenvolvimento: novas, maduras e senescentes. Foram realizados três experimentos com intervalo de doze dias e espessuras diferentes sendo de 10 cm, 20 cm e 30 cm de altura da manta. Na terceira fase a pesquisa obteve sucesso e não apresentou o surgimento de nenhuma

vegetação daninha com clara melhoria do ambiente e da qualidade de vida. Como conclusões sugere-se a realização de projetos de ensino-pesquisa-extensão sobre esta temática para estimular a utilização das acículas, e conseqüentemente a melhoria do ambiente e da qualidade de vida, principalmente daquelas de baixo poder aquisitivo e/ou que geralmente não utilizam outros materiais para cobrir caminhos de passagem. Ainda sugere um estudo sobre a utilização da serapilheira do pinus como potencial adubo orgânico e qual o impacto sobre os nutrientes dos alimentos.

### Palavras-chave:

Horta, Pinus; Resíduo; Acículas; Ambiente.

## ABSTRACT

The research was carried out in the portion of land called Rancho Serra Verde, Distrito Eletra, in the municipality of São Francisco de Paula, with the objective of verifying the possibility of using needles (leaves) of *Pinus spp.* for covering home garden accessions and preventing weed growth. The methodology was observation in loco, and the needles of the species *Pinus taeda* L. were collected between August and September 2022, in a specific stand of the species, located next to RS 235. Material consisting of needles in three stages of development was collected. : new, mature and senescent. Three experiments were carried out with an interval of twelve days and different thicknesses being 10 cm, 20 cm and 30 cm in height of the blanket. In the third phase, the research was successful and did not show the appearance of any weed vegetation

with a clear improvement in the environment and quality of life. As conclusions, it is suggested to carry out teaching-research-extension projects on this theme to encourage the use of needles, and consequently the improvement of the environment and quality of life, especially for those with low purchasing power and/or who generally do not use them. other materials to cover walkways. It also suggests a study on the use of pine litter as a potential organic fertilizer and the impact on food nutrients.

Keywords:

### Keywords:

Vegetable garden; Pine; Residue; Acicles; Environment.

## INTRODUÇÃO



O gênero *Pinus spp.*, uma espécie arbórea exótica, foi introduzida no Brasil em 1936, pelo Serviço Florestal do Estado de São Paulo, numa tentativa de frear o corte indiscriminado da *Araucária angustifolia* e das espécies que caracterizam a Mata Atlântica. Buscando por fontes que indicassem um caminho a ser seguido nos deparamos com o texto “Ouro verde e as primaveras silenciosas da Serra Gaúcha” de Theodoro (2003), hoje doutora da Universidade de Brasília, mas naquele tempo uma graduanda que em seu trabalho de participação em um evento foi a pioneira em relatar que o *Pinnus elliottii*, uma das variedades da espécie exótica pinus foi a que teve uma adaptação mais imediata na região.

Passado o tempo, Mengue (2011) relata que mudanças ambientais ocorreram no cenário do município de Canela/RS, devido à introdução desta espécie, e Elesbão (2008), e Elesbão e Schneider (2011) concluíram que o *Pinnus taeda* é a variedade mais encontrada (FIGURA 1).

Figura 1 – Pinus taeda - Espécie arbórea exótica encontrada na RS 235.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores

Aliado ao pensamento de redução dos resíduos resultantes do manejo do pinus na Serra Gaúcha, apresenta-se aqui um estudo da utilização das acículas (folhas) de pinus em seus estágios: novas, maduras e senescentes (FIGURAS 2, 3 e 4), juntamente com uma porção da serapilheira, que se conceitua como a camada formada por restos da formação vegetal, como folhas e galhos, juntamente com material orgânico depositada sobre a superfície do solo.

Figura 2 – Imagem das acículas em estágio de novas.



Fonte: Chapter, 2019.

Figura 3 – Imagem das acículas em estágio de maturidade.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores.

Figura 4 – Imagem das acículas em estágio de senescência.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores.

Este estudo pode significar uma grande contribuição no atingimento do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável de número dois: fome zero e agricultura familiar que faz parte da Agenda 2030, e que também conforme Castelo Branco (2007), acaba contribuindo com a redução do empobrecimento da população e da exclusão social através da geração de renda e aproveitamento de materiais.

Ainda antes de entrar no assunto alvo da pesquisa é importante ressaltar que conforme Gallo, Martins e Peres (2005), Da silva (2022) e Ferreira (2022) uma das características da obtenção de horta caseira é o fortalecimento do poder econômico com a ausência da aquisição de hortaliças e até mesmo com a venda do excedente da produção. Assim o poder aquisitivo das famílias que se dedicam a este tipo de cultivo atinge uma complementação e promove o aumento na variedade de espécies disponibilizadas nas refeições. A efetivação de uma horta caseira promove mudanças de pensamentos e hábitos individuais e coletivos, com a valorização do trabalho manual, o desenvolvimento da criatividade, das habilidades culinárias e da autonomia na produção do próprio alimento.

A pesquisa também vem auxiliar na redução de danos ao meio ambiente já que o produto utilizado é facilmente encontrado depositado no solo dos povoamentos dos monocultivos da espécie em questão. Mas principalmente vem responder ao questionamento: o que fazer com o residual do monocultivo de Pinus, que se encontra incorporado no ambiente, neste caso, as folhas (acículas)?

A Fundação das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 1990) concluiu que a biomassa residual do manejo da floresta é de mais ou menos 30% entre galhos e acículas. Mas as acículas se apresentam como o residual mais aparente dentre os resíduos resultantes do manejo do *Pinus* spp.

A pesquisa faz parte do Projeto de Mestrado do Programa de Pós graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS), da Universidade do Estado do Rio Grande do Sul (UERGS), e foi realizada na porção de terra denominada Rancho Serra Verde, Distrito Eletra, no município de São Francisco de Paula (FIGURA 5).

FIGURA 5: Imagem vista de cima do Rancho Serra Verde, local da pesquisa.



Fonte Arquivo dos autores

Abaixo apresentamos a figura 6, que trará ao leitor o recorte da área utilizada na pesquisa. Esta imagem proporcionará uma proximidade e intimidade com o local de estudo. A área utilizada na pesquisa corresponde a 25 metros de comprimento, por 20 metros de largura e está disposta na lateral da edificação construída para residência. O espaço foi destinado para a construção de uma horta caseira que pudesse atender a demanda de verduras e hortigranjeiros da família, visto que a propriedade está localizada a 8 quilômetros da cidade. E a motivação da escolha do produto da pesquisa foi a de que a pesquisadora Solange Aguiar trabalha no ramo de paisagismo e possui uma experiência com a construção de caminhos de acesso com outros tipos de materiais como pedriscos, brita, lonas, manta bidim e que não apresentam uma boa cobertura nem impedem as plantas invasoras de crescimento.

Figura 6 – Imagem de recorte proximal da área da pesquisa.



Fonte Arquivo dos autores

O objetivo desta pesquisa é a apresentação dos passos da construção de caminhos de acesso de uma horta caseira utilizando os resíduos do manejo do monocultivo do pinus, neste caso as acículas (folhas do pinus). Esta prática pode ser viabilizada e replicada em uma área de extensão de terra considerada pequena e que pode contribuir para o desenvolvimento sustentável.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As florestas de espécies exóticas para utilização madeireira são as mais cultivadas no Rio Grande do Sul. Filho (2005) diz que o Pinus spp. é uma das alternativas usadas para o reflorestamento e também, a matéria-prima mais utilizada pela fabricação de móveis. Segundo dados coletados no Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF, 2022) e ratificados no relatório da Associação Gaúcha de Empresas Florestais (AGEFLOR) contendo dados e fatos sobre setor de base florestal do Rio Grande do Sul em 2022 (ano-base 2021) a espécie vem ocupando uma área de 289 mil hectares no Estado do Rio Grande do Sul.

Segundo dados referidos no portal da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2020) o fator determinante para a implantação dos povoamentos de pinus no Brasil foi fazer parte de uma estratégia de desenvolvimento na década de 1960, implementada por meio de incentivos fiscais destinados a aumentar os plantios florestais. O objetivo deste incentivo seria a garantia de suprimentos de matéria prima destinada ao setor madeireiro. A espécie pinus teve plena aceitação motivada pela adaptabilidade aliada a práticas silviculturais facilmente aplicadas. Esta espécie se difundiu largamente, e conforme Mengue (2011), mudanças ambientais ocorreram na paisagem devido à introdução e um manejo inadequado desta espécie. E de acordo com Amorin et al. (2021), o manejo da espécie gera um residual sólido bem significativo, desde a implantação dos grandes maciços florestais, se apresenta durante o crescimento do produto com a deposição das acículas e galhos no solo, na colheita e mesmo depois do beneficiamento.

Nas áreas de monocultivo, a produção de serapilheira e queda de acículas torna-se mais intensa, na época do outono, alocando nutrientes ao solo (NOGARA, 2016).

A camada de acículas que faz a cobertura do solo e auxilia a formar a serapilheira age como uma barreira seletiva, impossibilitando que os raios de sol cheguem até o solo, além de causar acidez excessiva na ciclagem de nutrientes (ABREU; DURIGAN, 2011; ABREU, 2013). A invasão desta espécie comprovadamente (MENGUE, 2011) altera a paisagem e a fisionomia local em um período curto de tempo, fazendo com que esta paisagem seja substituída por uma densa floresta de pinheiros cujo solo fica recoberto por acículas.

Conforme Pritchertt & Fisher (1997), o amadurecer das acículas, sua queda e a produção de serapilheira, nos ecossistemas florestais, bem como a inerente liberação de nutrientes por decomposição, constitui o processo fundamental de devolução de nutrientes ao solo.

Ribeiro (2007), em seu estudo, diz que a taxa de decomposição não é acelerada na espécie pinus verificando que a redução de peso das acículas de pinus foi cerca da metade da observada em outras espécies. Ribeiro continua em seu estudo que as acículas de pinheiro colocadas na superfície do substrato terroso determinaram uma acentuada redução da perda de água do solo, por evaporação, o que foi observado na pesquisa aqui apresentada. Neste estudo a incorporação das acículas, no solo, inicialmente aumentou fortemente a retenção líquida e ao se afastar as acículas se observava o solo úmido, mesmo em dias onde a temperatura se mostrava elevada. Mas com o passar do tempo, se houvesse o afastamento da camada de acículas, o solo de mostrava quebradiço e ressecado (FIGURA 7).

Figura 7 – Imagem da representação do solo ao serem afastadas as acículas.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores

Em sua pesquisa sobre a deposição das acículas na formação da serapilheira Nogara et al. (2016) citam que a mesma aumentou gradativamente nos meses de março a maio, salientando então que a perda foliar se intensifica nos meses de outono até o início do inverno, sendo que existe um decréscimo de liberação de acículas após este período.

Raimundo (2005) salienta que a presença de vegetação herbácea reforça o efeito da incorporação de resíduos na redução da lixiviação de nutrientes. Ele, também, observou que a serapilheira na mata de Araucária é um misto de coníferas e folhosas, e no pinus a matéria orgânica depositada é exclusivamente de coníferas.

Piovesan (2012) concluiu que as acículas seriam a principal formadora do material orgânico do solo, constituindo a serapilheira com outros fragmentos orgânicos, provenientes da parte aérea da planta, tais como galhos, cascas, frutos, caules e flores, bem como restos animais e material fecal. Enquanto Vieira e Schumacher (2010) dizem que as acículas auxiliam, juntamente com os demais resíduos florestais, para a interceptação da água proveniente das chuvas, através da redução do impacto da água no solo, assim, diminuindo os efeitos erosivos. O autor ainda manifesta que ressalta a importância da manutenção das acículas e da serapilheira sobre o solo do sítio florestal pois verifica-se grande aporte de nutrientes.

Em acordo com este pensamento já vinham Schumacher et al. (2004), Schneider et al. (2022) concluindo em seus estudos que os nutrientes para a planta são extraídos do solo e quando acontece a queda das acículas e sua decomposição, a formação da serapilheira vai liberando novamente para o solo os nutrientes em um constante ciclo de vida.

Bertoldo et al, (2015) dizem que os valores da decomposição das acículas e da serapilheira liberados pelas plantas, tanto em matéria seca média por coletor (g) como por hectare (kg/ha), aumentaram a cada mês no período de fevereiro a maio. Também foi observada uma relação na diminuição das temperaturas do ambiente com a elevação da queda das acículas e formação da serapilheira em povoamentos de *Pinus* spp. Situação que verificaram nas áreas com maior densidade de plantas.

### 3 METODOLOGIA

A observação do comportamento das amostras foi realizada in loco, no local especificado para a pesquisa, e as acículas da espécie *Pinus taeda* L. foram colhidas entre agosto e setembro de 2022, num povoamento específico da espécie, localizado junto à RS 235 e de fácil acesso. Quanto aos procedimentos de coleta do material para ser utilizado nos acessos foi por amostragem. Foram coletados 10 quilogramas de acículas em cada uma das três amostras, pois foram necessárias três colocações sobrepostas do material para que se chegasse à conclusão final. Todas as amostras foram retiradas do mesmo povoamento em uma extensão de área de 5 metros de largura por 5 metros de comprimento.

Inicialmente se fez o reconhecimento do campo de ação para verificação do espaço disponível. As condições iniciais do solo eram ruins, visto o local ter sido manejado anteriormente durante a construção da edificação. Foram colocadas as estruturas que serviriam de canteiros. Assim que o espaço entre as estruturas estava pronto para receber o material era hora de coletar as acículas (FIGURA 8). Foram colhidas somente as acículas depositadas no solo, preenchendo o local que serviria de caminho de acesso, por fora das estruturas dos canteiros, sendo alocadas no local a ser pesquisado imediatamente depois de serem coletadas.

Figura 8- Imagem da coleta das acículas para a pesquisa.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores.

Depois de demarcado o espaço a ser estudado recolheu-se o material sem qualquer instrumento, a não ser as próprias mãos dos pesquisadores, com luvas como material de proteção já que as acículas liberam uma resina característica da espécie. Coletou-se material constituído por acículas que estavam depositadas com solo em forma de serapilheira. Todas as amostras foram liberadas de quaisquer outros materiais existentes, compreendidos aqui como galhos, pinhas e vegetação rasteira que porventura se encontrasse nas amostras. A pesquisa foi realizada de agosto a setembro de 2022.

A análise foi de caráter observatório e descritivo visto que as amostras tiveram que ser acompanhadas a fim de verificação do comportamento. Esta observação era diária a fim de verificar se havia o surgimento de indivíduos da espécie de erva invasora. Este acompanhamento pode ser diário visto um dos pesquisadores ser proprietário e residente no espaço estudado.

A primeira amostra de acículas foi distribuída no espaço, no dia 17 de agosto de 2023, colocada por cima de uma vegetação rasteira pré-existente, disposta em uma camada de 10 cm de altura. Passados doze dias de observação, verificou-se que a vegetação que permaneceu por baixo das acículas iniciava um processo de crescimento ainda acentuado, mas o solo já apresentava alguma alteração, em alguns espaços a vegetação abaixo da camada já se encontrava ausente (Figura 9).

Figura 9: Amostra de 10 cm de serapilheira.



Fonte: Arquivo dos autores

Coletou-se uma segunda amostragem de acículas e partiu-se para a colocação de mais uma camada de 10 cm, totalizando 20 cm. Isto se deu no dia 30 de agosto de 2023. Observou-se novamente por mais doze dias e neste período verificou-se que somente as folhas mais resistentes da vegetação permaneciam buscando alguma luminosidade e se destacavam em meio a cor acentuada de tons marrons das acículas em processo de senescência. O solo por baixo se apresentava cada vez mais úmido e com mais espaços sem nenhum resquício de vegetação (Figura 10).

Figura 10: Amostra de 20 cm de serapilheira.



Fonte: Arquivo dos autores,

Partindo-se desta referência ainda se apresentava o surgimento de ervas daninhas. Então no dia 13 de setembro de 2023 buscou-se uma terceira amostragem de acículas que foi aplicada com mais 10 cm, totalizando 30cm de altura. Aqui, passados mais doze dias, se pode observar que a manta de acículas cobriu inteiramente os espaços entre os canteiros, ainda se observa resquícios da vegetação pré-existente próximo aos limites de madeira que formatam os canteiros, mas esta vegetação era facilmente retirada pela pesquisadora, com um leve puxão. Importante salientar que o local de estudo é propriedade da pesquisadora que reside no local e fazia uma observação diária, por isso esta ação, em particular, é apresentada como individual. Observou-se que o solo ficou muito mais úmido embora a camada superior se encontrasse plenamente seca ao ponto de craquelar com os passos dos transeuntes (Figura 11).

Figura 11: Amostra de 30 cm de serapilheira.



Fonte: Arquivo da autora

## 4 RESULTADOS

O estudo em questão veio responder à questão norteadora do que fazer com o residual do manejo do pinus (acículas) e disponibilizar uma ferramenta passível de utilização deste residual.

Amorin, Pimenta e Souza (2021) e Mendes e Da Silva (2022) manifestam que as práticas de manejo se não observadas criteriosamente podem gerar perdas para os envolvidos e que se evidencia que o aproveitamento dos resíduos é interessante e tecnicamente viável. Mas citam também que existe a necessidade de um planejamento técnico para esta utilização já que se for utilizado todo resíduo de

uma vez resultará em uma falta de nutrientes e aumento da compactação do solo. No caso deste estudo sobre as acículas de pinus, pela característica de espécie invasora, a correta utilização deste residual é de suma importância para que a invasão seja controlada e se produza um correto descarte. O estudo em questão da utilização das acículas nos caminhos de acesso de uma horta caseira apresentou uma técnica que se mostrou eficaz para o produto que foi pensado. A contenção de plantas daninhas perpassa por complexos processos de tratamentos físicos, mecânicos, químicos e inclusive culturais. Entretanto, apesar de se executar várias etapas, é preciso adotar cuidados preventivos e acompanhar cada processo, haja vista que a eliminação de pragas que comprometem negativamente a agricultura nunca é facilmente eliminada por completo da lavoura. A redução das ervas invasoras nos caminhos de acesso às hortas caseiras e que causam uma grande dor de cabeça aos produtores foi visível. O material utilizado pode ser encontrado sob qualquer povoamento de pinus, retirado sem dificuldade e sem causar mais danos ao ambiente.

E mais importante ainda é a diminuição da utilização de herbicidas para contenção das pragas. Embora Antonenko e Zubkov (2024) manifestem que alguns herbicidas não prejudicam a saúde dos elementos testados, dizem que seria bem melhor se não fossem utilizados.

Além de manter o solo dos acessos liberado de plantas indesejadas a colocação das acículas aparentemente o mantém mais saudável, apesar de que estudos posteriores devam ser realizados a fim de verificar a saúde do solo. Observou-se empiricamente que ao incorporar as acículas no solo houve modificações que estudiosos da arte edafoclimática como Schneider et al. (2022) já manifestaram em seu estudo de que as acículas de *Pinus taeda* apresentaram altos teores de alguns nutrientes, quando comparados com os baixos teores encontrados no solo, indicando possíveis mecanismos de acumulação desse nutriente pela planta. Então sérios estudos precisam ser realizados para verificar a existência de alterações no solo onde as acículas são depositadas.

Durante o estudo constatamos que o pinus está incorporado a paisagem conforme citamos acima e sua completa extinção nas terras gaúchas é discutível. Mas os resíduos que anteriormente se consideravam um problema podem, sob o ponto de vista ambiental, serem a possibilidade de novos produtos. Especialistas da EMBRAPA (2020) dizem que os resíduos resultantes do manejo ou do processo de industrialização da madeira representam despesas pela necessidade da diminuição dos impactos ambientais. E este trabalho vem como uma medida de utilização do residual do pinus em outros diferentes processos. Precisamos aceitar que a dificuldade se apresenta, mas enquanto isto podemos nos juntar a discussão de que outros possíveis produtos possam resultar do manejo e beneficiamento destes residuais. A utilização do residual: acículas como cobertura de caminhos de acesso de uma horta caseira e como prevenção do crescimento de ervas daninhas foi a inicial de um estudo que pode ser aprofundado na academia. A partir daqui respostas a novos questionamentos podem ser pesquisados como por exemplo: as acículas podem servir de fertilizante? Podemos utilizar como defensivo? Das acículas podem surgir novos produtos? Podemos utilizar as acículas como biomassa na construção civil? E ainda muitos outros questionamentos que somente pesquisadores possuídos pela alma do estudo da arte poderão responder.

## CONCLUSÕES

Consideramos que a ferramenta de utilização do residual acículas é simples, de baixo custo, atingiu um ótimo resultado e apresenta alta aplicabilidade e replicabilidade. Somada às vivências dos envolvidos nas atividades de coleta, na construção dos espaços e na observação, causam, de alguma forma, uma reflexão e análise acerca do aproveitamento de resíduos e impactos ambientais que resultam do manejo do *Pinus spp.* Com esse intuito, pretendemos promover mudanças para a maior consciência frente a problemática ambiental, resolvendo algumas das questões que nos afligem: o que fazer com os resíduos provenientes do manejo do pinus? Sugere-se a realização de projetos de ensino-pesquisa-extensão sobre esta temática para estimular a utilização das acículas, e consequentemente a melhoria do ambiente e da qualidade de vida, principalmente daquelas de baixo poder aquisitivo e/ou que geralmente não utilizam outros materiais para cobrir caminhos de passagem. Ainda sugerimos um estudo sobre a utilização da serapilheira do pinus como potencial adubo orgânico e outro sobre que impacto este produto teria sobre os nutrientes dos alimentos.

## REFERÊNCIAS

ABREU, R. C. R.; DURIGAN, G. Changes in the plant community of a Brazilian grassland savannah after 22 years of invasion by *Pinus elliottii* Engelm. *Plant Ecology & Diversity*, v. 4, n. 2-3, p. 269–278, jun. 2011.

ABREU, R. C. R. Ecologia e controle da invasão por *pinus elliottii* no campo cerrado. 2013. 79 páginas. Tese - Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2013.

AMORIM, Erick Phelipe, Alexandre Santos Pimenta, & Elias Costa de Souza. Aproveitamento Dos Resíduos Da Colheita Florestal: Estado Da Arte E Oportunidades." *Research, Society and Development* 10, no. 2 (2021).

ANTONENKO, V. V., & ZUBKOV, A. V.. (2024). Application of soil herbicides in gardening to improve fruit production. *Brazilian Journal of Biology*, 84(Braz. J. Biol., 2024 84). <https://doi.org/10.1590/1519-6984.264225>

BERTOLDO, Vanderleia Cristina Bertoldo<sup>2</sup>, Osório Antônio Lucchese<sup>3</sup>, Cleusa Adriana Menegassi Bianchi Krüger<sup>4</sup>, Patricia Carine Hüller Goergen<sup>5</sup>, Rafael Pettenon Botton<sup>6</sup>, Ana Lúcia Stefanello Stella<sup>7</sup>. Avaliação de serrapilheira de *Pinus Elliottii* em um sistema Silvopastoril: Relatório técnico-científico Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica. 2015. Disponível em : <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br>. Acesso em 12 de outubro de 2022.

CASTELO BRANCO, M. Uma revisão da agricultura urbana no mundo em desenvolvimento. In: \_\_\_\_\_; MELO, P.E. de; ALCÂNTARA, F.A. de. (Org.). *Hortas Comunitárias: O Projeto Horta Urbana de Santo Antônio do Descoberto*. 1.ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. p.13-23.

\_\_\_\_ CHAPTER, John Clayton) Espécies invasoras – 2019 - Virginia Native Plant

Society (VNPS) - Disponível em: <https://vnps.org/johnclayton/native-plant-resources/> Acesso em fevereiro de 2023.

DA SILVA, Jasmim Ribeiro et al. "HORTA EM CASA" COMO ALTERNATIVA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA. *Revista Ensino de Ciências e Humanidades-Cidadania, Diversidade e Bem Estar-RECH*, v. 6, n. 2, jul-dez, p. 88-105, 2022.

ELESBÃO, L. E. G. Crescimento e produção de *Pinus taeda* L. na região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul. 2008. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2008.

ELESBÃO, L. E. G., & SCHNEIDER, P. R.. (2011). PRODUÇÃO DO *Pinus taeda* L. EM POVOAMENTO DESBASTADO NA REGIÃO DOS CAMPOS DE CIMA DA SERRA, RIO GRANDE DO SUL.. *Ciência Florestal*, 21(Ciênc. Florest., 2011 21(1)). <https://doi.org/10.5902/198050982754>

\_\_\_\_ EMBRAPA – O *Pinus* – (2020). Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/transferecia-de-tecnologia/pinus> Acesso em 24 de fevereiro de 2023.

\_\_\_\_ FAO, Rome (Italy) The state of food and agriculture 1990. (FAO Agriculture Series, no. 23) ISBN 92-5-102989-X Disponível em: <https://www.fao.org/3/t0366e/t0366e.pdf> Acesso em 24 de fevereiro de 2023.

FERREIRA, Débora Meyhofer. A SEMENTE DA DOCÊNCIA EM UMA HORTA DE ENGENHARIA. Adilson Cristiano Habowski, p. 69, 2022.

FILHO, Francisco Humberto Frank. Seleção de espécies arbóreas nativas da região sul do Brasil para reflorestamento e emprego na arquitetura e design. 2005. 142 páginas. Curso de mestrado profissionalizante em engenharia. Porto Alegre, dezembro de 2005. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de engenharia. Disponível em: Acesso em: 14 de junho de 2016.

GALLO, Z.; MARTINS, L.A.T.P.; PERES, M.T.M. Pobreza, meio ambiente e economia solidária: o caso de Piracicaba. Revista FAE Centro Universitário, Curitiba, v.8, n.1, p.39-50, 2005.

HAAG, H.P., J.V.C- ROCHA FILHO e G.D. OLIVEIRA, 1978. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de Eucalyptus e Pins. II. Contribuição de nutrientes na manta. O solo, Piracicaba, 70(2): 28-31.

MENDES, Kassio Ferreira; DA SILVA, Antonio Alberto. Plantas daninhas: biologia e manejo. Oficina de Textos, 2022.

MENGUE, S. D. A. Percepções sobre impactos socioambientais na introdução do cultivo arbóreo de pinus no município de Canela/RS. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Curso de Graduação Tecnológico em Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural - PLAGEDER) - Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Canela, 2011.

NOGARA et al. Produção de serapilheira de pinus elliottii engelm em um sistema silvipastoril (ssp) em diferentes níveis de. Relatório técnico-científico Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica, 2016 Disponível em: <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br> . Acesso em 12 de outubro de 2022.

PIOVESAN, Gabriel et al. Deposição de serapilheira em povoamento de Pinus. Pesquisa Agropecuária Tropical [online]. 2012, v. 42, n. 2 [Acessado 9 Outubro 2022] , pp. 206-211. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000200012>>. Epub 20 Jul 2012. ISSN 1983-4063. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000200012>.

PRITCHETT, W.L. & FISHER, R.F. 1987. Properties and Management of Forest Soils. Second edition. John Wiley & Sons, New York.

RAIMUNDO, F. & MADEIRA, Manuel & COUTINHO, João & MARTINS, Afonso. (2005). Simulação lisimétrica da gestão de folhada de Pinus pinaster. Efeito na lixiviação de nutrientes e nas características químicas do solo. Revista de Ciencias Agrarias. 28. 312-327.

RIBEIRO, C., CORTEZ, N., MARTINS, AZEVEDO, A.; MADEIRA A. - Decomposição de agulhas de Pinus pinaster e de folhas de Eucalyptus globulus em regiões do interior e do litoral de Portugal . Rev. de Ciências Agrárias, jul. 2007, vol.30, no.2, p.142-158. ISSN 0871-018X

ROCHA FILHO, J.V. de C. et al. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de Eucalyptus e Pinus I. distribuição no solo e na manta. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz [online]. 1978, v. 35 [Acessado 9 Outubro 2022] , pp. 113-124. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0071-12761978000100008>>. Epub 10 Maio 2012. ISSN 2316-8935.

SILVA, B.C.D.S.D., Santos, V.S., Almeida, M.E.F.D., 2021. Hortas domésticas: uma fonte de saúde dentro de casa. Research, Society and Development 10, e338101119683.. doi:10.33448/rsd-v10i11.19683

\_\_\_\_SNIF-Sistema Nacional de Informação Florestal Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/florestas-plantadas/454-metadados?tipo=tableau&modal=1> Acesso em fevereiro de 2023.

SCHUMACHER, M. V., BRUN, E. J., HERNANDES, J. I., & KÖNIG, F. G.. (2004). Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. *Revista Árvore*, 28 (Rev. Árvore, 2004 28(1)). <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000100005>

THEODORO, S. H. O ouro verde e as primaveras silenciosas da Serra Gaúcha. In: V Encontro Nacional de Economia Ecológica, 2003, Caxias do Sul. V Encontro Nacional de Economia Ecológica. São Paulo: ecoeco, 2003. v. 1. p. 1-20.

TOSIN, J.C., 1977. Influência do *Pinus elliottii* Engelm. da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. KTZE e mata nativa sobre a atividade da microflora do solo. *Revista Floresta*, Rio de Janeiro, 8(1): 73-74 Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/1884/42316> Acesso em 09 de outubro de 2022.

VIERA, M., SCHUMACHER, M.V., 2010. Teores e aporte de nutrientes na serapilheira de *Pinus taeda* L., e sua relação com a temperatura do ar e pluviosidade. *Revista Árvore*, 34, 85–94. doi:10.1590/s0100-67622010000100010

\_\_\_\_\_. CHAPTER, John Clayton) Espécies invasoras – 2019 - Virginia Native Plant Society (VNPS) - Disponível em: <https://vnps.org/johnclayton/native-plant-resources/> Acesso em fevereiro de 2023.

# AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL GERADO POR RESÍDUOS DE MEDICAMENTOS ANTINEOPLÁSICOS EM UM HOSPITAL UNIVERSITÁRIO

Leonardo de Lima Moura

Universidade Federal do Amazonas - UFAM  
mouraventura@uol.com.br

Ronaldo Ferreira da Silva

Universidade Federal Fluminense - UFF  
ronaldferrerasilva@id.uff.br

## RESUMO

O desenvolvimento tecnológico e industrial trouxe inegáveis benefícios para a humanidade, principalmente em relação à expectativa e qualidade de vida. Entretanto, nas últimas décadas, as questões relacionadas à geração de resíduos, provenientes das atividades humanas, vêm sendo muito discutidas, tornando-se cada vez mais objeto de estudo por provocar a contaminação da água, dos solos, da atmosfera e a proliferação de vetores em razão do manejo e disposição final inadequados. Dentre os resíduos urbanos, os resíduos de serviço de saúde (RSS) representam apenas uma pequena parcela do total de resíduos sólidos urbanos gerados no país, entretanto, se tornam merecedores de atenção em toda a sua cadeia logística, desde a segregação, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final, não pela quantidade gerada, mas pelas características intrínsecas dos seus componentes.

O presente artigo tem como objetivo avaliar a gestão de resíduos provenientes do serviço de oncologia de um hospital universitário através de uma análise quantitativa dos medicamentos manipulados e das embalagens descartadas no período de 2013 a 2017. Observou-se que a quantidade de medicamentos preparados é compatível com o consequente aumento dos resíduos gerados. O estudo corrobora a percepção de outros pesquisadores de que um dos grandes desafios do setor hospitalar é a incorporação das questões ambientais e da sustentabilidade às suas práticas de gestão.

### Palavras-chave:

Resíduos de saúde; Sustentabilidade; Impacto ambiental; Gestão de resíduos.

## ABSTRACT

*Technological and industrial development has brought undeniable benefits to humanity, especially in relation to life expectancy and quality. However, in recent decades, issues related to the generation of waste from human activities have been much discussed, becoming increasingly the object of study because it causes contamination of water, soil, atmosphere and the proliferation of vectors. due to inadequate handling and final disposal. Among urban waste, health service waste (RSS) represents only a small portion of the total urban solid waste generated in the country, however, it deserves attention throughout its logistics chain, from segregation, packaging, storage, collection, transport, treatment and final disposal, not by the quantity generated, but by the intrinsic characteristics of its*

*components. This article aims to evaluate the management of waste from the oncology service of a university hospital through a quantitative analysis of the handled drugs and discarded packaging in the period from 2013 to 2017. It was observed that the amount of prepared drugs is compatible with the consequent increase in waste generated. The study corroborates the perception of other researchers that one of the great challenges of the hospital sector is the incorporation of environmental and sustainability issues into its management practices.*

### Keywords:

*Health waste; Sustainability; Environmental impact; Waste management.*

## INTRODUÇÃO



crescimento populacional e o maior acesso das pessoas a oferta de cuidados de saúde tornam a gestão de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) um tópico cada vez mais relevante na gestão ambiental de instituições de saúde. Apesar da quantidade de RSS variar entre países, este valor é diretamente proporcional ao nível de desenvolvimento sendo que os países mais ricos podem gerar aproximadamente 0,5 kg/leito/dia e os países em desenvolvimento podem gerar cerca de 0,2 kg/leito/dia (MOL et al, 2022).

A ampla disseminação do vírus SARS-CoV-2 nos últimos anos e a longa duração da pandemia de COVID-19 aumentaram ainda mais os desafios dos gestores de unidades de saúde, profissionais de saúde e demais stakeholders no gerenciamento de RSS. Em estruturas de gestão normalmente deficitárias, houve um aumento significativo do uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) muitas vezes contaminados e resíduos de medicamentos como antimicrobianos (SINGH et al, 2022).

Além dos RSS, os hospitais lançam diariamente no meio ambiente efluentes repletos de substâncias químicas, muitas vezes sem tratamento prévio. Quando estes efluentes chegam em estações de tratamento de esgoto (ETEs), os tratamentos propostos nestas estações muitas vezes não são suficientes para remover várias substâncias como fármacos que podem atingir o ecossistema aquático e causar danos ao ecossistema e à saúde humana (TRAJANO et al, 2022).

Dentre os fármacos presentes em RSS e efluentes hospitalares é possível destacar os fármacos antineoplásicos utilizados no tratamento de câncer. O câncer é uma das doenças mais preocupantes à nível mundial, estando associado a uma a cada seis mortes em 2020 e, até 2040, é esperado que o número de novos casos de câncer atinja 29,5 milhões de pessoas (CASTELLANOS-HINOJOSA et al, 2023).

O grande desafio para o gerenciamento de resíduos relacionados aos antineoplásicos se deve ao fato de que muitos destes medicamentos são utilizados em uma grande variedade de tratamentos e com mecanismos e ação diferentes. Em comum, o fato de os medicamentos quimioterápicos serem classificados como citotóxicos, carcinogênicos e mutagênicos e poderem causar danos ao DNA, inibindo a síntese do DNA e a proliferação celular (CHATZIMPALOGLOU et al, 2023).

Este estudo faz uma avaliação preliminar da quantidade de medicamentos manipulados e de embalagens descartadas dos fármacos prescritos nessas preparações em um hospital de alta complexidade.

## 2 SUSTENTABILIDADE

### 2.1 HOSPITAL E SUSTENTABILIDADE

Um hospital realiza funções diversas, dentre as quais podem-se destacar, o tratamento, o ensino, a pesquisa, a reabilitação, a promoção da saúde e a prevenção da doença. Esta amplitude de atuação o torna uma instituição bastante complexa, principalmente por estar inserido em um sistema de saúde, e regulado pelo Ministério da Saúde (DIAS, 2004).

Os avanços nos cuidados em saúde fazem com que as pessoas passem a viver mais, entretanto, esse prolongamento da vida, através do aumento da oferta de serviços, tem levado a maiores desafios para os profissionais de saúde. Este cenário impõe desafios na identificação do tratamento mais adequado e eficaz, além do aumento dos níveis de complexidade das operações nos serviços de saúde, como tempos de espera mais longos e prescrições excessivas ou inadequadas que impactam negativamente a eficácia, eficiência e capacidade do ecossistema de atendimento para fornecer os níveis esperados de serviço (AITKEN; ESAIN.; WILLIAMS, 2021).

Quanto maior a complexidade do serviço de saúde, maior será a proporção de resíduos perigosos gerados. Isso pode estar relacionado à presença de unidades de internação, em hospitais gerais e de alta complexidade, pois esses locais são fontes de grande geração de RSS, devido ao cuidado possivelmente complexo e prolongado prestado aos pacientes (NEVES et al., 2022).

O gerenciamento inadequado de resíduos de saúde (RSS) apresenta riscos significativos ao meio ambiente, à saúde humana e à sustentabilidade socioeconômica devido à natureza infecciosa e perigosa dos RSS. O setor de saúde, apesar de seu potencial para contribuir para a transição da economia circular (EC), tem sido negligenciado no discurso da EC em comparação com outros setores, como alimentos, plástico e indústrias manufatureiras. Isso pode ser devido à natureza infecciosa, tóxica e perigosa de diferentes fluxos dos RSS, o que torna a implementação de estratégias de CE, como "reutilização", "reciclar" e "recuperar" mais desafiadora do que nunca (RANJBARI, M et al., 2022)

Os resíduos, e seu posterior abandono no meio ambiente, podem originar sérios problemas ambientais, favorecendo a incorporação de agentes contaminantes na cadeia trófica, interagindo em processos físico-químicos naturais. O maior desafio para o segmento hospitalar é a manutenção do equilíbrio numa difícil equação que envolve a melhoria da qualidade dos serviços prestados com o menor custo econômico, ambiental e social, presente em todas as etapas, por menos complexas que sejam (ESTEVES, 2007).

Machiline (2006), apontou que cerca de 10% dos hospitais não efetuavam qualquer segregação dos vários tipos de resíduos, juntando indiscriminadamente todos eles – comuns, infectantes, perfurocortantes e recicláveis – nos mesmos sacos pretos, no mesmo abrigo externo. 80% deles

efetuavam segregação dos comuns e infectantes (esses junto com os químicos) e apenas 10% efetuavam segregação completa de todos os tipos e possuíam um programa de reciclagem. Grande parte dos hospitais não possui indicadores gerenciais relativos aos resíduos de modo que inexistente a possibilidade de haver um gerenciamento efetivo do sistema. Gerenciar pressupõe conscientização plena, liderança e envolvimento das autoridades do primeiro escalão na gestão dos resíduos. Talvez pelo fato de os hospitais públicos e a maioria dos hospitais privados não serem cobrados pelo tratamento e a disposição final dos resíduos, em geral subsidiados pelos municípios, o problema não preocupa a diretoria, que o delega ao segundo escalão.

Estudo realizado entre os anos de 2014 e 2018 na região norte, mostrou que os RSS receberam formas de disposição final que incluem vazadouros a céu aberto (DA CONCEIÇÃO, M. et al., 2021). Este fato relacionado à insuficiente capacitação dos responsáveis pelos PGRSS nas unidades de saúde e à prática de descartar resíduos contaminados em coletores de resíduos comuns. A grande quantidade de RSS produzida pelos hospitais na Região Norte poderia ser minimizada diante do desenvolvimento de atividades voltadas para a capacitação dos funcionários envolvidos no manejo dos RSS, bem como por meio da implantação de coleta seletiva para os resíduos comuns (DA CONCEIÇÃO, M. et al., 2021).

Nos últimos anos, a questão do gerenciamento de resíduos vem ganhando destaque devido ao aumento dos problemas ambientais, à preocupação com a saúde humana e à garantia da sustentabilidade econômica e ambiental. O impacto dos resíduos na vida e *habitats* dos seres vivos levou todos os estados a organizar regulamentos mundiais e planejar o processo de gerenciamento de resíduos. No entanto, os países foram obrigados a fazer essas instalações corretamente com os regulamentos legais. Ainda assim, tem havido progressos neste sentido nos países desenvolvidos, embora nos países em desenvolvimento, que têm uma grande população, mais importância deva ser dada a esta questão (ÇELIK et al., 2022).

## **2.2 ASPECTOS REGULATÓRIOS DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE**

No Brasil, assim como na maioria dos países, o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento dos RSS não seguiu um modelo ou plano pré-definido, porém, foi evoluindo em resposta às demandas e pressões predominantes através da edição de normas regulatórias ao longo das últimas décadas. Em 1987, iniciou-se a elaboração de normas técnicas na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Baseando-se em legislações, normas e portarias de países que já se encontravam em estágio mais adiantado, a ABNT formou uma comissão de estudos em meados da década de 1980 para elaboração de uma norma balizadora e regulamentadora que orientasse a decisão sobre a destinação de cada tipo específico de resíduo sólido. Estabelecendo critérios como uma classificação em três níveis de periculosidade e fornecendo um rito de classificação e subsídios técnicos para essa tarefa, em 1987, foi publicada a NBR 10.004 (Resíduos Sólidos) e suas normas complementares NBR 10.005, NBR

10.006 e NBR 10.007, que orientavam sobre procedimentos padronizados para amostragem de resíduos, obtenção de extrato lixiviado de amostra de resíduos e obtenção de extrato solubilizado de amostra de resíduos (FLECK, 2006).

Em 1991, os resíduos dos serviços de saúde ganharam destaque legal com a aprovação da Resolução nº. 006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que desobrigou a incineração dos resíduos sólidos provenientes dos estabelecimentos de saúde e de terminais de transporte e, deu competência aos órgãos estaduais de meio ambiente para estabelecerem normas e procedimentos ao licenciamento ambiental do sistema de coleta, transporte, acondicionamento e disposição final dos resíduos, nos estados e municípios que optaram pela não incineração (BRASIL, 1991).

Posteriormente, em 1993, a Resolução 005 do CONAMA, fundamentada nas diretrizes da resolução anterior, determinou que os estabelecimentos prestadores de serviço de saúde e terminais de transporte deveriam elaborar o gerenciamento de seus resíduos, considerando os aspectos referentes à geração, segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos (BRASIL, 1993).

Em 2001, o CONAMA editou a Resolução 283 que estabelece a classificação para os resíduos produzidos nos estabelecimentos prestadores de serviços de saúde, em quatro grupos (biológicos, químicos, radioativos e comuns) e determina que a administração dos estabelecimentos de saúde, em operação ou a serem implantados, deverá elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde (PGRSS). Além disso, atribui a responsabilidade, ao gerador do resíduo, pelo gerenciamento de todas as etapas do seu ciclo de vida, devendo o estabelecimento contar com um responsável técnico, devidamente cadastrado no Conselho Profissional (BRASIL, 2001).

Em 2003, foi editada a RDC 33 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que foi o primeiro regulamento federal específico para os RSS, emanado de um órgão de saúde. De acordo com a norma, os resíduos de serviços de saúde foram classificados em cinco grupos: Grupo A – potencialmente infectantes; Grupo B – químicos; Grupo C – rejeitos radioativos; Grupo D – resíduos comuns; e Grupo E – perfurocortantes (BRASIL, 2003). Um ano depois, a ANVISA editou a RDC 306/04 que inseriu alguns aspectos básicos relacionados à elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos, destacando-se as orientações para o manejo incluindo a coleta, segregação, acondicionamento, armazenamento, identificação, transporte e tratamento, bem como aspectos burocráticos pertinentes às responsabilidades dos serviços geradores de resíduos de saúde (BRASIL, 2004).

Em 2010, foi aprovada a lei 12.305 que representou um avanço fundamental para a regulamentação do setor de resíduos sólidos no Brasil. A nova lei instituiu os princípios da gestão compartilhada destes resíduos, estabelecendo a obrigatoriedade da apresentação de planos plurianuais por parte dos entes federados, além de instituir o sistema de logística reversa e priorizar financiamentos para os municípios que formarem consórcios para resolver os seus problemas comuns na área de resíduos sólidos (BRASIL, 2011).

## 2.3 OS FÁRMACOS ANTINEOPLÁSICOS

O número de sobreviventes de câncer continua a aumentar nos Estados Unidos devido ao crescimento e envelhecimento da população, bem como aos avanços na detecção e tratamento precoces. Mais de 16,9 milhões de americanos (8,1 milhões de homens e 8,8 milhões de mulheres) com histórico de câncer estavam vivos em 1º de janeiro de 2019; esse número está projetado para atingir mais de 22,1 milhões até 1º de janeiro de 2030, com base apenas no crescimento e envelhecimento da população. Os 3 mais prevalentes os cânceres em 2019 são próstata (3.650.030), cólon e reto (776.120) e melanoma da pele (684.470) entre os homens e mama (3.861.520), corpo uterino (807.860) e cólon e reto (768.650) entre as mulheres (MILLER et al., 2019).

No Brasil, estimativas para 2023 do Instituto Nacional de Câncer (INCA) apontam como os 3 novos casos de câncer mais incidentes entre os homens, os tumores de próstata (71.730), cólon e reto (21.970) e traqueia, brônquio e pulmão (18.020). Entre as mulheres, os três tipos de câncer com maior prevalência serão os de mama (73.610), cólon e reto (14.540) e traqueia, brônquio e pulmão com 8.140 novos casos (BRASIL, 2022).

O tratamento do câncer pode ser feito através de cirurgia, quimioterapia, radioterapia e imunoterapia. Em muitos casos, é necessário combinar mais de uma modalidade. Apesar de seus efeitos colaterais graves, a quimioterapia continua sendo a principal opção de tratamento para o câncer. Embora a qualidade dos critérios para estudos clínicos tenha aumentado consideravelmente desde a introdução dos medicamentos citostáticos, algumas drogas originalmente aprovadas há muitos anos ainda estão em uso (SCHIRRMACHER, 2019).

Estes fármacos são frequentemente administrados em associação com um ou mais fármacos simultaneamente. A utilização de mais de uma droga (poliquimioterapia) tem eficácia comprovada num grande número de protocolos utilizados para o tratamento de diversos tipos de tumores (BRASIL, 2014b).

## 2.4 OS RESÍDUOS GERADOS PELOS MEDICAMENTOS ANTINEOPLÁSICOS

Os fármacos antineoplásicos são citotóxicos, o que significa que agem sobre as células saudáveis junto com as células cancerígenas. Devido ao descarte inadequado, esses medicamentos podem adentrar em mananciais de água ou alimentos direta ou indiretamente e podem causar diversos problemas de saúde, inclusive câncer. Muitas drogas antineoplásicas são carcinogênicas e mutagênicas e o seu descarte inadequado pode constituir uma causa de neoplasias (PAUL; GANDHI, 2019).

Estudos experimentais têm demonstrado que muitos destes fármacos apresentam baixa biodegradabilidade, podendo persistir no ambiente pois não são sensíveis aos processos de degradação naturais (FRANQUET-GRIELL et al., 2016).

Os estudos realizados até o momento têm demonstrado baixa concentração destes medicamentos no ecossistema, porém, alguns fármacos são consumidos em grande escala, aumentando significativamente o seu despejo nos efluentes. A sua baixa seletividade tem o potencial de atuar praticamente sobre todos os organismos, podendo ser prejudiciais ao ecossistema como um todo (PARRELLA et al., 2014).

Os resíduos destes medicamentos podem apresentar maior toxicidade pois envolvem diversos fármacos e o manuseio, a manipulação, tratamento e disposição final dependem de suas características químicas. O lixo contaminado por estas drogas deve ser separado, acondicionado, identificado e destinado à incineração (COSTA, 2009).

## **2.5 O PROCESSO DE DESCARTE DE RESÍDUOS**

O gerenciamento de RSS é um dos maiores desafios mundiais para as instituições de saúde e isto se intensificou principalmente na pandemia de COVID-19. A ampla variedade de RSS perigosos gerados pelos estabelecimentos de saúde como agulhas, seringas e equipamentos de proteção individual (EPIs) contaminados com secreções de pacientes, dificulta consideravelmente a adoção de uma estratégia única para o gerenciamento de RSS. Além disso a escassez de recursos técnicos e financeiros em grande parte das unidades de saúde do mundo (MANUPATI et al., 2021).

Em relação aos produtos farmacêuticos, o descarte inadequado dos resíduos é comum em muitos países, desde residências até hospitais. Apesar da presença de regulamentações e regras em países desenvolvidos e em desenvolvimento, uma das fontes significativas da inserção de produtos farmacêuticos no ambiente é o descarte inadequado. Isso representa um risco de contaminação ambiental, saúde humana e desenvolvimento de resistência a antibióticos. Há necessidade de mais conscientização, revisão de políticas e aplicação de leis para proteger a saúde humana e ambiental, além da capacitação de pacientes, médicos, farmacêuticos e profissionais ambientais em relação ao manuseio e descarte adequados de resíduos de serviços de saúde (KARUNGAMYE; RUGAIKA; MTEI; MACHUNDA, 2022).

A quantidade de resíduos farmacêuticos aumentou consideravelmente na pandemia de COVID-19 devido ao aumento significativo no número de internações. Os coletores internos e externos destes resíduos podem facilmente ser contaminados por SARS-CoV ao entrarem em contato com secreções de pacientes infectados e resíduos farmacêuticos contaminados durante a atividade de coleta e disposição final sem a utilização de EPIs adequados (DAS et al., 2021).

O uso de luvas, desinfetantes, máscaras e EPIs aumentou consideravelmente, porém, após tratamentos adequados como esterilização, estes resíduos podem ser reciclados. A principal consequência disso é a potencial redução dos impactos ambientais associados ao tratamento e descarte final dos RSS (SINGH et al., 2022).

### **3. METODOLOGIA**

O estudo se caracteriza como qualitativo e quantitativo. Para uma abordagem inicial do assunto, visando verificar o estágio de desenvolvimento da gestão de resíduos no hospital, buscou-se, através de uma análise qualitativa, a caracterização do Programa de Gerenciamento de Resíduos (PGRSS) no hospital estudado. A análise quantitativa buscou verificar o número de ampolas de medicamentos oncológicos descartados na Unidade de Assistência de Alta Complexidade (UNACON) do Hospital e o número de medicamentos preparados para uso na quimioterapia no período compreendido entre 2013 e 2017 a fim de avaliar o potencial de geração de resíduos por esta atividade. A coleta de dados foi realizada através de pesquisa no sistema informatizado de gerenciamento do estoque.

#### **3.1 CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO HOSPITALAR**

O estudo foi realizado num Hospital Universitário considerado um dos maiores do Estado do Rio de Janeiro. Possui um quadro de 2 mil pessoas, entre médicos, docentes e demais profissionais de saúde. É considerado uma unidade de saúde de alta complexidade de atendimento. No ano de 2006, iniciou-se o atendimento ambulatorial de pacientes oncológicos, absorvendo gradativamente os que, anteriormente, eram encaminhados a outras instituições. O hospital atende à uma população estimada em mais de dois milhões de habitantes e, realiza atendimento clínico, cirúrgico, exames laboratoriais e radiológicos, possuindo uma capacidade de 200 leitos.

##### **3.1.1 O PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SAÚDE DO HOSPITAL**

O PGRSS foi elaborado por uma equipe formada por representantes de todas as unidades envolvidas com os resíduos de serviços de saúde do hospital. Essa equipe foi responsável pelo levantamento primário das condições para atender às normas de gerenciamento de resíduos vigentes e pela mobilização da instituição para implantação do plano. No processo de implantação, novos membros foram incorporados à equipe com o objetivo de adicionar conhecimento e validar o comprometimento de todos os envolvidos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quantitativo de preparações manipuladas e de embalagens descartadas durante o período estudado está consolidado na tabela 1.

Tabela 1: consolidado de medicamentos manipulados e embalagens consumidas

ANO	MEDICAMENTOS MANIPULADOS	EMBALAGENS CONSUMIDAS
2013	11.495	11.553
2014	11.316	11.325
2015	9.904	9.837
2016	9.042	9.012
2017	8.985	9.827
MÉDIA	10.148	10.311

Fonte: autores

Observa-se que a quantidade de embalagens consumidas é muito próxima do montante de medicamentos preparados. Embora uma parte significativa dos medicamentos preparados seja composta por mais de um fármaco, o setor de manipulação busca programar a operação de modo a otimizar ao máximo o consumo dos fármacos, reduzindo a quantidade de embalagens originais vazias e consequentemente o volume a ser descartado.

O total de medicamentos manipulados na farmácia do hospital para administração nos pacientes em tratamento quimioterápico variou desde 11.495 no ano de 2013 a 8985 no ano de 2017 como mostra a figura 1.

Figura 1: medicamentos manipulados no período estudado

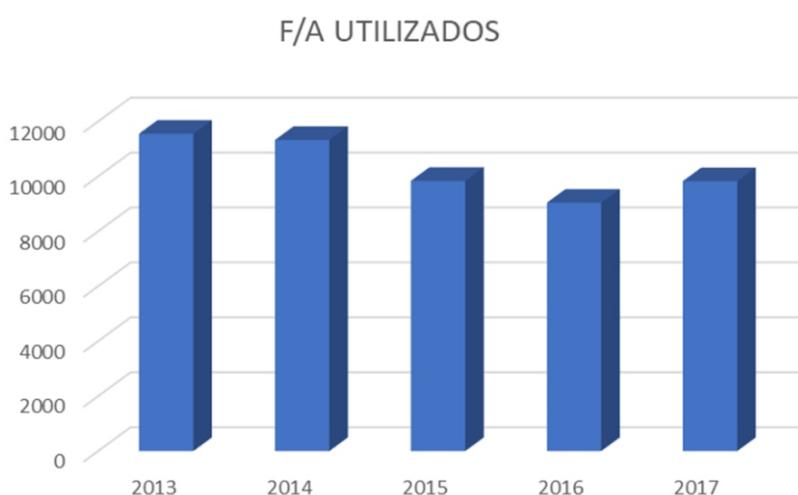


Fonte: autores

De acordo com a figura 1, é possível destacar que o consumo de medicamentos antineoplásicos no período compreendido entre 2013 e 2017, se manteve acima de 8000 medicamentos manipulados por ano.

No mesmo período, foram consumidas em média 10.311 unidades de frascos-ampola de medicamentos oncológicos para a preparação dos medicamentos manipulados destinados à quimioterapia como mostra a figura 2.

Figura 2: quantidade de embalagens utilizadas no período estudado



Fonte: autores

É importante destacar que, neste estudo inicial foram contabilizados, no processo de preparação de quimioterápicos, apenas os frascos, ampolas e frascos-ampola utilizados neste processo sem contabilizar os demais itens que fazem parte do preparo e administração de quimioterapia. Dentre estes itens destacam-se os acessórios que também impactam consideravelmente o incremento dos resíduos de saúde, como equipos, bolsas, algodão, luvas, seringas e agulhas. Estes materiais têm potencialidade de causar danos ao meio ambiente e também aos profissionais que os manuseiam sem os equipamentos adequados de proteção individual.

Além dos potenciais riscos ambientais associados ao descarte inadequado de resíduos de quimioterápicos, é possível destacar que estes resíduos também podem configurar risco ocupacional aos profissionais de saúde e também aos profissionais de limpeza se manejados de forma inadequada.

Silva et al. (2023) destacaram que a superfície externa de frascos e embalagens de antineoplásicos podem apresentar contaminação residual configurando-se como um importante risco à saúde. Numa pesquisa envolvendo frascos e embalagens de ciclofosfamida e doxorubicina, os autores observam concentrações residuais de 1,24 a 664,84 ng/filtro e reforçaram a importância do uso de EPIs adequados pelos profissionais envolvidos nesse processo.

Ciclofosfamida e doxorrubicina são medicamentos usualmente utilizados no tratamento de câncer de mama, um dos principais tipos de câncer tratado no hospital em questão. Isso corrobora Bonadio et al. (2022) que ressaltaram que o câncer de mama é o tipo de câncer mais comum entre as mulheres à nível mundial. Os autores reforçaram que este tipo de câncer também é o mais prevalente entre mulheres de 20-39 anos, sendo também a principal causa de mortalidade por câncer na maioria dos países.

Quanto aos potenciais impactos ambientais relacionados aos antineoplásicos, Ribeiro et al. (2023) destacaram o fato de que os tratamentos são realizados por diferentes drogas aplicadas simultaneamente. Os autores ressaltaram a importância de que os gestores das instituições de saúde e órgãos ambientais considerem os potenciais impactos da exposição contínua do ecossistema aquático às misturas de quimioterápicos, principalmente através do descarte de esgoto hospitalar sem tratamento prévio.

Castellano- Hinojosa et al. (2023) destacaram que, apesar da importância do manejo adequado dos resíduos quimioterápicos, os efluentes hospitalares são importantes fontes de fármacos antineoplásicos. Além disso, os autores observaram que o aumento da utilização de quimioterapia oral como forma de tratamento têm incrementado também a presença destes fármacos em efluentes domésticos através da presença da fração da droga não metabolizada e de metabólitos, muitas vezes mais potencialmente carcinogênicos que o medicamento como é o caso da ciclofosfamida que alcançam as redes de esgoto via excreta de pacientes.

## CONCLUSÃO

O aumento do número de atendimentos hospitalares tem impactado diretamente no incremento de resíduos de saúde gerados, fazendo com que o tema gestão de resíduos de saúde se torne indispensável. Estes resíduos podem gerar, além do impacto ao meio ambiente pela forma como são gerenciados durante toda a sua cadeia logística, riscos aos profissionais que os utilizam nas suas atividades, desde o preparo até o descarte. Um dos grandes desafios do setor hospitalar é a incorporação das questões ambientais e da sustentabilidade às suas práticas de gestão, percebendo que as atividades envolvidas em seu objetivo principal de curar e proporcionar saúde e bem-estar aos pacientes também embutem riscos ao meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

AITKEN, J; ESAIN, A E.; WILLIAMS, S. Management of complexity in the care ecosystem. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 26, n. 4, p. 481-494, 2021.

BONADIO, R.C et al. Breast cancer trends in women younger than 40 years in Brazil. *Cancer Epidemiology*, v.78, p.102139, 2022

BRASIL. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer (INCA). Brasil - estimativa dos casos novos. Estimativas para o ano de 2023. Disponível em <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/numeros/estimativa/estado-capital/brasil> acessado em 30/01/2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Protocolos clínicos e diretrizes terapêuticas em oncologia. Secretaria de Atenção à Saúde. Brasília: 2014b

BRASIL. Resolução CONAMA No 05/1993. Define as normas mínimas para tratamento de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, 31 ago., Seção 1. Brasília, 1993.

BRASIL. Resolução CONAMA No 283/2001. Dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, 01 out., Seção 1. Brasília, 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 33, de 25 de fevereiro de 2003. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviço de saúde *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, mar. 2003.

BRASIL. Resolução ANVISA RDC No 306/2004, Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, 10 dez., Seção 1. Brasília, 2004.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, e 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

CASTELLANO-HINOJOSA, Antonio et al. Anticancer drugs in wastewater and natural environments: a review on their occurrence, environmental persistence, treatment, and ecological risks. *Journal of Hazardous Materials*, p. 130818, 2023.

ÇELIK, S; PEKER, İ; GÖK-KISA, A; BÜYÜKÖZKAN, G. Multi-criteria evaluation of medical waste management process under intuitionistic fuzzy environment: A case study on hospitals in Turkey. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2022.

COSTA, T. F.; Gerenciamento de Resíduos Químicos perigosos manuseados pela enfermagem de um Hospital Universitário; Tese de dissertação de doutorado, Escola de Enfermagem, Universidade de São Paulo, 2009.

DA CONCEIÇÃO, M. et al. Resíduos de serviços de saúde–RSS, o caso da região norte. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 4, p. 41251-41266, 2021.

DAS, Atanu Kumar et al. COVID-19 pandemic and healthcare solid waste management strategy–A mini-review. *Science of the Total Environment*, v. 778, p. 146220, 2021.

DIAS, Maria Antonia de Andrade. Resíduos dos serviços de saúde e a contribuição do hospital para a preservação do meio ambiente. *Revista Academia de Enfermagem*, v. 2, n. 2, jan. 2004, p. 21-29.

ESTEVES, Vladimir A.1; SAUTTER, Klaus D.; AZEVEDO, Jayme A. M, Percepção do impacto de sistemas de Gestão Ambiental em Hospitais, IX ENGEMA - ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 2007.

FLECK, Eduardo. Resíduos sólidos perigosos- classificação, gerenciamento, tratamento e destinação Seminário Resíduos Sólidos; definições, classificação e gerenciamento. Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias – IBAPE. Porto Alegre, Julho 2006.

FRANQUET-GRIELL, H; VENTURA, F; BOLEDA, M; LACORTE, S. Do cytostatic drugs reach drinking water? The case of mycophenolic acid. *Environmental Pollution*, v. 208, p. 532-536, 2016.

KARUNGAMYE, P; RUGAIKA, A; MTEI, K; MACHUNDA, R. The pharmaceutical disposal practices and environmental contamination: A review in East African countries. *HydroResearch*, 2022.

MACHLINE, C., GONÇALVES, R. T., RIBEIRO FILHO, V. O gerenciamento dos resíduos dos serviços de saúde de uma amostra de hospitais nacionais. *Revista de Ciências da Administração*, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. V. 8, n. 16, jul./dez. de 2006

MANUPATI, Vijaya Kumar et al. Selection of the best healthcare waste disposal techniques during and post COVID-19 pandemic era. *Journal of cleaner production*, v. 281, p. 125175, 2021.

MILLER, K. et al. Cancer treatment and survivorship statistics, 2019. *CA: a cancer journal for clinicians*, v. 69, n. 5, p. 363-385, 2019.

NEVES, A; MAIA, C; DE CASTRO E SILVA, M; VIMIEIRO, G; GOMES MOL, M. Analysis of healthcare waste management in hospitals of Belo Horizonte, Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(60), 90601-90614, 2022.

PARRELLA, A; LAVORGNA, M; CRISCUOLO, E; RUSSO, C; FIUMANO, V; ISIDORI, M. Acute and chronic toxicity of six anticancer drugs on rotifers and crustaceans. *Chemosphere*, v. 115, p. 59-66, 2014.

RANJBARI, M et al. Mapping healthcare waste management research: Past evolution, current challenges, and future perspectives towards a circular economy transition. *Journal of hazardous materials*, v. 422, p. 126724, 2022.

PAUL, S; GANDHI, S. Fate of Improper Drug Disposal and its Impact on Health. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, 64(1), p. 188-193, 2020.

RIBEIRO, Fabianne et al. Environmental Hazard of anticancer drugs: State of the art and future perspective for marine organisms. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 41, n. 8, p. 1793-1807, 2022.

SILVA, L. et al. Residual contamination in antineoplastic drug packaging. *Journal of Oncology Pharmacy Practice*. p. 10781552231151693, 2023

SINGH, Ekta et al. Solid waste management during COVID-19 pandemic: Recovery techniques and responses. *Chemosphere*, v. 288, p. 132451, 2022.

SCHIRRMACHER, V. From chemotherapy to biological therapy: A review of novel concepts to reduce the side effects of systemic cancer treatment. *International journal of oncology*, v. 54, n. 2, p. 407-419, 2019.

# OS DESAFIOS E AS POSSIBILIDADES PARA A IMPLANTAÇÃO DA COLETA SELETIVA COM A VALORIZAÇÃO DOS CATADORES E CATADORAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS NOS SEIS MUNICÍPIOS MAIS POPULOSOS DA BAHIA

André Luís Dantas da Silva  
Faculdade Latino-Americana de Ciências Sociais - FLACSO

Cristiano Cassiano de Araújo  
Universidade Federal da Bahia - UFBA  
cristianocassianodearaujo@gmail.com

## RESUMO

O manejo adequado dos resíduos sólidos urbanos operacionalizado com a participação dos catadores de materiais recicláveis tem se apresentado como uma solução eficaz do ponto de vista ambiental social e econômico. Contudo, entender por que a participação dos catadores nos serviços de limpeza pública nas cidades pesquisadas é tão baixa, é de fato a razão central deste estudo. O crescente descarte de embalagens produzidas por um padrão de consumo que pouco observa as regras de preservação ambiental e economia dos recursos naturais tem trazido relevantes desafios a governos e sociedade. Portanto, o presente artigo tem o desafio de compilar algumas amostras de dados sobre a gestão dos resíduos nas cidades pesquisadas propiciam uma baixa ou quase nenhuma inserção formal dos catadores e suas entidades no exercício da coleta seletiva. Assim, o poder local, que constitucionalmente é o responsável pela titularidade dos serviços públicos de saneamento básico praticamente nega aos catadores a participação formalizada nas atividades de limpeza pública das municipalidades pesquisadas: Salvador, Feira de Santana, Vitória da Conquista, Camaçari, Itabuna e Juazeiro. Para se chegar a esta conclusão realizou-se uma pesquisa com abordagem qualitativa, utilizando como instrumento de coleta de dados visitas in loco, aplicação de

questionários e entrevistas a gestores públicos, a catadores e a estudiosos do tema, sendo realizada uma análise de dados junto à sistemas oficiais de informações que dispõem de dados sobre este tema. Desse modo, ficou evidenciado que a participação dos catadores no processo de coleta seletiva dos resíduos sólidos urbanos de maneira formal, contratados pelas prefeituras é algo inexistente nas seis cidades pesquisadas. Assim sendo, observou-se que as municipalidades analisadas não realizam inclusão social e econômica de milhares de catadores de materiais recicláveis, suas cooperativas, associações e redes a partir dos serviços que os próprios catadores são capazes de fazer com que a coleta, o transporte, a triagem e o encaminhamento para as indústrias de reciclagem. Portanto, este trabalho mostra que o desafio de governos e sociedade continua cada vez visível no sentido de implementar a coleta seletiva, incluir os catadores e principalmente mudar as práticas dos gestores bem como os hábitos da sociedade no sentido de criar uma cultura na separação dos resíduos gerados em seus lares.

### Palavras-chave:

Resíduos Sólidos; Poder Local; Catadores; Inclusão; Reciclagem.

## ABSTRACT

*The proper management of urban solid waste, operated with the participation of recyclable material collectors, has been presented as an effective solution from an environmental, social, and economic point of view. However, understanding why the participation of waste pickers in public cleaning systems in the cities surveyed is so low is the central reason for this study. The growing disposal of packaging produced by a consumption pattern that barely observes the rules of environmental preservation and the economy of natural resources has brought relevant challenges to governments and society. Therefore, this dissertation has the challenge of showing how waste management in the cities surveyed provides little or no formal insertion of waste pickers and their entities in the exercise of selective collection. Thus, the local government, which is constitutionally responsible for the ownership of basic sanitation services, practically denying collectors their formalized participation in public cleaning activities in the municipalities surveyed Salvador, Feira de Santana, Vitória da Conquista, Camaçari, and Itabuna e Juazeiro. To reach this conclusion, research with a qualitative approach was carried out, using on-site visits, questionnaires, and interviews with public managers, collectors, and scholars of*

*the subject as a data collection instrument and data from official information systems on this topic. Thus, it was evident that the participation of collectors in the process of selective collection of solid waste formally contracted by city halls is something that does not exist in the six cities surveyed. Therefore, it was observed that the analyzed municipalities do not carry out social and economic inclusion of thousands of recyclable material collectors, their cooperatives, associations, and networks based on the services that the collectors themselves can do which is the collection, the transport, sorting and environmentally adequate final destination for the recycling industries. Therefore, this work shows that the challenge of governments and society continues to be increasingly visible in the sense of implementing selective collection, including waste pickers and especially changing the practices of managers as well as Society; habits to create a new culture in the separation of waste generated in their homes.*

### Keywords:

Solid Waste; Local Government; Collectors; Inclusion; Recycling.

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Introdução ao objeto e contextualização sobre gestão de Resíduos Sólidos Urbanos



Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública (ABRELPE), o Brasil gerou cerca de 79,1 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), em 2020. A grandeza destes números revelam, para governos e sociedade, o gigantesco desafio no sentido de implementar políticas públicas capazes de gerir, de maneira ambientalmente adequada, toda essa quantidade de resíduos, de modo a separar suas frações secas e úmidas - que podem ser reutilizadas ou recicladas - daquilo que não se possa mais reintegrar ao ambiente, chegando à condição de rejeito e, portanto, necessitando de disposição final apropriada - do ponto de vista ambiental.

Para esse mesmo ano, o IBGE, utilizando os dados do Censo Demográfico (2010), estimou para o país uma população de aproximadamente 213,3 milhões de habitantes, cuja média nacional de geração diária *per capita* de resíduos sólidos domiciliares produzidos chega à casa de 1 kg por habitante, média que vem se mantendo atualmente.

Embora esta seja a média nacional, é natural que em algumas regiões haja uma variação para mais ou para menos. Como o escopo deste artigo é apresentar a análise dos seis municípios mais populosos do Estado da Bahia, será aqui observada a geração média *per capita* de cada uma das cidades pesquisadas<sup>1</sup>. Considerando essa realidade no caso particular do Estado do Bahia, esse mesmo estudo, apresentado pela Abrelpe, revela que o maior estado do Nordeste gerou 5,1 milhões de toneladas de RSU em 2020, e que, neste mesmo período, a população baiana alcançou cerca de 15 milhões de habitantes (IBGE, 2020), o que resulta em uma média diária de geração de RSU de cerca de 0,930 kg por habitante, ou seja, quase os mesmos valores da média nacional.

Dessa forma, a escolha dos municípios em questão se deu devido a duas variáveis que se relacionam mutuamente: o volume produzido por habitante que vive nestas localidades, e que representa quase um terço dos moradores de todo o estado, e o fato de serem cidades concentradoras de grande infraestrutura urbana e outras potencialidades econômicas. Cidades que se destacam pelo seu poderio econômico que pode, e deve, ser um instrumento *sine qua non* para melhor gerir toda a produção de RSU com a inclusão socioproductiva dos catadores e catadoras.

---

<sup>1</sup> - São eles: Salvador, Vitória da Conquista, Juazeiro, Camaçari, Lauro de Freitas e Itabuna.

Portanto, mediante a relevância e a transversalidade natural deste tema, o presente artigo orientou o seu desenvolvimento ao destacar a relação dos RSUs com o meio ambiente; com a geração de trabalho; com o processo industrial; com a formulação de políticas públicas socioambientais; com os aspectos jurídicos; e com as relações sociais e econômicas. Por se tratar de uma pesquisa maior, no presente artigo, os elementos acima mencionados serão contemplados por meio de discussões que perpassarão um dos objetivos da dissertação em que esse trabalho se baseia, qual seja: perceber como as gestões municipais compreendem a coleta seletiva como parte de um conjunto de iniciativas que compõem a economia solidária; como um instrumento de inclusão socioprodutiva dos catadores e catadoras; e como um benefício ao meio ambiente e uma prestação de serviço especializado.

Esse artigo foi realizado enquanto uma pesquisa com abordagem qualitativa, que, de acordo com Ludke e André (1986), é caracterizada pelo trabalho de campo, supondo o contato direto do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada. Sendo assim, este tipo de pesquisa considera o ambiente natural como sua fonte de dados e o pesquisador como seu principal instrumento, visando a obter um conhecimento mais amplo possível acerca da temática ora pesquisada.

Metodologicamente, para a sua elaboração, utilizou-se de instrumentos diversos para a coleta de dados, tais como: revisão da literatura sobre os conceitos envolvidos na temática dos resíduos sólidos, a partir de publicações em livros, relatórios de estudos e pesquisas, documentos legais, periódicos, teses, dissertações, monografias, trabalhos publicados em Anais de Congressos; realização de entrevistas com gestores públicos, catadores e catadoras; e entrevistas com especialistas e estudiosos do tema. Bem como, também, da experiência e vivências profissionais dos autores neste assunto, seja como observadores ou enquanto partícipes de diversas ações e projetos ligados à formação, capacitação e organização de catadores e catadoras de materiais recicláveis em cooperativas ou associações.

Do ponto de vista prático, foram realizadas visitas *in loco*, envio de questionário por e-mail e entrevistas por telefone. Participaram desta pesquisa funcionários das prefeituras dos municípios pesquisados, técnicos de apoio às cooperativas e funcionários do governo do Estado da Bahia, de acordo com o que demonstra a tabela a seguir:

Quadro 1 - Resumo dos Contatos e Entrevistas Utilizadas na Pesquisa (2021)

TABELA RESUMO - CONTATOS E ENTREVISTAS UTILIZADAS NA REALIZAÇÃO DA PESQUISA						
MUNICÍPIO	INSTITUIÇÃO	ORGÃO	DEPTO. RESPON.	CONTATO E-MAIL	ENTREVISTA TELEFONE	VISITA DE CAMPO
Camacari	Prefeitura	SEDUR/SESP	Engenharia	SIM	SIM	NÃO
F. de Santana	Prefeitura/Coobafs	SEDUR/EQUI.TECNICA.	Engenharia/Coordenação	NÃO	SIM	NÃO
Itabuna	Prefeitura	SEPLAN	Gabinete da Secretária	SIM	NÃO	SIM
Juazeiro	Prefeitura	SAAE	RSU	SIM	SIM	NÃO
Salvador	Prefeitura	SECIS	Gabinete do Secretário	SIM	SIM	SIM
V. da Conquista	Prefeitura	SEDUR	Engenharia	SIM	SIM	NÃO
Bahia	Governo do Estado	SETRE	Economia Solidária	SIM	SIM	NÃO
Bahia	Governo do Estado	SEDUR	RSU	SIM	SIM	NÃO

Fonte: Prefeituras dos Municípios Pesquisados, SETRE-BA. SEDUR-BA e Coobafs (2021).

Como se pode observar, a tabela acima ilustra muito bem como se deu o levantamento das informações necessárias a realização da pesquisa e elaboração do artigo. Seja pelas distâncias, ou pelo período pandêmico durante a realização dela, a ampla maioria das abordagens foi feita por meio eletrônico, contando com uma maior contribuição dos setores de engenharia dos municípios; no estado, contou com as colaborações oriundas da Secretaria de Emprego, Trabalho, Renda e Esporte (SETRE) e da Secretaria de Desenvolvimento Urbano (SEDUR).

Assim sendo, o presente estudo, para além desta introdução, está dividido em mais duas partes: uma breve abordagem socioeconômica dos municípios, suas potencialidades econômicas e as desigualdades sociais, e a análise do trabalho informal ou organizado dos catadores em cada cidade, de modo que haja um perfil de cada uma delas. Serão observados, ainda, aspectos ligados às questões como população, renda, PIB, ocupação de postos de trabalho. Enfim, é realizada uma abordagem que permite a análise da realidade social e econômica desses municípios.

Na segunda parte, explicita-se a centralidade desta análise, sendo que na mesma estão apresentadas uma compilação das informações oriundas da pesquisa, realizada junto aos gestores de cada municipalidade, responsáveis pela gestão ou acompanhamento dos RSUs e informações técnicas que norteiam a realidade vivida em cada um desses municípios.

É preciso reiterar que, após todo esse levantamento de dados, foi observada a existência ou não de cooperativas, planos, fundos, conselhos, percentual de reciclagem, existência de lixões ou aterros, enfim, os instrumentos jurídicos e estruturais necessários à realização da coleta seletiva e de sua implementação enquanto política pública municipal instituída por Lei. Este recorte dá ao trabalho a real dimensão de como estão essas cidades, quanto a este tema.

Embora as análises sobre os resultados não tenham sido as mais satisfatórias, reitera-se que há espaço para a discussão de alguns casos de relativo sucesso na Bahia, explorando, especialmente, as suas diretrizes técnicas e sociais ao mesmo tempo que debate o que elas podem auxiliar esse setor no futuro. E, dessa forma, chega-se às considerações finais, analisando as intempéries desse setor e apontando algumas estratégias para o presente e o futuro.

## **2. UMA BREVE ANÁLISE SOCIOECONÔMICA DOS TERRITÓRIOS PESQUISADOS**

O Estado da Bahia está localizado na região Nordeste do Brasil, apresenta-se como maior estado da região, possuindo um território com cerca 564.722,611 km<sup>2</sup> (IBGE, 2019), uma população estimada em 14.930.634 habitantes (IBGE, 2020). O estado é formado por 417 municípios, que, na sua imensa maioria, apresentam populações abaixo de 30.000 habitantes. Isto em todas as regiões do estado, cujo extensão/área equivale à da França.

Os municípios a serem pesquisados possuem conjuntamente quase cinco milhões de habitantes (IBGE, 2020). Portanto, é importante verificar que os dados populacionais aqui explicitados demonstram claramente como os municípios pesquisados concentram quase um terço de toda população da Bahia.

As cidades selecionadas para este estudo estão localizados em porções geográficas distintas no estado, alcançando assim as regiões Norte, Sul, Sudoeste, Metropolitana de Salvador e Centro-norte da Bahia. Contudo, como já vimos anteriormente, os municípios foram selecionados por concentrar cerca de um terço de toda a população baiana, aproximadamente 5 milhões de pessoas vivendo nas seis cidades, e por gerar 1/3 dos RSUs de todo o Estado da Bahia.

Por isso, é importante apontar alguns dados sociais, econômicos, geográficos e demográficos desses municípios, pois eles são a base de fundamentação de toda esta pesquisa, fazendo necessário observar os registros contidos na Tabela 1, para que se possa ter uma dimensão da área a ser pesquisada. Uma outra questão relevante a ser observada é que os municípios estão agrupados na Tabela 1 não pelo tamanho de suas populações, mas em função de suas proximidades regionais.

Tabela 1 - Dados Sociais e Econômicos dos Municípios Pesquisados (2020)

Nº	Município /Estado	Região	População	IDH	População Ocupada	Salário Médio	PIB per capita
00	BAHIA	Nordeste	14.930.634	0,660	40,01%	2,2 mín.	19.324,04
01	Salvador	Metropolitana	2.886.698	0,759	29,7%	3,5 mín.	22.232,68
02	Camaçari	Metropolitana	304.302	0,694	26,6%	3,9 mín.	81.105,66
03	F. de Santana	Centro-Norte	619.609	0,712	21,9%	2,0 mín.	24.074,06
04	V. da Conquista	Sudoeste	341.128	0,678	25,5%	1,9 mín.	20.761,05
05	Itabuna	Sul	213.685	0,712	21,7%	2,0 mín.	19.184,77
06	Juazeiro	Norte	218.162	0,677	18,2%	2,1 mín.	19.032,14
	TOTAIS		4.583.584	0,705	23,9%	2,5 mín.	34.714,40

Fonte: IBGE (2020).

Observa-se, na Tabela 1, que os municípios envolvidos nesta pesquisa possuem uma população formalmente empregada em padrões muito abaixo da própria média do estado - que está em torno de 40,1%. Este percentual refere-se à população acima de 16 anos de idade, na semana de referência do levantamento destes dados (IBGE, 2020). Embora a média salarial seja levemente superior à do estado, percebe-se que a renda média ainda é relativamente baixa.

De fato, deve-se considerar que os números acima explicitados equivalem a verdadeiros exércitos populacionais em busca de oportunidades de trabalho no campo informal da economia do estado baiano, onde, certamente, a catação de materiais recicláveis acaba sendo uma das possibilidades de ocupação de mão de obra.

Dessa forma, é relevante analisar que o conjunto de municípios pesquisados possuem um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) superior ao do Estado da Bahia, conforme apresenta a Tabela 1. Contudo, verifica-se, na mesma tabela, que a concentração de riqueza demonstrada no PIB *per capita* revela a existência de grandiosos bolsões de pobreza em todos esses municípios.

### 3. VISÃO DOS GESTORES DAS ÁREAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS – RSU E LIMPEZA PÚBLICA

Nesta seção, pretende-se demonstrar como cada um dos municípios selecionados vive realidades bem distantes daquilo que propõe a Política Nacional de Resíduos Sólidos (*PNRS*, Lei n. 12.305/2010). Em pesquisa direcionada àqueles/as que cuidam da gestão dos resíduos sólidos, verifica-se que a lei mudou pouco ou quase nada a realidade na gestão dos resíduos sólidos urbanos dessas localidades.

Embora, o Estado da Bahia já tenha aprovado sua Política Estadual de Resíduos Sólidos (*PERS-BA*, Lei 12.932/2014), a qual ainda carece de regulamentação, os municípios ora analisados passam longe de elaborar suas políticas municipais e tampouco procuram cumprir o que está preconizado nas leis nacionais, seja a *PNRS*, seja na Lei Nacional de Saneamento (Lei n. 11.445/2007). Estas dispõem de fartos dispositivos jurídicos para dar supedâneo a uma mudança de cultura no trato e no manejo de resíduos sólidos urbanos gerados em todas as cidades.

Os Planos Municipais de Saneamento Básico e o gerenciamento dos resíduos sólidos não se converteram em realidade para a maioria desses municípios; parte deles ainda vive a realidade de fazer a deposição final de seus resíduos em vazadouros a céu aberto, sem qualquer tipo de separação destes resíduos ou mesmo em aterros precarizados. No que tange à transparência dos instrumentos participativos de gestão, que essas Leis preconizam, os Conselhos Municipais de Meio Ambiente, por exemplo, existem de forma muito mais cartorial. Ou seja, servem muito mais para emitir documentos e validar a burocracia, do que para o exercício real de propor, fiscalizar, elaborar, ou de alguma forma contribuir com o desenvolvimento de políticas públicas para este setor na maioria desses municípios.

Nas cidades onde existem Fundos de Meio Ambiente, normalmente, acumulam-se recursos oriundos de multas por transgressões ambientais. Contudo, estes recursos dificilmente são direcionados para a elaboração e execução de políticas públicas voltadas à coleta seletiva. Na verdade, em muitas dessas cidades esses recursos são acumulados no caixa geral das Prefeituras, ou seja, nas secretarias de finanças, sem jamais atingir os objetivos para os quais foram criados. Outrossim, percebe-se um verdadeiro distanciamento dessa temática, de modo que, para esses municípios, a coleta convencional se torna visível como a única que deve existir.

Observa-se também que, na quase totalidade dos municípios analisados, existem cooperativas e associações de catadores; porém, é flagrante observar que em nenhuma das cidades pesquisadas existe qualquer forma de contratualização onde se estabeleçam quaisquer compromissos formais entre os catadores, as catadoras e o poder público local. A atividade de catação exercida por catadores e catadoras avulsos ou organizados, nessas cidades, não é vista como uma ação que integra a economia circular ou solidária. Na verdade, é como se fosse um mundo paralelo no qual as autoridades locais não conseguem enxergar a necessidade do apoio pela institucionalidade estatal.

Em face a essas análises preliminares realizadas sobre o posicionamento dos gestores locais, parece que no conceito de saneamento básico, o componente manejo de resíduos sólidos está apartado - ou está condenado - a tão somente ser alvo da coleta convencional, que não segrega absolutamente nada e, como já foi muito divulgado pelo Professor (*CALDERONI*, 1999), os municípios deliberadamente “Pagam Para Enterrar Dinheiro”.

Ora, se essas análises se referem aos seis municípios mais populosos do estado, então há de se imaginar que a realidade vivenciada pela imensa maioria dos demais municípios baianos deva ser algo ainda a ser sobremaneira melhorado pelas municipalidades. Essas primeiras impressões acerca da pesquisa (questionários) aplicada aos gestores locais específicos desta área, permite que se possa apresentar que na Tabela 2, efetivamente, a explícita situação vivida por cada um dos municípios selecionados neste estudo, verificando-se quais instrumentos jurídicos, administrativos e estruturais cada uma das municipalidades pesquisadas possuem, desde um programa de gestão até mesmo a existência ou não de um aterro sanitário.

De acordo com os entrevistados, que relatam como se dá o processo de gestão e manejo de resíduos sólidos gerados por seus municípes, a forma como são coletados e principalmente como se dá a disposição final deles. Assim, é necessário observar detalhadamente os dados revelados pela Tabela 2, para que se possa ter um entendimento claro de como cada município trata as questões ligadas à coleta seletiva, o respeito aos conselhos de participação popular, a legislação municipal que trata do tema, enfim todos os instrumentos necessários a uma boa gestão e manejo dos resíduos sólidos com a participação dos catadores de materiais recicláveis - que é a centralidade deste estudo.

Tabela 2 - Tabela de Dados Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos nos Municípios Selecionados.

RESUMO DE DADOS ACERCA DO TRATAMENTO DOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS - RSU											
INFORMAÇÕES 2020/2021											
MINIC ÍPIO	PLAN	CONS	FUNDO	LEI MUNI.	PROGR.	C. CONV.	C. SELET.	COOP	LIXÃO	ATERRO	% RECICLA
CAMAÇARI	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	0%
FEIRA DE SANTANA	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	Não	SIM	0%
ITABUNA	EMELAB.	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	EMFOR.	NÃO	SIM	0%
JUAZEIRO	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	4%
SALVADOR	EMELAB.	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	1%
VIT. DA CONQUISTA	EMELAB.	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	0%

Fonte: Prefeituras de Camaçari; Feira de Santana; Itabuna; Juazeiro; Salvador e Vitória da Conquista (2020).

Diante dos dados expressados na tabela acima, faz-se necessária a realização de uma dissecação mais aprofundada de como se encontra efetivamente a aplicabilidade e execução de cada um dos itens que estão descritos na referida tabela, para que não se crie nenhuma falsa impressão do que de fato ocorre nesses locais. Ou seja, ter instrumentos regulamentados não quer dizer que se tenha política pública efetivamente acontecendo.

## 4. ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS POR MUNICÍPIOS SELECIONADOS

Após o estabelecimento de diálogos com gestores públicos, catadores, catadoras e especialistas sobre o tema ora apresentado, verifica-se que a Tabela 2 sintetiza apenas alguns aspectos relevantes para o estabelecimento da política pública de coleta seletiva municipal. Não obstante, cada um dos municípios analisados tem suas particularidades, as quais serão segregadamente apresentadas aqui de acordo com a manifestação de cada entrevistado.

O conjunto de municípios elencados na tabela acima possui ou está elaborando seus instrumentos de lei para dar suporte legal ao exercício da coleta seletiva. Mas, o que se observa é que justamente esse item é a razão desse trabalho não realizado por nenhuma das municipalidades estudadas. Outro dado comum a essas localidades diz respeito à destinação final dos resíduos, uma vez que nenhum deles tem lixão, estão todos equipados com aterros sanitários. Ora, se tem aterro e não tem coleta seletiva, então eis aí uma desobediência à PNRS. Tal fato se explica, em parte, porque a Lei veda que sejam aterrados os materiais que ainda estão passíveis de recuperação ou reciclabilidade. Na prática, o que acontece é que estes municípios pagam para enterrar materiais que poderiam ser transformados em dinheiro.

Assim sendo, foi verificado como cada município tem se movimentado no sentido de preparar seus planos, fundos, conselhos e ações voltadas a melhor organizar todo o seu sistema de coleta, considerando tanto a convencional quanto a seletiva, sintetizada na Tabela 3.

Tabela – 3 Demonstrativo de Perdas Financeiras Pela Não Realização da Coleta Seletiva (2020)

MUNIC.	POP. 2020 (Milhões)	PROD. RSU. (Ano)	PROD. PER. RSU (Ano)	PROD. PER. RSU (Dia)	VLR. MÉD. REC.	FRAÇÃ O REC. (30%)	PERDA ANUAL (Milhões)	PERDA MENSAL (Milhões)	PERDA DIÁRIA (Milhões)
	MIL	TON.	KG	KG	RS/KG	TON.	R\$	R\$	R\$
Salvador	2.886.698	1.080.000	374,13	1,025	1,47	324.000	476.280.000	39.690.000	1.323.000
Feira de Santana	619.609	170.000	274,37	0,752	1,30	51.000	66.300.000	5.525.000	184.167
Vitória da Conquista	341.128	82.630	242,23	0,664	1,20	24.789	29.746.800	2.478.000	82.630
Camaçari	304.302	105.547	346,85	0,950	1,25	31.664	39.580.125	3.298.344	109.945
Juazeiro	218.162	72.000	330,03	0,904	1,15	21.600	24.840.000	2.070.000	69.000
Itabuna	213.685	49.000	229,31	0,628	1,20	14.700	17.640.000	1.470.000	49.000
<b>TOTAIS</b>	<b>4.583.584</b>	<b>1.559.177</b>	<b>1.797</b>	<b>0,821</b>	<b>1,26</b>	<b>467.753</b>	<b>654.386.925</b>	<b>54.532.244</b>	<b>1.817.742</b>

Fonte: Prefeituras, Cooperativas Locais das Cidades Pesquisadas, SNIS e o IBGE (2020).

A clareza demonstrada pela Tabela 4, mais as informações levantadas junto às empresas de coleta convencional, evidenciam, por exemplo, no caso do Município de Itabuna, que a situação fica ainda mais agravada quando se calcula o preço da coleta e da destinação final de todos recicláveis coletados. Em Itabuna, apurou-se, junto às empresas de coleta e à empresa proprietária do aterro local, que a municipalidade paga cerca de R\$270,00 para coletar e dispor no aterro cada tonelada de RSU gerada pelos munícipes. Portanto, ao multiplicar a porção da fração seca (30%) gerada durante um ano - que corresponde a 14.700 toneladas - pelo valor estimado para coleta e disposição final de uma tonelada de resíduos, chega-se ao seguinte valor:

$$14.700 \text{ (t./ano)} \times \text{R\$ } 270,00 \text{ (valor t./resíduos)} = \text{R\$ } 3.696.000,00/\text{ano}$$

Este simples cálculo mostra que o Município de Itabuna tem uma despesa de R\$ 3,7 milhões/ano para enterrar materiais recicláveis, que representariam uma economia de R\$ 17,6 milhões, e que poderiam ser recuperados ou reciclados pelos catadores e catadoras ou pela iniciativa privada, via indústria recicladora. A exemplificação da Cidade de Itabuna se aplica a todos as demais pesquisadas de acordo com os dados apresentados na Tabela 4, e, finalmente, confirma a ideia da necessidade da implementação da política pública de coleta seletiva.

Esta ação se faz necessária por diversas razões:

- Economia de recursos financeiros.
- Economia de recursos naturais.
- Contribuição à saúde pública.
- Contribuição ao desenvolvimento econômico e social.
- E sobremaneira pela inclusão socioprodutiva dos catadores e catadoras de materiais recicláveis.

## 4.1 - A análise de diferentes especialistas do caso em questão

Para melhor problematizar a questão em voga, a pesquisa cuidou de trazer algumas opiniões de estudiosos que tratam aprofundadamente desta questão no cotidiano de suas práticas de estudo, de trabalho e de vivências propriamente ditas. Neste sentido, o professor da Universidade de São Paulo – USP -, Sanetai Calderoni, apresenta algumas considerações que ratificam a posição aqui apresentada quanto à questão do meio ambiente, enfatizando que o manejo adequado dos RSUs é fundamental para a preservação do planeta e para a redução de custos financeiros.

Quanto aos RSUs serem fundamentais para a geração de trabalho e renda para catadores e catadoras, Calderoni (1999) avalia que os resíduos se constituem em uma cadeia produtiva infinita, com grande potencial de geração de oportunidades para os catadores. Porém, ele reconhece que os mesmos não estão organizados, em sua maioria, para aproveitar essa potencialidade e se limitam a realizar as etapas iniciais do processo produtivo da reciclagem. Apesar de apontar duas experiências exitosas, observadas por ele nas cidades de Londrina e Arapongas, no Estado do Paraná, ele registra que os

preços praticados pelo mercado seguem uma lógica concentrada em grupos empresariais oligopisônicos<sup>2</sup> que acabam por inviabilizar a relação entre receita e despesa das cooperativas.

Há, por parte do estudioso em questão, um entendimento que o cenário atual, no que diz respeito à condução política no país, seja no governo central, ou nos infra-nacionais, não tem sido favorável à efetivação da PNRS. Segundo ele, com sucessivos adiamentos dos prazos para encerramento dos lixões e até mesmo neste momento de pandemia, em que a questão sanitária não está sendo tratada com a relevância necessária, tampouco se incentivou a reciclagem como uma vertente agregadora da economia.

Quanto à prática de aterrar/enterrar os resíduos recicláveis, ele avalia como uma “acomodação irracional” por parte do poder público local, e compreende a coleta seletiva e a reciclagem como o melhor e mais viável meio para a destinação final dos resíduos sólidos urbanos (CALDERONI, 1999). Todavia, Ferreira (2015) destaca que a PNRS preconiza que apenas os rejeitos devem seguir para a disposição final ambientalmente adequada. De modo que, segundo a autora, há uma flagrante ilegalidade cometida pelas municipalidades quando pagam para aterrar/enterrar todos os resíduos, inclusive os resíduos recicláveis.

Ainda discorrendo sobre a análise do professor Calderoni (1999), ele avalia as ações consorciadas entre municípios como um modelo importante de reunir os municípios, pois uma cidade, de forma isolada, terá mais dificuldade de superar este tipo de problema. Todavia, observa que, em alguns casos, os diferentes pontos de vista político entre os prefeitos podem prejudicar essas relações. Calderoni (1999) ainda avalia que os consórcios não devem ser constituídos apenas para a implantação e operação de aterros sanitários coletivos, mas, fundamentalmente, para a construção de centrais de valorização dos materiais recicláveis de todos os municípios partícipes do consórcio.

Quanto aos avanços alcançados pela PNRS após uma década de sua implementação, Ribeiro (2019) corrobora com as ideias aqui apresentadas ao avaliar como pouco eficientes os seus resultados, especialmente no que diz respeito à coleta seletiva, à reciclagem e ao encerramento de lixões. Ou seja, com as questões ligadas ao setor público. Por outro lado, ela também observa que pelo menos no setor privado, a Lei teve mais efetividade. Especialmente com a celebração dos acordos setoriais e o estabelecimento de taxas e metas para o setor industrial, que culminou com o exercício efetivo da Logística Reversa<sup>3</sup>. De fato, a Logística Reversa responsabilizou o gerador-poluidor, obrigando o mesmo a repassar recursos para quem faz a coleta seletiva, acontecimento que melhorou as receitas auferidas pelas cooperativas e associações de catadores.

Feitas todas essas considerações, baseadas nos autores e autoras consultados, aponta-se, por fim, para a necessidade de centrais integrais contendo serviços de reciclagem e de compostagem acoplados ao trabalho da coleta seletiva realizado pelos catadores. E, caso não haja essa coleta especializada, indica-se que a central deva estar equipada com instrumentos capazes de processar os materiais oriundos da coleta convencional, mesmo entendendo que a separação na origem seja a melhor opção (DELMONT, 2007). Além do mais, deve-se ponderar que os materiais produzidos nessas centrais tenham garantia e prioridade nas compras públicas, sejam produtos orgânicos, como fertilizantes, ou outros produzidos a partir dos recicláveis - como vassouras de garrafas PET, dentre outros.

---

<sup>2</sup> - É uma forma de mercado com poucos compradores, chamados de oligopsonistas, e inúmeros vendedores. É um tipo de competição imperfeita, inverso ao caso do oligopólio, onde existem apenas alguns vendedores e vários compradores.

<sup>3</sup> - 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.

Nesse sentido, vislumbra-se que essas centrais vão reduzir gastos com aterros, economia com transporte, ou seja, contribuirão com a diminuição efetiva na operação de limpeza pública dos municípios. Dessa forma, ao analisar as manifestações do professor Calderoni e dos demais especialistas, percebe-se que elas se ajustam perfeitamente com toda a construção textual aqui pensada, evidenciando que a prática de aterrar/enterrar os RSUs, mesmo que seja em aterros, dissociada da reciclagem e da compostagem, de fato não significa um avanço substancial para o adequado tratamento destes resíduos em qualquer parte de nosso país.

Assim, verifica-se que este é um tema que ainda há muito por amadurecer no que diz respeito aos conceitos, à gestão e à mudança de hábitos, que é preciso um diálogo franco e aberto com a sociedade; afinal, é ela quem gera esses resíduos. Ou seja, é um tema que necessita de uma série de aperfeiçoamentos para se alcançar uma boa gestão dos RSUs. As universidades, institutos de pesquisa, escolas e todos os locais de produção de saber ainda terão que se debruçar sobre esta questão, no sentido de apontar caminhos para o encontro de soluções efetivas e que não fiquem na mera cartorialidade. Este é um grande desafio a ser superado por todos que desejam viver num mundo mais sustentável.

## **4.2 Boas Práticas Baianas na Gestão dos RSUs.**

Com vistas a demonstrar que, no Estado da Bahia, existem algumas práticas ligadas a este tema que merecem um registro neste artigo - mesmo que os municípios que desenvolvem essas práticas não tenham tomado parte do conjunto de cidades aqui examinadas – visando a observar que algumas municipalidades estão trabalhando para cumprir os princípios e objetivos da PNRS, mostra-se que é perfeitamente viável a implementação da coleta seletiva.

Justamente pelo fato dos municípios estudados não apresentarem a existência de formalização de contrato de coleta seletiva em nenhuma das seis cidades estudadas, entende-se ser importante trazer para este estudo alguns casos considerados como boas práticas na gestão dos resíduos com a inclusão socioprodutiva dos catadores.

Conciliar contrato público pela realização dos serviços de coleta seletiva com o recebimento de resíduos pela Logística Reversa, somado ao resultado da venda dos materiais recicláveis, é de fato o sonho de todas as cooperativas e associações de catadores e catadoras, cabendo aqui registrar essa realidade em alguns municípios baianos.

Como a PNRS é o farol que guia este trabalho, e entendendo que a mesma tem um caráter social e economicamente inclusivo, ao verificar que estes pressupostos não estão nas ações dos municípios trabalhados nesta análise, quanto à gestão e ao manejo dos RSUs, resolveu-se incluir, neste trabalho, pelo menos menções a quatro cidades baianas que realizam a coleta seletiva enquanto política pública municipal e com contratos remunerados com suas cooperativas locais, atuando como parte do sistema de limpeza pública.

Na busca por levantar informações no Estado da Bahia que confirmassem a existência de empreendimentos econômicos solidários incluídos nos serviços de limpeza pública nos 417 municípios do estado, foram encontradas quatro experiências com boas práticas. Neste particular, foram destacadas as cidades de Caetité, Jacobina, Lauro de Freitas e Luís Eduardo Magalhães, dispostas em porções bem distintas do território baiano, partindo da região Sudoeste, passando pelo Oeste, Norte da Chapada Diamantina e chegando à Região Metropolitana de Salvador.

Na faixa Norte-Leste do estado, encravada na Região Metropolitana de Salvador, está situada a Cidade de Lauro de Freitas, que, pela estimativa do IBGE (2020), já ultrapassa a casa de 200 mil habitantes. Mas, como o recorte populacional deste trabalho utilizou os dados do IBGE (2019), o referido município não entrou no conjunto de localidades pesquisadas. Contudo, em face às informações levantadas junto à municipalidade local e em parceria com a Cooperativa de Agentes Ambientais de Lauro de Freitas (CAELF), entende-se que é um caso efetivo de boas práticas no que tange à gestão dos RSUs no Estado da Bahia.

Verifica-se também que na Cidade de Jacobina, localizada na região Centro-Norte do estado, a municipalidade local, junto com a Cooperativa Recicla Jacobina, já há algum tempo tem um contrato de prestação de serviço de coleta seletiva que pode, sem sombra de dúvidas, ser um dos grandes casos de sucesso de inclusão socioprodutiva dos catadores. A cooperativa local ainda está incluída no Programa de Logística Reversa, previsto pela PNRS, a partir do acordo setorial entre as empresas de embalagem e o Ministério do Meio Ambiente, gerando créditos financeiros que são utilizados nas despesas correntes e investimentos deste empreendimento econômico solidário.

Localizada no extremo Oeste da Bahia, a jovem Cidade de Luiz Eduardo Magalhães também se destaca com a contratualização para o exercício da coleta seletiva de sua associação de catadores, a RECLALEM, que, igualmente às duas anteriores, auferem receitas pela logística reversa, coleta seletiva e comercialização de sua produção.

Nessa mesma perspectiva, a cidade histórica de Caetité, com grande riqueza mineral -hoje é uma grande produtora de minério de ferro, além de ser a única mina de urânio do estado -, também segue o mesmo exemplo das demais, remunerando formalmente a COOPERCICLI e, por sua vez, além ser remunerada pelos três tipos de serviços apresentados anteriormente, ainda possui um contrato de coleta seletiva com uma grande mineradora local.

São esses casos de sucesso que se deseja que sejam multiplicados nas demais municipalidades baianas, seja por um arranjo produtivo individual, ou através de ações consorciadas, que incluam municípios componentes dos territórios de identidade, pois se entende que esta ação conjunta não só facilita as ações dos municípios, mas também reduz os custos envolvidos nessas operações. A seguir, apresenta-se o Quadro 2, que mostra a realidade dessas cidades, com a realização de boas práticas na ação de incluir os catadores em seu sistema oficial de limpeza pública.

QUADRO 2 Municípios Com Coleta Seletiva Institucionalizada (2021)

Nº	EES / MUNICÍPIO	COLETA SELETIVA CONTRATO PÚBLICO	LOGÍSTICA REVERSA	CONTRATO PRIVADO	COMERCIALIZAÇÃO
1	RECICLA/JACOBINA	SIM	SIM	NÃO	SIM
2	RECICLA/L.E. MAGALHÃES	SIM	SIM	NÃO	SIM
3	CAELF/L.FREITAS	SIM	SIM	NÃO	SIM
4	COOPERCICLI /CAITITE	SIM	SIM	SIM	SIM

Fonte: CAELF; RECLALEM; RECICLA JACOBINA e COOPERCICLI (2021)

O Quadro 2 poderia se configurar como uma espécie de sonho de consumo dos catadores de materiais recicláveis. Contudo o contingente desses municípios só representa cerca de 1% de todas as municipalidades baianas. O caminho a ser percorrido ainda é muito grande, e os desafios são gigantescos. Porém está provado que é economicamente viável, ambientalmente adequado,

racionalmente possível e necessário à gestão dos resíduos sólidos, combinando preservação ambiental, geração de riquezas e inclusão dos catadores e catadoras, que são muitas vezes invisíveis, ignorados e marginalizados pelo Estado e pela sociedade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho mostrou que as seis cidades mais populosas da Bahia, apesar de possuírem toda a estrutura necessária, não realizam a coleta seletiva dos recicláveis, muito menos dos compostos orgânicos. Ficou claro que isso está diretamente vinculado ao tipo de políticas públicas adotadas por seus governantes, para atender às populações governadas por estes.

Outra constatação diz respeito à não inclusão socioproductiva dos catadores e catadoras, ou a ações que visem organizá-los ou oportunizá-los em qualquer etapa do processo de limpeza pública desses municípios. Este tipo de ação está intimamente ligado a um legado de exclusão social histórica, que se origina no nosso passado colonial e persiste até os dias atuais, como já foi narrado pelo sociólogo Jessé Souza (2009), quando escreveu sobre a “Ralé Brasileira”. Isto também foi reconhecido por outros tantos intelectuais brasileiros, com destaque para Florestan Fernandes (1975).

A hipótese inicial previa que a baixa participação dos catadores e catadoras de materiais recicláveis nos serviços públicos de coleta de resíduos sólidos, se dá, em grande medida, devido ao extremo desinteresse das municipalidades locais no sentido de empreender projetos que organizem esses trabalhadores em cooperativas e associações ou, mesmo, que incluam neste processo todos aqueles que já se encontram em algum nível de organização (cooperativas ou associações).

Na verdade, a realização do estudo mostrou que essa baixa participação faz parte de uma ação com todas as cidades pesquisadas, como se fosse um tipo de descaso, que na prática exclui essas pessoas, estando elas organizadas ou não. Ou seja, é como se estes gestores propositalmente não desejassem a participação dos catadores, em hipótese alguma, nesse processo.

Como foi revelado pelos gestores e técnicos entrevistados no curso desta pesquisa, a gestão dos RSUs nestas localidades foge a todos os parâmetros legais estabelecidos pelas políticas de saneamento básico e de resíduos sólidos, que preconizam uma sistemática de coleta efetivamente inclusiva. Os resultados dos dados coletados junto a estes gestores também revelam a distância existente entre a prática local e aquilo que os estudiosos e especialistas orientam para uma boa gestão e manejo desses resíduos.

Conforme examinado pelo estudo, os objetivos específicos apresentados foram alcançados, na medida em que se pôde observar como cada uma das cidades se encontra, no que diz respeito à elaboração e implementação dos instrumentos de planejamento de saneamento básico e de resíduos sólidos.

A pesquisa revelou que a existência das chamadas políticas “CPF” – Conselhos, Planos e Fundos - necessariamente não se traduzem em transformações com reflexos positivos na vida das pessoas. No caso particular das cidades estudadas, verificou-se que, na prática, seus efeitos são baixos ou quase inexistentes - ainda que quase todas possuam esses instrumentos.

As perdas financeiras apresentadas pela pesquisa, no que diz respeito à não realização da coleta seletiva em demonstrativo específico, revelam o quanto se gasta para aterrar os materiais recicláveis, incluindo a fração orgânica, causando verdadeiro prejuízo aos cofres públicos, sem contar que é uma ação digna de responsabilização por improbidade administrativa.

Indubitavelmente, a logística reversa é o grande caso promissor da PNRS, pois responsabiliza financeiramente os fabricantes, comerciantes e importadores de embalagens e, concomitantemente, repassa - de forma sistemática - esses recursos para aqueles que efetivamente reinserem esses materiais na cadeia produtiva da reciclagem. É claro que todo esse processo é formal (documentos e notas fiscais do EES), sendo que as cooperativas precisam estar com as documentações regulares para serem beneficiárias dessas ações.

Segundo a Abrelpe, o Brasil recicla apenas 3% de seus resíduos recuperáveis ou recicláveis, quando se sabe que se pode chegar à recuperação de até 30% (isso falando apenas da fração seca), sendo previsível que esta caminhada precisa ser escalonada em etapas. Assim, diante de tal quadro, é evidente que a gestão dos RSUs, nos maiores municípios da Bahia, ainda está no que pode se chamar de "Período Medieval". Portanto, para ocorrer uma mudança de hábitos nas pessoas é preciso que os governos primeiro mudem suas condutas e, pedagogicamente, preparem as populações para fazer a separação na origem da geração dos resíduos, proporcionando-lhes uma política pública de coleta seletiva, seguindo apenas o que reza a Lei n. 12.305/2010, que estabelece todos os elementos, padrões e orientações necessárias à realização desta ação de forma efetiva, perene e humanizada.

O flagrante desrespeito dos prefeitos dos municípios pesquisados às leis de resíduos e à de saneamento é a principal razão para que o nosso percentual de reciclabilidade seja tão baixo. Contudo, falta, por parte dos órgãos de controle como o Ministério Público, a promoção de ações junto ao Poder Judiciário para que esta realidade seja transformada.

Porém, este estudo também se encarregou de trazer à tona alguns casos de sucesso implementados no próprio Estado da Bahia, como pôde ser mostrado em quatro cidades baianas que já institucionalizaram suas coletas seletivas.

Assim sendo, mesmo diante do quadro complexo nos maiores municípios pesquisados, já estão sendo praticados modelos inclusivos de gestão compartilhada dos resíduos sólidos urbanos, no Estado da Bahia, o que deixa claro como cada governo quer conduzir essa questão em sua municipalidade e que tipo de política pública quer executar para seus municípes.

Assim, os casos concretos dos municípios de Caetité, Jacobina, Lauro de Freitas e Luiz Eduardo Magalhães desafiam as demais municipalidades a trilharem pelo mesmo caminho, realizando um trabalho inclusivo, compartilhado, necessário, justo e fundamentalmente sustentável para a vida do planeta.

Cabe dizer que o Brasil tem uma indústria recicladora forte, salvo alguns itens como vidro, bopp, Tetrapac, isopor, espuma, entre outros, com maior dificuldade em serem reciclados, quando comparados com papéis, plásticos, papelão, ferro, alumínio, que são materiais com industrialização pujante. Esta menção serve para evidenciar que o problema não está na industrialização (embora em alguns casos ela seja oligoposônica), mas sim na ausência da política pública de coleta seletiva. Sem ela, torna-se mais difícil fazer reciclagem.

Diante dos fatos aqui apresentados, propõe-se que as instâncias governamentais estabeleçam um programa de bonificação para todos os municípios brasileiros acessarem recursos oriundos do Fundo de Meio Ambiente, na modalidade não reembolsável. Isto a partir da parcela comprovada de materiais encaminhados para indústria recicladora em seu município. Esses recursos só poderiam ser

aplicáveis em gastos decorrentes da coleta seletiva para os compostos orgânicos e os materiais recicláveis, no sentido de prover equipamentos e tecnologias necessárias ao avanço da coleta seletiva local, bem como na remuneração para cooperativas, associações ou redes de catadores comprovadamente formadas por pessoas de baixa renda e de acordo com o estabelecido pelo PNRS, que qualifica estes empreendimentos econômicos solidários.

A solução, ora sugerida, não tem a pretensão de se tornar uma panaceia. Entretanto, talvez seja útil para que possa aperfeiçoar soluções definitivas para um problema que alcança toda a sociedade brasileira em todas as regiões do país. Dessa forma, não é pretensão desse artigo estabelecer a criação de uma receita pronta para um problema tão complexo, mas passar a ser mais um instrumento de reflexão que, somado a alguns outros, possa contribuir para a busca incessante pela solução de tão relevante problema.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública – Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil 2017. Edição Especial 15 anos. São Paulo. 2018. Disponível em: <[http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama\\_abrelpe](http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe)> Acesso em: 18 jul. 2021.

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil 2020. Edição Especial 17 anos. São Paulo. 2020. Disponível em: <[http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama\\_abrelpe](http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe)> Acesso em: 18 jul. 2021.

ANDRADE, L. C. R. Pagamento por serviços ambientais urbanos: estratégia de inclusão social e sustentabilidade na Rede Cata Bahia – Salvador: L.C.R.A, 2014.

BAHIA. CONCIDADES – BAHIA. Cadernos de Leis Saneamento Básico/ organização, Secretaria de Desenvolvimento Urbano – SEDUR. Conselho Estadual das Cidades. Câmara Técnica de Saneamento – CTSAN, 2014.

BAHIA. Secretaria Estadual de Planejamento – SEPLAN. Consórcios Públicos: Um Novo Instrumento de Cooperação Federativa. Salvador. 2008.

BAHIA. Lei Estadual nº 12.932/2014. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos-PERS-BA.

BAHIA. Camaçari - Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Camaçari. Disponível em: <<http://arquivos.camacari.ba.gov.br>> Acesso em: 04 set. 2021.

BAHIA. Feira de Santana. Disponível em: [semmam/condema.asp](http://semmam/condema.asp). Acesso em: 07 setembro de 2021.

BAHIA. Juazeiro - Avaliação do Plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos de Juazeiro. Disponível em: <http://arquivos.camacari.ba.gov.br>. Acesso em 07 set. 2021.

BRASIL. IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados de Cidades e Estados. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba>. Acesso em: 02 jul. 2021.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil - organização Cláudio Brandão de Oliveira. Rio de Janeiro: Roma Vitor Editora, 2003.

BRASIL. IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Apenas 13% dos resíduos sólidos urbanos no país vão para reciclagem. Ministério da Economia. 2017. Disponível em: [www.ipea.gov.br](http://www.ipea.gov.br). Acesso em 13 agosto 2021.

BRASIL. Lei ordinária n. 11.445. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as leis n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro

de 1995; revoga a lei 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 08 de janeiro de 2007. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil>. Acesso em: 04 set. 2021.

CARVALHO, J. T. A. DE. Política nacional de resíduos sólidos e rotas tecnológicas de reciclagem para a cidade de Salvador, 2013. 159 f. Dissertação (Mestrado em Economia). Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

CALDERONI, S. Os Bilhões Perdidos no Lixo. São Paulo: Humanitas Editora/FFLCH/USP, 1999.

DELMONT, L. G. Análise dos impactos econômicos oriundos da reciclagem de resíduos sólidos urbanos para economia brasileira de 2004: uma abordagem insumo-produto, 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado em Economia). Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

DEMAJOROVIC, J.; LIMA, M. Cidade de Reciclagem: um olhar para os catadores. São Paulo. Senac: Edições Sesc. 2013.

FERNANDES, F. Sociedade de Classes e Subdesenvolvimento. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1975.

FERREIRA, M. V. G. DE Q. Implementação da política de resíduos sólidos da Bahia: algumas considerações sobre seus desafios. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA). Salvador, 2015, p. 61-75.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

NEVES, E. F.; MIGUEL, A. (Orgs). Caminhos do sertão: ocupação territorial, sistema viário e intercâmbios coloniais dos sertões da Bahia. Salvador: Arcádia, 2007.

RIBEIRO, J. F. de A. Atuação das Cooperativas de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis em Salvador: Uma Análise à Luz do Marco legal e da Atuação do Poder Público. Trabalho de Conclusão de Curso - TCC. Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia - UFBA - Engenharia Sanitária e Ambiental, Salvador, 2019.

SILVA FILHO, C. R. DA S.; SOLER, F. D. Gestão de Resíduos Sólidos: O que diz a lei. São Paulo. Trevisan Editora Universitária, 2012.

SOUZA, J. A Ralé Brasileira: quem é e como vive. Belo Horizonte: ED. UFMG, 2009.



# Resíduos Sólidos

Sobre o Organizador



## SOBRE O ORGANIZADOR



### RÔMULO MAZIERO

Doutorado em Engenharia Mecânica (UFMG), pesquisador do Grupo de Inovação e Tecnologia em Materiais (GiTeM/UFMG), Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Materiais (IFES), Aperfeiçoamento em Tecnologia Educacional (IFES) e Engenheiro Industrial Madeireiro (UFES). Atuou como professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo e no Centro Universitário de Maringá. Revisor e membro do corpo editorial de diversos periódicos nacionais e internacionais. Experiência na área de Engenharia de Materiais e Mecânica, com ênfase em materiais conjugados não-metálicos e aproveitamento de resíduos sólidos.



<https://www.facebook.com/Synapse-Editora-111777697257115>



<https://www.instagram.com/synapseeditora>



<https://www.linkedin.com/in/synapse-editora-compartilhando-conhecimento/>



31 98264-1586



editorasynapse@gmail.com

