

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

ECOLOGIA, MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE



Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

ECOLOGIA, MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE



Atena
Editora
Ano 2023

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Biológicas e da Saúde

- Profª Drª Aline Silva da Fonte Santa Rosa de Oliveira – Hospital Federal de Bonsucesso
- Profª Drª Ana Beatriz Duarte Vieira – Universidade de Brasília
- Profª Drª Ana Paula Peron – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
- Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
- Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
- Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
- Profª Drª Camila Pereira – Universidade Estadual de Londrina
- Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto
- Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
- Profª Drª Danyelle Andrade Mota – Universidade Tiradentes
- Prof. Dr. Davi Oliveira Bizerril – Universidade de Fortaleza
- Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
- Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
- Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
- Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
- Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
- Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
- Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
- Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
- Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
- Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
- Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
- Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
- Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
- Prof. Dr. Guillermo Alberto López – Instituto Federal da Bahia
- Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
- Profª Drª Lara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
- Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
- Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
- Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Delta do Parnaíba–UFDP
- Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
- Prof. Dr. José Aderval Aragão – Universidade Federal de Sergipe
- Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
- Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
- Profª Drª Kelly Lopes de Araujo Appel – Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal
- Profª Drª Larissa Maranhão Dias – Instituto Federal do Amapá
- Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
- Profª Drª Luciana Martins Zuliani – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
- Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
- Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
- Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof. Dr. Maurilio Antonio Varavallo – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Max da Silva Ferreira – Universidade do Grande Rio

Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Profª Drª Sheyla Mara Silva de Oliveira – Universidade do Estado do Pará

Profª Drª Suely Lopes de Azevedo – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Taísa Ceratti Treptow – Universidade Federal de Santa Maria

Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí

Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ecologia, meio ambiente e sustentabilidade

Diagramação: Ellen Addressa Kubisty
Correção: Soellen de Britto
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
E19	<p>Ecologia, meio ambiente e sustentabilidade / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-1915-0 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.150231711</p> <p>1. Ecologia. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 577.5</p>
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná – Brasil
 Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

O e-book: “Ecologia, Meio Ambiente e Sustentabilidade” é composto por cinco capítulos de livros que se dedicaram a implantar ações e metas com o objetivo de reduzir a geração de resíduos sólidos (urbanos e industriais), materiais plásticos e papéis, aproveitamento de águas de cinza e a influência da plantação de bambu na propagação e desenvolvimento de outras espécies de plantas.

O primeiro capítulo apresenta um Plano de Logística Sustentável (PLS) a ser desenvolvido pelo Tribunal Regional do Trabalho da 19ª Regional. O PLS apresenta objetivos e responsabilidades, a fim de se estabelecer e acompanhar práticas de sustentabilidade na Autarquia, entre as quais: racionalização de consumo de papel, copos descartáveis, galões de água, impressão, energia elétrica, consumo de água, gestão de resíduos entre outras ações e medidas a serem adotadas.

O capítulo 2 investigou o fluxo de propágulos por meio da “chuva de sementes” e a alteração de habitats de inúmeras espécies de plantas. Os pesquisadores verificaram que a abundância de bambu em certas regiões, afeta negativamente a sobrevivência de outras espécies de árvores, em função da barreira que se cria em relação a “chuva de sementes” que podem reduzir drasticamente (97%) outras sementes.

O terceiro capítulo consiste em uma revisão da literatura em relação aos desafios da gestão de Resíduos Sólidos Industriais (RSI) em face das mudanças climáticas ocorridas no estado do Rio Grande do Sul. A revisão apontou que 4% das emissões de gases do efeito estufa, são provenientes do RSI e que este apresenta complexidade em sua gestão e necessita de maior apoio por meio de projetos de políticas públicas e práticas empresariais, a fim de proteger a saúde pública e o meio ambiente, proporcionando maior sustentabilidade e resistência às mudanças climáticas para a geração atual e vindouras.

O capítulo 4 analisou a gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) a luz da legislação vigente, caracterização e aumento na geração de resíduos e sua destinação final, bem como alternativas de tratamento de resíduos e a geração de energia a partir da tecnologia *Waste to Energy* (WTE), proporcionando uma visão mais ampla em relação aos desafios e oportunidades que podem levar ao aprimoramento da gestão dos RSU no estado do Rio Grande do Sul.

Por fim, o quinto capítulo apresenta um estudo de natureza exploratória, descritivo e qualitativo em relação a reutilização de águas cinzas em quintais de famílias que cultivam para o próprio consumo e proporcionam geração de trabalho e renda. O estudo constatou que tal atividade é realizada, majoritariamente, por mulheres com apoio de assistência técnica de profissionais vinculados ao Centro de Assessoria e Apoio aos Trabalhadores e Instituições Não-Governamentais Alternativas (CAATINGA).

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países, a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

CAPÍTULO 1 1**RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL DO PLANO DE LOGÍSTICA SUSTENTÁVEL DO TRT19ª - ANO BASE 2022**

Emanoel Ferdinando da Rocha Júnior

Flávia Caroline Fonseca Amorim

Thiago Camelo Fonseca

Victor Rezende Dorea

Marcus Paulo Veríssimo de Souza

Flávio Luiz da Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1502317111>**CAPÍTULO 2 11****LIMITAÇÕES NA CHUVA DE SEMENTES E A AUTOPERPETUAÇÃO DE PLANTAÇÕES DE BAMBU ABANDONADAS EM ÁREAS RIPÁRIAS DE FLORESTA SUBTROPICAL: SUBSÍDIOS PARA A RESTAURAÇÃO**

Betina Camargo

Ana Paula Moreira Rovedder

Roselene Marostega Felker

Djoney Procknow

Bruna Balestrin Piaia

Maureen de Moraes Stefanello

Jéssica Puhl Croda

Guilherme Diego Fockink

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1502317112>**CAPÍTULO 325****OS DESAFIOS DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS DIANTE DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Francielle Oliveira de Vargas da Silva

Juliane Moser da Conceição

Raquel Dal Magro Domingues

Solange Drews Aguiar Mengue

Suzana Frighetto Ferrarini

Daniela Mueller de Lara

Ana Carolina Tramontina

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1502317113>**CAPÍTULO 439****RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO RIO GRANDE DO SUL: PANORAMA ATUAL E TECNOLOGIAS PARA TRATAMENTO**

Rodrigo Ramos Medeiros

José Eduardo Angeli Reups

Luciana Hoffmann Teixeira

Daniela Mueller de Lara

Suzana Frighetto Ferrarini

Ana Carolina Tramontina

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1502317114>

CAPÍTULO 559

REÚSO DE ÁGUAS CINZAS EM QUINTAIS PRODUTIVOS NO TERRITÓRIO SERTÃO DO ARARIPE

Jose Washington Gomes Coriolano

Lucia Marisy Souza Ribeiro de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1502317115>

SOBRE O ORGANIZADOR78

ÍNDICE REMISSIVO79

RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL DO PLANO DE LOGÍSTICA SUSTENTÁVEL DO TRT19^a - ANO BASE 2022

Data de aceite: 01/11/2023

Emanoel Ferdinando da Rocha Júnior

Membro da Comissão do PLS
Maceió/AL
<http://lattes.cnpq.br/9478391371115388>

Flávia Caroline Fonseca Amorim

Membro da Comissão do PLS
Maceió/AL
<http://lattes.cnpq.br/6066939256304977>

Thiago Camelo Fonseca

Membro da Comissão do PLS
Maceió/AL

Victor Rezende Dorea

Membro da Comissão do PLS
Maceió/AL
<http://lattes.cnpq.br/6988066731531405>

Marcus Paulo Veríssimo de Souza

Presidente da Comissão do PLS
Maceió/AL

Flávio Luiz da Costa

Juiz do Trabalho
Juiz Auxiliar da Presidência do TRT19
Maceió
<http://lattes.cnpq.br/3910654410505298>

O Plano de Logística Sustentável (PLS) do TRT19 https://asp1.trt19.jus.br/docspdf/rhdocs/BOLETIM_20220425093747111.PDF, principal instrumento da política de responsabilidade socioambiental, está alinhado ao Plano Estratégico Institucional 2021-2026 e aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU – Agenda 2030. O novo PLS definiu objetivos e responsabilidades, bem como ações, metas, prazos de execução, mecanismos de monitoramento e avaliação de resultados, permitindo estabelecer e acompanhar práticas de sustentabilidade, racionalização e qualidade, visando a uma melhor eficiência do gasto público e da gestão dos processos de trabalho, considerando a visão sistêmica do órgão.

Em atendimento ao comando do art. 10 da Resolução nº 400/2021 do CNJ, o Tribunal Regional do Trabalho da 19ª Regional consolidou os resultados do ano de 2022 nos tópicos a seguir:

Consolidação dos resultados alcançados;

Indicador			
1 - Papel			
Definição			
Índice de racionalização de consumo de papel.			
Unidade medida	Resultado 2021	Meta para 2022	Resultado 2022
Resmas	535	2287	780
Ações 2022			
<ul style="list-style-type: none"> - realização de diligências junto às unidades do TRT19, a fim de identificar processos de trabalho e respectivos materiais utilizados (aspectos quantitativos e qualitativos). Esta ação será continuada em 2023; - elaboração de relatório de dados de consumo de papel por unidade, sob a forma de planilha, ordenada do maior para o menor, estabelecendo um ranking de consumo das unidades administrativas e judiciais do TRT19; - fixação de quotas de consumo para cada unidade, com redução de 10% da média obtida nos últimos três anos (2019, 2020 e 2021). 			

Indicador			
2 - Copos descartáveis			
Definição			
Índice de racionalização de consumo de copos plásticos descartáveis para água e café			
Unidade medida	Resultado 2021	Meta para 2022	Resultado 2022
Centos – Água	383	515	526
Centos – Café	87	165	122
Centos - TOTAL	470	680	648
Ações 2022			
<ul style="list-style-type: none"> - Realização de diligências para identificar as unidades do Regional que funcionam com atendimento direto ao público. - Elaboração de estudo sobre o consumo de copos descartáveis nas unidades, para a fixação de metas com base nas médias de consumo nos anos de 2019, 2020 e 2021. 			

Indicador			
3 - Água potável envasada em embalagens retornáveis			
Definição			
Índice de racionalização do consumo de água em embalagens retornáveis (garrafão com 20 litros)			
Unidade medida	Resultado 2021	Meta para 2022	Resultado 2022
Garrafões	2586	--	3393
Ações 2022			
<ul style="list-style-type: none"> - Elaboração de estudo de consumo de água envasada no TRT19. - Realização de oficina de trabalho com as unidades envolvidas para estabelecer metas para o ano de 2022. 			

Indicador			
4 - Impressão			
Definição			
Índice de racionalização da quantidade de impressões.			
Unidade medida	Resultado 2021	Meta para 2022	Resultado 2022
Quantidade de impressões	267.500	1.143.450	391.000
Ações 2022			
<ul style="list-style-type: none"> - Realização de um estudo/diagnóstico acerca da real necessidade de impressoras nas unidades deste TRT. - Realização de estudo para apontar a melhor metodologia de medição da quantidade de impressões, que irá direcionar a adoção de uma solução open source, como Linux lqquotas, a ser adicionada no PDTIC de 2023. 			

Indicador			
5 - Energia elétrica			
Definição			
Índice de racionalização do consumo de energia elétrica.			
Unidade medida	Resultado 2021	Meta para 2022	Resultado 2022
Kw	1.409.305	1.944.941,65	1.776.687,68
KW/m²	32,90	78,69	38,52
Ações 2022			
<ul style="list-style-type: none"> - Realização de campanhas de educação para o consumo de energia elétrica. - Modernização do Parque de Eletricidade do TRT19, a fim de reduzir o consumo de energia elétrica decorrente da obsolescência das instalações e equipamentos atualmente em uso. 			

Indicador			
6 – Água e esgoto			
Definição			
Índice de racionalização do consumo de água.			
Unidade medida	Resultado 2021	Meta para 2022	Resultado 2022
M³	7.073	8.485,33	6.838
M³/m²	0,16	0,29	0,15
Ações 2022			
<ul style="list-style-type: none"> - Criação de programa permanente de educação para o consumo, com ações sistemáticas de comunicação e orientação à Comunidade 19. 			

Indicador			
7 – Gestão de resíduos			
Definição			
Índice de destinação de resíduos sólidos			
Unidade medida	Resultado 2021	Meta para 2022	Resultado 2022
Papel/kg	3.570		3.053
Plástico/kg	852		1.723
Metal/kg	296		746
Vidro/kg	218		258
Coleta geral/kg	4.936		5.780
Eletroeletrônicos/kg	0		510
Suprimentos de impressão/kg	0		96
Pilhas e baterias/kg	0		0
Lâmpadas/unidades	524		902
Resíduos de saúde/kg	38		76
Obras e reforma/kg	33.325		275.000
Ações 2022			
<ul style="list-style-type: none"> - Realização de campanha de sensibilização, informação e capacitação acerca da correta operacionalização da coleta seletiva, de conformidade com o Plano de Gestão de Resíduos Sólidos. - Inclusão de tópico obrigatório nos Estudos Técnicos Preliminares para contemplar a logística reversa nas contratações de materiais de informática e suprimentos de impressão. 			

Indicador			
8 – Reformas e leiaute			
Definição			
Reformas e construções			
Unidade medida	Resultado 2021	Meta para 2022	Resultado 2022
Reforma/reais	715.174,74	1.819.127,47	528.750,92
Construção/reais	0		0
Ações 2022			
<ul style="list-style-type: none"> - Fixação de cronograma de reuniões para avaliação dos resultados , ajustes e correções de rumos, com o objetivo de reduzir os custos com alterações de leiaute. - Elaboração de Plano de Manutenção, Reformas e Alterações de Layouts. 			

Indicador			
9 - Limpeza			
Definição			
Gastos com contrato de limpeza			
Unidade medida	Resultado 2021	Meta para 2022	Resultado 2022
Limpeza/reais	1.221.984,36		1.324.516,17
Área contratada/m²	39.386		39.386
Reais/m²	31,02		33,63
Gasto com material de limpeza	7.843,04		8.947,80
Ações 2022			
<ul style="list-style-type: none"> - Realização de diagnóstico acerca do cumprimento do contrato de limpeza; - Identificação de todos os materiais/produtos tóxicos utilizados durante a prestação do serviço de dedetização; - Elaboração de parecer médico de segurança do trabalho acerca da conduta de magistrados e servidores durante e após a aplicação de inseticidas nas unidades deste TRT; 			

Indicador			
10 - Vigilância			
Definição			
Gastos com vigilância armada e desarmada			
Unidade medida	Resultado 2021	Meta para 2022	Resultado 2022
Gasto com vigilância/reais	3.714.298,03		4.107.293,65
Quantidade de pessoas contratadas para o serviço de vigilância/numero de trabalhadores	74		77
Gasto médio com contrato de vigilância armada e desarmada/reais por pessoa	50.193,22		53.341,48
Ações 2022			
<ul style="list-style-type: none"> - Realização de estudos acerca das opções mercadológicas à disposição do TRT19 para aprimoramento dos serviços de vigilância e diminuição dos custos – eficiência operacional. 			

Indicador**11 - Veículos****Definição**

Índice de racionalização da frota de veículos.

Unidade medida	Resultado 2021	Meta para 2022	Resultado 2022
Quilometragem/km	54.489		94.727
Quantidade de veículos a gasolina etanol e flex/nº de veículos	18		11
Quantidade de veículos a diesel/nº de veículos	3		4
Quantidade de veículos movidos por fontes alternativas/nº de veículos.	0		0
Quantidade total de veículos	21		15
Quantidade de veículos de serviço/nº veículos.	9		7
Usuários por veículo de serviço/pessoa por veículo	35,6		75,57
Quantidade de veículos destinados à locomoção de magistrados/nº de veículos	12		8
Usuários por veículo destinado a locomoção de magistrado/magistrado veículo	4,22		6,5
Gasto com manutenção de veículo/reais	73.801,85		79.698,09
Gasto relativo com manutenção por veículo/reais veículo	3.514,37		3.795,15

Ações 2022

- Elaboração de diagnóstico da gestão da frota de veículos do Regional.
- Redução da frota do Regional.

Indicador			
12 – Combustíveis			
Definição			
Índice de redução do consumo de combustíveis (gasolina e diesel)			
Unidade medida	Resultado 2021	Meta para 2022	Resultado 2022
Consumo de gasolina/litro	3.622,39		8.416,64
Consumo de diesel/litro	3.278,75		2.898,98
Consumo de gasolina por veículo/litros por veículo	201,22		765,14
Consumo de diesel por veículo/litros por veículo	1.092,67		724,75
Gasto com combustíveis/reais	37.727,00		100.696,97
Ações 2022			
<ul style="list-style-type: none"> - Adoção do critério de melhor aproveitamento por km/rodado do veículo, reunindo demandas de várias unidades no momento de designação do uso. - Realização de oficina de trabalho com as unidades envolvidas para aprimoramento dos processos de trabalho e melhoria dos serviços de transporte no TRT19. 			

Indicador			
13 – Qualidade de vida no trabalho			
Definição			
Índice de participação nas ações de QVT			
Unidade medida	Resultado 2021	Meta para 2022	Resultado 2022
Participações em ações de qualidade de vida/nº de participantes	119	1.454	826
Quantidade de ações de qualidade de vida/nº de ações realizadas	4	11	11
Participações em ações solidárias/nº de participantes	393		660
Quantidade de ações solidárias/nº de ações realizadas	2	12,67	14
Ações 2022			

Qualidade de vida:

- Campanha janeiro branco
- Campanha de vacinação contra a gripe
- Dia nacional de prevenção e combate à pressão arterial
- Postagem sobre os benefícios da corrida
- Setembro amarelo (trt19)
- Setembro amarelo (campanha nacional)
- Outubro rosa
- Postagem sobre arboviroses
- Novembro azul
- Oficina de culinária saudável
- Saúde bucal

Solidárias:

- Vacinação solidária: doação de alimentos pelos vacinados.
- Arrecadação de donativos para vítimas das enchentes.
- Rifa solidária.
- Parceria TRT-19, MPT: arrecadação e entrega de mais de 12 toneladas de donativos à Cruz Vermelha.
- Arrecadação de lenços para pacientes com câncer do Hospital Universitário.
- Entrega de donativos a entidades filantrópicas: Casa de Ranquines e Lar do Bom Samaritano.
- Arrecadação solidária da Corrida e Caminhada TRT-19 Trabalho Seguro.
- Entrega de donativos arrecadados na corrida.
- Natal Solidário: adote uma cartinha e realize o sonho de uma criança.
- Doação de 800 fraldas geriátricas em instituição filantrópica: Casa do Pobre.
- Promoção de festa natalina para crianças venezuelanas: Casa Ranquines.
- Arrecadação e entrega de donativos para as vítimas das enchentes.
- Arrecadação e entrega de três toneladas de alimentos doados às vítimas das enchentes.
- Campanha humanitária em prol das vítimas das enchentes.

Indicador			
14 – Capacitação socioambiental			
Definição			
Capacitação em sustentabilidade			
Unidade medida	Resultado 2021	Meta para 2022	Resultado 2022
Ações de capacitação em sustentabilidade/nº de ações realizada	0		0
Ações de sensibilização em sustentabilidade/nº de ações realizadas	0		3
Participação em capacitação em sustentabilidade/nº de participantes	0		0
Ações 2022			
<ul style="list-style-type: none">- Campanha sobre o correto descarte de medicamentos.- Campanha para o consumo eficiente de energia elétrica.- Campanha de conscientização de dia nacional do meio ambiente.			

Indicador			
15 – Compras sustentáveis			
Definição			
Aquisições e contratações			
Unidade medida	Resultado 2021	Meta para 2022	Resultado 2022
Aquisições e contratações realizadas no período base/nº de contratos celebrados	90	94,5	114
Aquisições e contratações sustentáveis realizadas no período base/nº de contratos celebrados	40	42	47
Percentual de aquisições e contratações sustentáveis sobre a totalidade	44,44	46,66	41,23
Ações 2022			
<ul style="list-style-type: none"> - Elaboração de guias personalizados de sustentabilidade das contratações para as unidades demandantes de aquisições de produtos e serviços do TRT19; - Padronização dos modelos de Termo de Referência incluindo tópicos obrigatórios de sustentabilidade da contratação e respectiva justificativa. 			

Destaques:

Devem ser destacados alguns resultados alcançados pelo Regional, especialmente quando comparados com o consumo do ano de 2019, exercício sem interferência da Pandemia da Covid-19:

- Redução de cerca de 70% no consumo de papel e na quantidade de impressões;
- Redução de aproximadamente 55% no consumo de copos de plástico;
- Redução de 14% no consumo de energia elétrica e de 22% no consumo de água e esgoto;
- Redução da frota de veículos do Tribunal em 32%;
- Realização de 25 ações de qualidade de vida realizadas, logo no primeiro ano pós-pandemia.

Identificação das ações a serem desenvolvidas ou modificadas para o ano subsequente:

Em 2023, será realizada uma nova rodada de oficinas de trabalho com as unidades envolvidas, com a finalidade de revisar o Plano de Logística Sustentável, estabelecendo novas metas de consumo e propor novas ações para aumentar a eficiência do TRT19, gerando os melhores resultados de forma sustentável, nos eixos econômico, ambiental, social e cultural.

Maceió, 17 de fevereiro de 2023.

Emanoel Ferdinando da Rocha Júnior – Membro

<http://lattes.cnpq.br/9478391371115388>

Flávia Caroline Fonseca Amorim – Membro

<http://lattes.cnpq.br/6066939256304977>

Victor Rezende Dorea – Membro

<http://lattes.cnpq.br/6988066731531405>

Thiago Camelo Fonseca - Membro

Marcus Paulo Veríssimo de Souza – Presidente da Comissão do PLS

Flávio Luiz da Costa – Juiz do Trabalho – Juiz Auxiliar da Presidência do TRT19

<http://lattes.cnpq.br/3910654410505298>

Secretaria de Governança e Gestão Estratégica/Socioambiental

Tribunal Regional do Trabalho 19ª Região

COMISSÃO GESTORA DO PLS

Tribunal Regional do Trabalho 19ª Região

CAPÍTULO 2

LIMITAÇÕES NA CHUVA DE SEMENTES E A AUTOPERPETUAÇÃO DE PLANTAÇÕES DE BAMBU ABANDONADAS EM ÁREAS RIPÁRIAS DE FLORESTA SUBTROPICAL: SUBSÍDIOS PARA A RESTAURAÇÃO

Data de aceite: 01/11/2023

Betina Camargo

Universidade Federal de Santa Maria,
Centro de Ciências Agrárias, Depto.
Engenharia Florestal, Núcleo de Estudos
e Pesquisas em Áreas Degradadas
(NEPRADE), Santa Maria, RS

Ana Paula Moreira Rovedder

Universidade Federal de Santa Maria,
Centro de Ciências Agrárias, Depto.
Engenharia Florestal, Núcleo de Estudos
e Pesquisas em Áreas Degradadas
(NEPRADE), Santa Maria, RS

Roselene Marostega Felker

Universidade Federal de Santa Maria,
Centro de Ciências Agrárias, Depto.
Engenharia Florestal, Núcleo de Estudos
e Pesquisas em Áreas Degradadas
(NEPRADE), Santa Maria, RS

Djoney Procknow

Universidade Federal de Santa Maria,
Centro de Ciências Agrárias, Depto.
Engenharia Florestal, Núcleo de Estudos
e Pesquisas em Áreas Degradadas
(NEPRADE), Santa Maria, RS

Bruna Balestrin Piaia

Universidade Federal de Santa Maria,
Centro de Ciências Agrárias, Depto.
Engenharia Florestal, Núcleo de Estudos
e Pesquisas em Áreas Degradadas
(NEPRADE), Santa Maria, RS

Maureen de Moraes Stefanello

Universidade Federal de Santa Maria,
Centro de Ciências Agrárias, Depto.
Engenharia Florestal, Núcleo de Estudos
e Pesquisas em Áreas Degradadas
(NEPRADE), Santa Maria, RS

Jéssica Puhl Croda

Universidade Federal de Santa Maria,
Centro de Ciências Agrárias, Depto.
Engenharia Florestal, Núcleo de Estudos
e Pesquisas em Áreas Degradadas
(NEPRADE), Santa Maria, RS

Guilherme Diego Fockink

Universidade Federal de Santa Maria,
Centro de Ciências Agrárias, Depto.
Engenharia Florestal, Núcleo de Estudos
e Pesquisas em Áreas Degradadas
(NEPRADE), Santa Maria, RS

RESUMO: Compreender o fluxo de propágulos que chegam por meio da chuva de sementes é fundamental para determinar a dinâmica populacional de plantas em habitats alterados. A dominância de bambu pode afetar negativamente o recrutamento e a sobrevivência de árvores, além de limitar a chuva de sementes, o que interfere na sucessão natural da floresta.

Nosso estudo avaliou os padrões de chuva de sementes em um remanescente de floresta estacional semidecidual e em plantações de bambu abandonadas há 60 anos, ambas em áreas ripárias no sul do Brasil, inseridas em um mosaico com fragmentos de floresta nativa e silvicultura. Nas áreas de plantações de bambu abandonadas a chuva de sementes foi significativamente alterada, apresentando menor riqueza de espécies e densidade de sementes em comparação com a floresta nativa. A composição de espécies também diferiu da floresta nativa. Com base nas diversas mudanças observadas na chuva de sementes em plantações de bambu abandonadas, como a redução drástica na densidade de sementes (97%), concluímos que apesar da proximidade com fragmentos de vegetação nativa, a chuva de sementes é limitada nessas áreas, e assim, inibe o processo de regeneração da vegetação nativa, contribuindo para o ciclo de autoperpetuação da dominância de bambu.

PALAVRAS-CHAVE: Dominância de bambu; Dispersão de sementes; Grupos funcionais; *Bambusa tuldooides*; Floresta subtropical

LIMITATIONS ON SEED RAIN AND THE SELF-PERPETUATION OF ABANDONED BAMBOO PLANTATIONS IN RIPARIAN AREAS OF SUBTROPICAL FOREST: SUBSIDIES FOR RESTORATION

ABSTRACT: Understanding the flow of propagules that arrive through seed rain is essential to determine the population dynamics of plants in altered habitats. Bamboo dominance can negatively affect tree recruitment and survival, in addition to limiting seed rain, which interferes with natural forest succession. Our study evaluated seed rain patterns in a semideciduous seasonal forest remnant and in bamboo plantations abandoned 60 years ago, both in riparian areas in southern Brazil, inserted in a mosaic with fragments of native forest and forestry. In areas of abandoned bamboo plantations, seed rain was significantly altered, showing lower species richness and seed density compared to the native forest. The species composition also differed from the native forest. Based on the various changes observed in seed rain in abandoned bamboo plantations, such as the drastic reduction in seed density (97%), we conclude that despite the proximity to fragments of native vegetation, seed rain is limited in these areas, and thus, it inhibits the regeneration process of native vegetation, contributing to the self-perpetuating cycle of bamboo dominance.

KEYWORDS: Bamboo dominance; Seed dispersal; Functional groups; *Bambusa tuldooides*; subtropical forest.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o cultivo e manejo sustentável de bambus exóticos têm sido incentivados por uma política nacional estabelecida pela Lei nº 12.484 (Brasil, 2011). O bambu se destacou nas últimas décadas como um recurso renovável, principalmente devido às suas características de crescimento rápido, propriedades físicas e valor econômico (Buziquia et al., 2019). Algumas espécies de bambu dos gêneros *Bambusa* Schreb., *Dendrocalamus* Nees e *Phyllostachis* Siebold & Zucc são cultivadas em algumas regiões do Brasil para fins econômicos (Sanquetta et al., 2017).

No sul do Brasil, áreas de floresta nativa foram convertidas para o cultivo da espécie exótica *Bambusa tuldoides* Munro na década de 1960, sendo posteriormente abandonadas e dominadas pela espécie desde então (Felker et al., 2017). Algumas dessas plantações abandonadas ocupam áreas ripárias, protegidas pela legislação brasileira como Áreas de Preservação Permanente (Brasil, 2012). As áreas ripárias são zonas de interações físicas e bióticas diretas entre os ecossistemas terrestres e aquáticos. A vegetação nessas áreas desempenha um papel importante na conservação dos recursos hídricos, atuando na estabilização de encostas, contenção de sedimentos e manutenção da permeabilidade do solo (Zaimes et al., 2019). Além disso, elas garantem o escoamento de água e o controle da erosão por meio dos efeitos das raízes das plantas e da agregação do solo (Bronick & Lal, 2005; Kimura et al., 2017).

A persistência de espécies exóticas por longos períodos de tempo, como observado para *B. tuldoides* no sul do Brasil, está associada à falta de recrutamento de espécies nativas (Wolfe et al., 2019). Fatores como competição por recursos (por exemplo, luminosidade, espaço, nutrientes, etc.) e limitação de mecanismos de dispersão (por exemplo, disponibilidade de fauna dispersora de sementes e fontes de propágulos) podem contribuir para esse cenário (Muller-Landau et al., 2002).

A maioria dos estudos sobre dispersão de sementes está restrita a plantações de árvores, como plantações de eucalipto (Procknow et al., 2020), sendo escassos os estudos com monoculturas e/ou dominância de bambu. Ao contrário do eucalipto, as espécies de bambu, quando cultivadas, formam um dossel denso que sombreia o sub-bosque, restringindo a regeneração natural a espécies adaptadas a essa condição de luz (Felker et al., 2017). Além disso, a competição física por espaço também dificulta o desenvolvimento das espécies nativas (Felker et al., 2017).

Monoculturas interferem nos padrões de dispersão de sementes, alterando a dispersão anemocórica devido às mudanças na velocidade do vento e na turbulência (Procknow et al., 2020), assim como podem alterar a dispersão zoocórica, levando à homogeneização do micro-habitat e criando um ambiente pouco atrativo para a fauna dispersora de sementes devido à baixa disponibilidade de recursos alimentares (Vespa et al., 2018). Portanto, mesmo próximo a remanescentes de vegetação natural, a colonização dessas plantações de bambu por espécies nativas pode ser difícil.

A chuva de sementes compreende o processo de movimentação de sementes e frutos que chegam a um local determinado como resultado de diferentes mecanismos de dispersão (Booth & Larson, 1998). A importância da densidade e composição florística da chuva de sementes que chega às plantações de bambu abandonadas ainda é desconhecida. Essas informações podem ajudar a entender quais fatores (por exemplo, mecanismos de dispersão, grupos ecológicos de sementes dispersas, entre outros) podem influenciar a auto-perpetuação da dominância do bambu e apoiar alternativas de manejo.

Neste artigo, examinamos se a composição e abundância de chuva de sementes poderia ser um dos fatores que contribuem para o ciclo auto-perpetuador das plantações de *B. tuldoides* abandonadas há 60 anos em áreas ripárias do sul do Brasil. Especificamente, testamos as hipóteses de que, em plantações de *B. tuldoides* abandonadas: (i) a riqueza e a abundância de sementes são menores; (ii) a dispersão de sementes é menos eficiente; (iii) a composição florística da chuva de sementes é alterada. Para isso, comparamos a chuva de sementes em um local com plantações de bambu abandonadas e um local com floresta ripária nativa com vegetação secundária.

MATERIAIS E MÉTODOS

Áreas de estudo

Este estudo foi realizado em áreas ripárias no estado do Rio Grande do Sul, sul do Brasil. A vegetação natural é Floresta Estacional Semidecidual, campos e vassoural (Rovedder, 2013; Overbeck et al., 2015; Guarino et al., 2018). A paisagem apresenta uma combinação de vegetação nativa, plantações de *Eucalyptus* spp. e manchas de *B. tuldoides*, um grande bambu lenhoso, nativo do continente asiático. Essas manchas de bambu são resultado de plantações abandonadas há aproximadamente 60 anos. Sua expansão foi, possivelmente, facilitada pela fragmentação florestal, proporcionada pela conversão de áreas naturais para a silvicultura e/ou por distúrbios naturais (por exemplo, aberturas causadas por queda de árvores). Essa espécie de bambu está presente tanto em áreas de produção de eucalipto quanto em áreas de preservação ambiental, configurando um problema de manejo ambiental para a região (Felker et al., 2017).

O tipo de clima regional é classificado como Cfa de acordo com a classificação climática de Köppen, descrito como subtropical úmido, com verões quentes e sem estação seca definida. A temperatura média do mês mais frio é de 16,8 °C, e a temperatura média do mês mais quente é de 24,2 °C. A precipitação mensal varia entre 74 mm e 300 mm, e a altitude média é de 154 m em relação ao nível do mar (Alvares et al., 2013). Os solos predominantes são Cambissolos Hápicos (Felker et al., 2017). Foram selecionadas duas áreas ripárias para este estudo, conforme descrito a seguir:

a) Floresta nativa: Um remanescente de floresta estacional semidecidual com cerca de 100.000 m², sem dominância de bambu. O local foi incluído como o ecossistema de referência, apresentando sucessão ecológica em estágio avançado, com altura média do dossel de 19 m. A abertura do dossel era de 5,5%. As principais espécies encontradas na regeneração natural são *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg, *Myrcia glabra* (O.Berg) D. Legrand, *Eugenia uruguayensis* Cambess., *Myrcia multiflora* (Lam.) DC. e *Trichilia elegans* A. Juss. (Felker et al., 2017).

b) Plantação de bambu: Plantação de *B. tuldooides* abandonada há 60 anos, com 20.000 m². Essas áreas eram florestas ripárias, suprimidas e substituídas por *B. tuldooides*. Essa espécie domina o local e ocupa o estrato superior da vegetação. A altura média do bambu é de 17 m e a densidade média de 1200 colmos.100m⁻² (Felker et al., 2017). O critério para definir a dominância do bambu em remanescentes florestais foi de 10 colmos.100m⁻² (Griscom e Ashton, 2003), o que evidencia o alto nível de dominância de bambu no local de estudo. A abertura do dossel era de 5,5% (Felker, 2017). As principais espécies arbóreas encontradas no sub-bosque são *Myrsine umbellata* Mart., *Cupania vernalis* Cambess., *Trichilia elegans* A. Juss., *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. O. Berg e *Chrysophyllum marginatum* (Hook. & Arn.) Radlk.

Desenho da amostra e coleta de dados

Avaliamos a chuva de sementes em armadilhas de 1 m², que foram feitas com malha de nylon de 0,5 mm fixada em estruturas de madeira, totalizando 10 armadilhas de sementes em cada local. As armadilhas de sementes foram estabelecidas com uma distância de aproximadamente 20 m entre cada uma no mesmo local e aproximadamente 50 m entre a plantação de bambu e o local de floresta nativa.

Coletamos todo o material depositado nas armadilhas de sementes trimestralmente, durante um ano, de janeiro a dezembro de 2015, considerando todos os propágulos (sementes e frutos) como chuva de sementes.

Classificamos os propágulos em morfoespécies e os identificamos no nível taxonômico mais alto possível. Fizemos isso com a ajuda de bibliografias específicas (Barroso et al., 2004, Souza Junior e Brancalion, 2016) e por comparação com material depositado no **Herbário** da Universidade Federal de Santa Maria. A nomenclatura botânica seguiu a Lista de Espécies da Flora do Brasil (Flora e Funga do Brasil, 2020). Em seguida, contamos os indivíduos de cada morfoespécie.

As sementes foram classificadas de acordo com os mecanismos de dispersão em bióticos (ou seja, zoocoria) e abióticos (ou seja, anemocoria e autoicoria). Classificamos os mecanismos de dispersão (biótico vs. abiótico) com base na literatura especializada (por exemplo, Howe e Smallwood, 1982, Van der Pijl, 1982) e nas características morfológicas das sementes (ou seja, características para dispersão pela fauna, como frutos carnosos, ou dispersão pelo vento ou gravidade quando as sementes têm estruturas ou formas que facilitam o deslizamento ou voo).

Análise de dados

Realizamos o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade ($p > 0,05$) e o teste de Levene para verificar a homogeneidade da variância ($p > 0,05$) para as variáveis. Os dados foram transformados logaritmicamente quando não atenderam às suposições.

Realizamos a ANOVA unidirecional ($p < 0,05$), seguida pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), para comparar a floresta nativa e a plantação de bambu quanto à riqueza, abundância, diversidade de Shannon, equabilidade de Pielou, número de sementes por mecanismo de dispersão (biótico e abiótico) e número de sementes por grupos ecológicos (pioneiros e não pioneiros). As análises foram processadas no programa R (R Development Core Team, 2019).

Construímos curvas de abundância relativa para comparar a chuva de sementes por espécie entre os locais. Para isso, a abundância de cada morfoespécie foi transformada logaritmicamente e apresentada em um plano bidimensional do mais abundante ao menos abundante (Magurran, 1988).

Comparamos a riqueza e densidade de morfoespécies entre os locais com plantação de bambu e floresta nativa usando curvas de rarefação de espécies baseadas em amostras (número de armadilha de sementes) e baseadas em número de indivíduos (sementes) por área. O escalonamento das curvas de rarefação pelo número de indivíduos amostrados ou pelo número de amostras fornece estimativas de riqueza de espécies e densidade de espécies, respectivamente, que são duas métricas contrastantes de diversidade (Gotelli e Colwell, 2001). Intervalos de confiança de 95% não sobrepostos foram usados como critério para diferenças significativas entre os locais (Wolfe et al., 2019). As análises foram processadas no programa R (R Development Core Team, 2019) com a função iNEXT do pacote iNEXT (Hsieh et al., 2016).

Verificamos diferenças na composição florística entre as áreas, usando escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) com um ajuste bidimensional (Clarke, 1993), usando um índice de Bray-Curtis. Além disso, avaliamos a similaridade na composição da chuva de sementes entre as áreas com a Análise de Variância de Permutação Multivariada (PERMANOVA) (Anderson e Walsh, 2013). As análises foram processadas no programa R (R Development Core Team, 2019).

RESULTADOS

O número total de sementes amostradas foi de 3.625 distribuídas em 53 morfoespécies. Dessas, 34 foram identificadas pelo menos no nível de família botânica. O número de sementes amostradas na floresta nativa (3.524 sementes) foi significativamente maior do que na plantação de bambu (101 sementes) pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) (Tabela 1).

A curva de rarefação, quando escalonada a partir do número máximo de indivíduos que permitiu a comparação entre o número de indivíduos por área (101 sementes), mostrou menor densidade de espécies na chuva de sementes para a plantação de bambu do que na floresta nativa (Figura 1A). Quando a curva de rarefação foi escalonada a partir do número de amostras (Figura 1B), também mostrou menor riqueza na plantação de bambu.

	Floresta Nativa	Plantação de bambu	p (0,05)
Riqueza(S)	51 a*	14 b	0,043
Abundância	3.524 a	101 b	0,017
Shannon (H')	2.171 a	2.106 a	0.839
Pielou (J')	0.555 a	0.798 b	0.000

* Valores seguidos de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 1: Comparação entre floresta nativa e plantação de bambu quanto à riqueza, abundância, diversidade e uniformidade da chuva de sementes no Sul do Brasil.

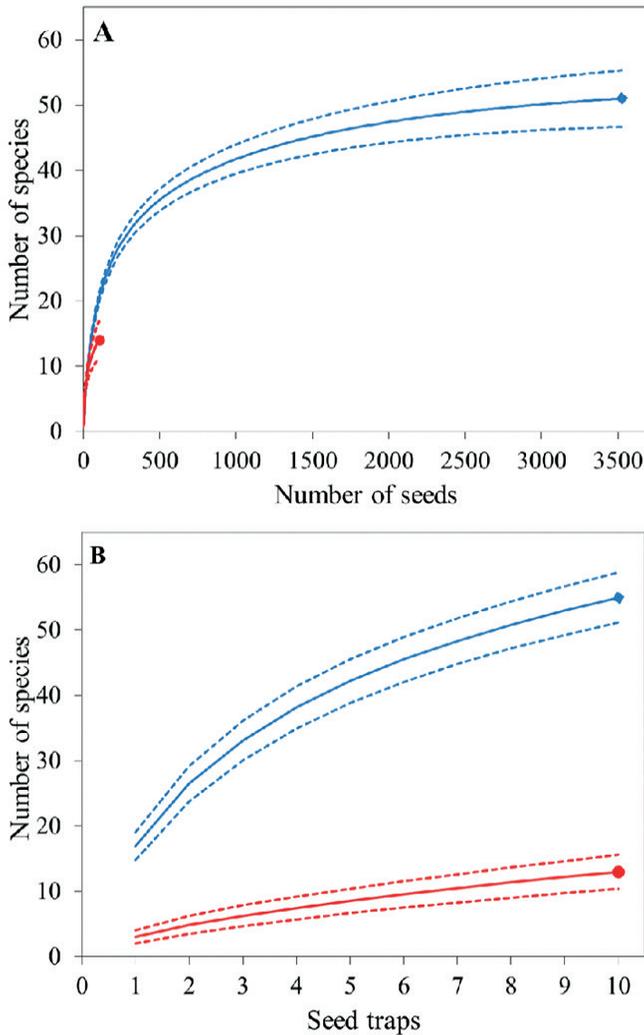


Figure 1. Curvas de rarefação de espécies da chuva de sementes em floresta nativa (◆) e na plantação de bambu (*Bambusa tuldooides*) (●) no sul do Brasil, dimensionado para (A) número de sementes amostradas e (B) número de armadilhas de sementes. As linhas pontilhadas representam os intervalos de confiança de 95%.

As curvas de abundância relativa (Figura 2) mostraram que a chuva de sementes era dominada por poucas morfoespécies, enquanto a maioria das morfoespécies ocorria em baixa abundância em ambas as áreas. Além disso, cinco espécies foram responsáveis por 75% e 80% da chuva de sementes na floresta nativa e na plantação de bambu, respectivamente (Figura 2). *Myrsine coriacea* apresentou um número considerável de sementes em ambos os locais, totalizando 1.759 sementes. Esta espécie representou 50% da chuva de sementes na floresta nativa (1.740 sementes) e 20% da chuva de sementes na plantação de bambu (19 sementes). *Chomelia obtusa*, Myrtaceae 1 e *Gymnanthes klotzschiana* foram espécies abundantes na floresta nativa, mas não ocorreram na plantação de bambu.

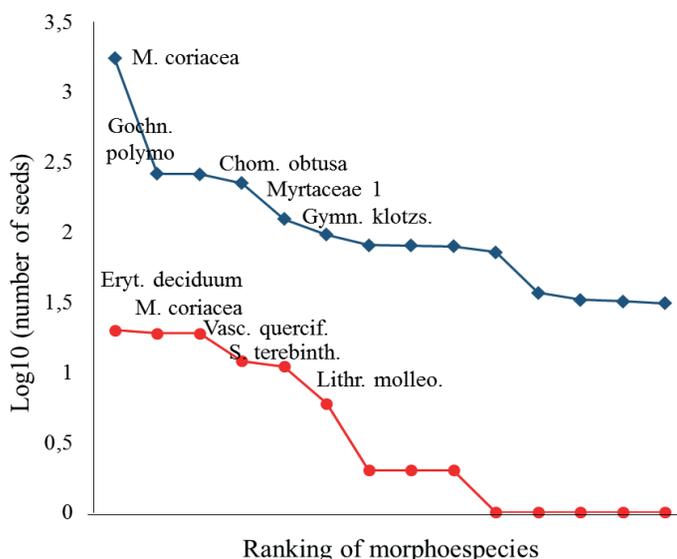


Figure 2. Curvas de abundância relativa de sementes para morfoespécies amostradas em floresta nativa (♦) e plantação de bambu (●). *M. coriacea*: *Myrsine coriacea*, Gochn. Polymo.: *Gochnatia polymorpha*, Chom. Obtusa: *Chomelia obtusa*, Myrtaceae 1: Myrtaceae 1, Gymn. klotzs.: *Gymnanthes klotzschiana*; Eryt. deciduum: *Erythroxylum deciduum*, Vasc. quercif.: *Vasconcellea quercifolia*, S. terebinth: *Schinus terebinthifolius* and Lithr. molleo.: *Lithraea molleoides*.

A maioria das sementes pertencia ao grupo de espécies pioneiras em ambas as áreas (Figura 3). No entanto, o número de sementes de espécies pioneiras e não pioneiras diferiu entre a plantação de bambu e a floresta nativa. A dispersão biótica foi predominante, mas o número de sementes dispersas por mecanismos bióticos e abióticos diferiu entre os plantação de bambu e floresta nativa (Figura 3).

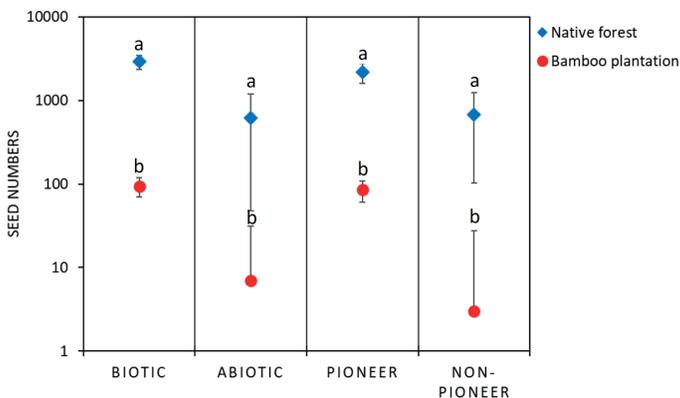


Figure 3: Mecanismos de dispersão biótica e abiótica e grupo ecológico pioneiro e não pioneiro de espécies de chuva de sementes em floresta nativa e plantação de bambu no bioma Pampa, sul do Brasil. Diferentes letras minúsculas denotam diferenças significativas em comparações post hoc de pares (Tukey's HSD, $\alpha < 0.05$).

A floresta nativa apresentou 39 morfoespécies exclusivas (73%) e a plantação de bambu mostrou duas morfoespécies exclusivas (4%). Ambas compartilham 12 morfoespécies (23%). As parcelas da floresta nativa se distanciaram das parcelas de plantação de bambu na análise NMDS, o que gerou dois grupos (Figura 4). O valor obtido para o estresse foi de 17,17, indicando que a análise foi adequada ao conjunto de dados. O PERMANOVA ($F = 5,2; p = 0,002$) demonstrou que a composição florística da chuva de sementes diferiu entre a Floresta Nativa e a Plantação de bambu, comprovando a consistência dos grupos NMDS.

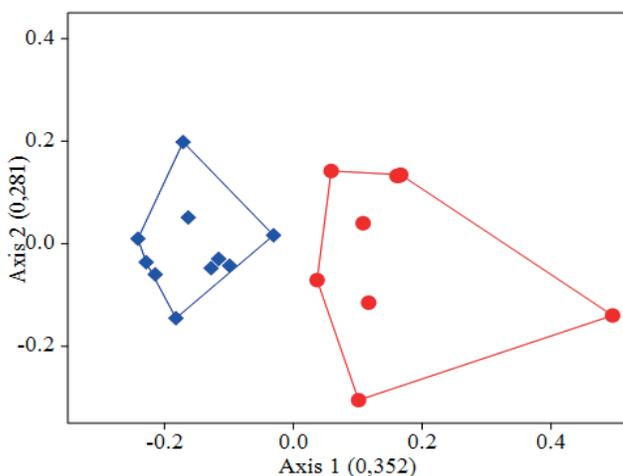


Figure 4. Gráfico de escala multidimensional não métrica (NMDS) baseado na similaridade de Jaccard e na composição de espécies da chuva de sementes na floresta nativa (♦) e na plantação de bambu (*Bambusa tuldooides*) (●) no sul do Brasil.

DISCUSSÃO

Com base nos resultados deste estudo, fica evidente que o bambu exerce uma influência significativa na limitação da chuva de sementes em áreas ripárias no sul do Brasil. A presença do bambu cria um ambiente desafiador para a dispersão de sementes, afetando a composição e a abundância da chuva de sementes. Esse comportamento pode impactar o potencial de regeneração natural a médio e longo prazo, o que pode ter contribuído para a manutenção da dominância do bambu por 60 anos.

A densidade do bambu e a dominância de dossel podem ser fatores que influenciam a exclusão de espécies. Em um estudo realizado por Grombone-Guaratini et al. (2014), o bambu reduziu a riqueza de espécies da chuva de sementes, mesmo que estivesse em baixa densidade e não ocupasse o dossel. Em nosso estudo, a diferença na riqueza de espécies e na composição florística da chuva de sementes entre a plantação de bambu e a floresta nativa sugere que a dominância do bambu está limitando a dispersão de sementes, mesmo que a Floresta Nativa e a Plantação de Bambu estejam no mesmo *pool* de espécies. Estudos demonstraram que a homogeneização do microclima causada pela dominância do bambu atua como um filtro ecológico, excluindo algumas espécies típicas da floresta subtropical (Felker et al., 2017).

O bambu age como uma barreira tanto para a dispersão biótica quanto para a dispersão abiótica de sementes. A sombra densa, a competição por recursos e a densidade populacional do bambu limitam a atratividade dessas áreas para a fauna dispersora de sementes, reduzindo assim a eficiência da dispersão biótica. Além disso, o bambu atua como uma barreira física para a dispersão abiótica, dificultando a chegada de sementes transportadas pelo vento. Como resultado, a densidade de sementes que chegam às áreas dominadas pelo bambu é drasticamente reduzida. É importante ressaltar que, embora a maioria das sementes na chuva de sementes seja composta por espécies pioneiras, o número total de sementes permanece extremamente baixo. Embora as espécies pioneiras estejam presentes, elas ainda enfrentam dificuldades em encontrar as condições adequadas de luz e espaço para se desenvolver sob o dossel de bambu.

Os resultados da composição florística da chuva de sementes também confirmaram nossa hipótese de que a dominância do bambu altera a composição da chuva de sementes. A clara separação entre as parcelas de plantação de bambu e a floresta nativa destacada pelo NMDS, sugere que as duas áreas têm comunidades de chuva de sementes distintas. Esses resultados indicam que a dominância do bambu está afetando negativamente a entrada de sementes de outras espécies na comunidade, o que pode dificultar a restauração ecológica dessas áreas. Além disso, ao longo de um período de 60 anos, não temos informações sobre eventos significativos de mortalidade do bambu que pudessem criar oportunidades para a regeneração natural de outras espécies. Esperava-se que, se ocorressem eventos de mortalidade do bambu, isso poderia favorecer a regeneração natural. No entanto, não

foi possível observar esse efeito, e a plantação de bambu permanece intacta.

Os resultados deste estudo têm implicações importantes para a restauração ecológica de áreas ripárias com plantações abandonadas de bambu, destacando a necessidade de estratégias de manejo que visem reduzir ou controlar o bambu e promover a dispersão de sementes por fauna para auxiliar na restauração dessas áreas.

CONCLUSÃO

O bambu representa um obstáculo importante para a chuva de sementes em áreas ripárias do sul do Brasil. Suas características, como sombra densa, competição por recursos e densidade populacional, criam barreiras que dificultam a entrada de sementes, tanto bióticas quanto abióticas. Isso resulta na predominância de espécies pioneiras na chuva de sementes, em detrimento das espécies maduras de floresta nativa. A redução na densidade de sementes que chegam às áreas dominadas pelo bambu não apenas compromete a regeneração natural desses ecossistemas, mas também afeta a disponibilidade de alimentos para a fauna. Esses resultados destacam a importância de estratégias de manejo e restauração para mitigar esses efeitos e promover a conservação da biodiversidade em áreas ripárias afetadas pelo bambu.

REFERÊNCIAS

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes Gonçalves, J. L., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Anderson, M. J., & Walsh, D. C. (2013). PERMANOVA, ANOSIM, and the Mantel test in the face of heterogeneous dispersions: what null hypothesis are you testing?. *Ecological monographs*, 83(4), 557-574. <https://doi.org/10.1890/12-2010.1>
- Barroso, G. M., Morim, M. P., Peixoto, A. L., & Ichaso, C. L. F. (2004). *Fruits and seeds: morphology applied to dicotyledonous systematics* (Portuguese). Viçosa: Ufv, 443.
- Braga, A. J. T., de Lima, E. E., & Martins, S. V. (2015). Seed rain in successional stages of seasonal semideciduous forest in Viçosa-MG (Portuguese). *Revista Árvore*, 39(3), 475-485. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000300008>
- Brasil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. (Accessed 13 July 2021).
- Brasil. Lei nº 12.484 de 2011 - Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu, 2011. Available in: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12484.htm. [Accessed 25 July 2021]
- Bona, K., Purificação, K. N., Vieira, T. B., & Mews, H. A. (2020). Fine-scale effects of bamboo dominance on seed rain in a rainforest. *Forest Ecology and Management*, 460, 117906. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117906>

- Booth BD, Larson DW. The role of seed rain in determining the assembly of a cliff community. *Journal of Vegetation Science* 1998; 9(5): 657-668. 10.2307/3237284
- Bronick, C. J., & Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124(1-2), 3-22.
- Buziquia, S. T., Lopes, P. V. F., Almeida, A. K., & de Almeida, I. K. (2019). Impacts of bamboo spreading: a review. *Biodiversity and conservation*, 28(14), 3695-3711.
- Catterall, C. P. (2018). Fauna as passengers and drivers in vegetation restoration: A synthesis of processes and evidence. *Ecological Management & Restoration*, 19, 54-62. <https://doi.org/10.1111/emr.12306>
- Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian journal of ecology*, 18(1), 117-143. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>
- Cornell, H. V., & Harrison, S. P. (2014). What are species pools and when are they important? *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 45, 45-67. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-120213-091759>
- Cubiña, A., & Aide, T. M. (2001). The effect of distance from forest edge on seed rain and soil seed bank in a tropical pasture 1. *Biotropica*, 33(2), 260-267. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2001.tb00177.x>
- Davies, G. M., & Gray, A. (2015). Don't let spurious accusations of pseudoreplication limit our ability to learn from natural experiments (and other messy kinds of ecological monitoring). *Ecology and Evolution*, 5(22), 5295-5304.
- de la Peña-Domene, M., Martínez-Garza, C., Palmas-Perez, S., Rivas-Alonso, E., & Howe, H. F. (2014). Roles of birds and bats in early tropical-forest restoration. *PLoS one*, 9(8), e104656.
- de Moraes Stefanello, M., Rovedder, A. P. M., Felker, R. M., Gazzola, M. D., Camargo, B., Piaia, B. B., ... & Procknow, D. (2021). Cattle rearing promotes changes in the structure and diversity of vegetation in a forest remaining in the Pampa biome. *Ecological Engineering*, 161, 106154.
- Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available in: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br> [Accessed 31 July 2021]
- Felker, R. M., Rovedder, A. P. M., Longhi, S. J., Araujo, E. F., Stefanello, M. D. M., & Peccatti, A. (2017). Impact of *Bambusa tuldoides* Munro (Poaceae) on forest regeneration. *Cerne*, 23(2), 275-282. <https://doi.org/10.1590/01047760201723022297>
- Fragoso, R. D. O., Carpanezzi, A. A., Koehler, H. S., & Zuffellato-Ribas, K. C. (2017). Barreiras ao estabelecimento da regeneração natural em áreas de pastagens abandonadas. *Ciência Florestal*, 27(4), 1451-1464. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509830331>
- Gotelli, N. J., & Colwell, R. K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology letters*, 4(4), 379-391. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x>
- Griscom, B. W., & Ashton, P. M. S. (2003). Bamboo control of forest succession: *Guadua sarcocarpa* in Southeastern Peru. *Forest Ecology and Management*, 175(1-3), 445-454. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00214-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00214-1)
- Grombone-Guaratini, M. T., Alves, L. F., Vinha, D., & Franco, G. A. D. C. (2014). Seed rain in areas with and without bamboo dominance within an urban fragment of the Atlantic Forest. *Acta Botanica Brasilica*, 28(1), 76-85. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062014000100008>

Guarino, E., Overbeck, G. E., Boldrini, I. I., Muller, S. C., Rovedder, A. P., de FREITAS, T. C., ... & Espindola, V. S. (2018). Espécies de plantas prioritárias para projetos de restauração ecológica em diferentes formações vegetais no bioma Pampa: primeira aproximação.

Holl, K. D. (2012). Restoration of tropical forests. *Restoration Ecology: The New Frontier*, 103-114.

Howe, H. F., & Smallwood, J. (1982). Ecology of seed dispersal. *Annual review of ecology and systematics*, 13, 201-228.

Kimura, A., Baptista, M. B., & Scotti, M. R. (2017). Soil humic acid and aggregation as restoration indicators of a seasonally flooded riparian forest under buffer zone system. *Ecological Engineering*, 98, 146-156.

Lima, R. A., Rother, D. C., Muler, A. E., Lepsch, I. F., & Rodrigues, R. R. (2012). Bamboo overabundance alters forest structure and dynamics in the Atlantic Forest hotspot. *Biological Conservation*, 147(1), 32-39. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2012.01.015>

Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton university press.

Martini, A. M. Z., & Dos Santos, F. A. M. (2007). Effects of distinct types of disturbance on seed rain in the Atlantic forest of NE Brazil. *Plant Ecology*, 190(1), 81-95. <https://doi.org/10.1007/s11258-006-9192-6>

Muller-Landau, H. C., Wright, S. J., Calderón, O., Hubbell, S. P., & Foster, R. B. (2002). Assessing recruitment limitation: concepts, methods and case-studies from a tropical forest. *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation*, 35-53.

Muniz-Castro, M. A., Williams-Linera, G., & Martínez-Ramos, M. (2012). Dispersal mode, shade tolerance, and phytogeographical affinity of tree species during secondary succession in tropical montane cloud forest. *Plant Ecology*, 213(2), 339-353.

Overbeck, G.E., Boldrini, I.I., Carmo, M.R.B. do, Garcia, É.N., Moro, R.S., Pinto, C.E., Trevisan, R, Zannin, A. (2015). Fisionomia dos campos. In: Pillar, V. de. P; Lange, O (Coord). Os campos do Sul. Porto Alegre: Rede Campos Sulinos -UFRGS, p. 33–44.

Pearse, I. S., LaMontagne, J. M., & Koenig, W. D. (2017). Inter-annual variation in seed production has increased over time (1900–2014). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1868), 20171666. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2017.1666>

Procknow, D., Rovedder, A. P. M., Piaia, B. B., de Moraes Stefanello, M., Camargo, B., Felker, R. M., ... & Gazzola, M. D. (2020). Seed rain as an ecological indicator of forest restoration in the Pampa biome. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 15(3), 1-8.

R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (2019). <https://www.R-project.org/>

Rother, D. C., Rodrigues, R. R., & Pizo, M. A. (2009). Effects of bamboo stands on seed rain and seed limitation in a rainforest. *Forest Ecology and Management*, 257(3), 885-892. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2008.10.022>

Rovedder, A.P. M. 2013. Bioma Pampa: relações solo-vegetação e experiências de restauração. In: Stelmann, J.R. et al. (orgs.). Belo Horizonte: Sociedade Botânica do Brasil, pp. 46–54.

Sanquetta, C. R., Ruza, M. S., Corte, A. P. D., Mognon, F., & Behling, A. (2017). Estimativa de volume aparente do colmo de três espécies de bambus exóticos. *Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia*, 1, 60-70.

- Scipioni, M. C., Galvão, F., & Longhi, S. J. (2013). Floristic composition and strategies of dispersion and regeneration of floristic groups in Seasonal Deciduous Forests in Rio Grande do Sul. *Floresta*, 43, 241-254. <https://doi.org/10.5380/rf.v43i2.27098>
- Silvério, D. V., Mews, H. A., Lenza, E., & Marimon, B. S. (2010). Impacts of the bamboo cluster *Actinocladum verticillatum* (Nees) McClure ex Soderstr. (POACEAE) on the woody vegetation of two Cerrado phytophysiognomies in the transition between Cerrado and Amazon Forest (Portuguese). *Acta Amazonica*, 40(2), 347-356. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000200013>
- Souza Junior, CN, & Brancalion, PHS (Eds) (2016). *Seeds and seedlings: guide for the propagation of Brazilian trees*. Oficina de textos.
- Stefanello, M. de M., Rovedder, A. P. M., Felker, R. M., Gazzola, M. D., Camargo, B., Piaia, B. B., ... & Croda, J. P. (2019). How Bovine Livestock Affects Seed Rain in Subtropical Climate Forest. *Journal of Agricultural Science*, 11(10). <https://doi.org/10.5539/jas.v11n10p240>
- Svenning, J. C., & Wright, S. J. (2005). Seed limitation in a Panamanian forest. *Journal of ecology*, 853-862. <https://doi-org.ez47.periodicos.capes.gov.br/10.1111/j.1365-2745.2005.01016.x>
- Toscan, M. A. G., Guimarães, A. T. B., & Temponi, L. G. (2017). Characterization of the litterfall production and seed rain in a reserve of seasonal semideciduous forest, Paraná State. *Ciência Florestal*, 27(2), 415-427. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509827725>
- Van der Pijl, L. (1982). *Principles of dispersal*, 3^a edition. Berlin: SpringerVerlag.
- Vespa, N. I., Zurita, G. A., Gatti, M. G., & Bellocq, M. I. (2018). Seed movement between the native forest and monoculture tree plantations in the southern Atlantic forest: A functional approach. *Forest Ecology and Management*, 430, 126-133.
- Wijdeven, S. M., & Kuzee, M. E. (2000). Seed availability as a limiting factor in forest recovery processes in Costa Rica. *Restoration ecology*, 8(4), 414-424. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80056.x>
- Wolfe, B. T., Macchiavelli, R., & Van Bloem, S. J. (2019). Seed rain along a gradient of degradation in Caribbean dry forest: effects of dispersal limitation on the trajectory of forest recovery. *Applied Vegetation Science*. <https://doi.org/10.1111/avsc.12444>
- Yang, Q., Yang, G., Song, Q., Shi, J., Ouyang, M., Qi, H., & Fang, X. (2015). Ecological studies on bamboo expansion: process, consequence and mechanism. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 39(1), 110-124. <https://doi.org/10.17521/cjpe.2015.0012>
- Zaimes, G. N., Gounaridis, D., & Symeonakis, E. (2019). Assessing the impact of dams on riparian and deltaic vegetation using remotely-sensed vegetation indices and Random Forests modelling. *Ecological indicators*, 103, 630-641.

CAPÍTULO 3

OS DESAFIOS DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS DIANTE DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Data de submissão: 16/10/2023

Data de aceite: 01/11/2023

Francielle Oliveira de Vargas da Silva

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sustentabilidade
São Francisco de Paula - RS
<http://lattes.cnpq.br/9520447006675146>

Juliane Moser da Conceição

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sustentabilidade
São Francisco de Paula - RS
<http://lattes.cnpq.br/6335928182123803>

Raquel Dal Magro Domingues

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sustentabilidade
São Francisco de Paula - RS
<http://lattes.cnpq.br/7218694459559040>

Solange Drews Aguiar Mengue

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sustentabilidade
Canela - RS
<https://lattes.cnpq.br/0362899445180623>

Suzana Frighetto Ferrarini

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sustentabilidade
São Francisco de Paula - RS
<http://lattes.cnpq.br/8091675289256349>

Daniela Mueller de Lara

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sustentabilidade
São Francisco de Paula - RS
<http://lattes.cnpq.br/1557177056454917>

Ana Carolina Tramontina

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sustentabilidade
São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/5887389004235035>

RESUMO: Esta revisão bibliográfica aborda os desafios da gestão de Resíduos Sólidos Industriais (RSI) em meio às mudanças climáticas, com foco no Estado do Rio Grande do Sul. Em 2021, os RSI representaram 4% das emissões de gases de efeito estufa no

estado, destacando a urgência de repensar as estratégias em alinhamento com o ODS 13. A revisão revela a complexidade da gestão de RSI e sua relevância para promover a redução, reutilização e reciclagem de resíduos, além de adotar tecnologias avançadas de tratamento. Os resultados têm implicações significativas para políticas públicas e práticas empresariais, visando à proteção do meio ambiente e da saúde pública e que as mesmas são fundamentais para promover um futuro mais sustentável e resistente às mudanças climáticas.

PALAVRAS-CHAVE: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, Mudanças Climáticas. Resíduos Industriais.

THE CHALLENGES OF INDUSTRIAL WASTE MANAGEMENT FACE TO THE CLIMATE CHANGE

ABSTRACT: This literature review addresses the challenges of Industrial Solid Waste (ISW) management in the midst of climate change, with a focus on the state of Rio Grande do Sul. In 2021, IWR accounted for 4% of greenhouse gas emissions in the state, highlighting the urgency of rethinking strategies in line with SDG 13. The review reveals the complexity of IWR management and its relevance to promoting waste reduction, reuse and recycling, as well as adopting advanced treatment technologies. The results have significant implications for public policies and business practices aimed at protecting the environment and public health, and that these are key to promoting a more sustainable and climate change-resistant future.

KEYWORDS: Sustainable Development Goals, Climate Change. Industrial Waste.

INTRODUÇÃO

Os recentes eventos climáticos que assolam a Região Sul do Brasil, devido à passagem de ciclones extratropicais, são um testemunho vívido da constante presença das mudanças climáticas em nosso cotidiano (GRANCHI, 2023). Essa preocupante realidade se entrelaça com o impacto da crescente demanda global de consumo, que impulsiona o crescimento industrial de uma maneira sem precedentes e, conseqüentemente, a produção acelerada de resíduos. A partir disso, o gerenciamento eficaz de resíduos emergiu como um importante desafio ambiental na sociedade contemporânea, com repercussões perceptíveis na alteração do clima global (CAREY, 2012).

Diante deste cenário alarmante, a Organização das Nações Unidas (ONU) se viu compelida a convocar a comunidade internacional a unir forças em prol da proteção do clima e do meio ambiente. Esse esforço conjunto de atores globais culminou na criação da Agenda 2030, que delinea os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. Estes ODS apresentam 169 metas, e diretrizes concretas para alcançar um desenvolvimento verdadeiramente sustentável.

Neste contexto, este capítulo se propõe a analisar os desafios enfrentados no gerenciamento dos resíduos sólidos industriais, em especial no Estado do Rio Grande do Sul, por meio de uma revisão abrangente da literatura. O foco recairá principalmente sobre o ODS 13, que se concentra na ação global contra as mudanças climáticas, bem

como no ODS 12, que está relacionado ao consumo e à produção responsável. Além disso, indiretamente abordará os ODS vinculados à indústria, inovação e infraestrutura (ODS 9) e às cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11). É importante ressaltar que cada um desses ODS abriga metas específicas em sua descrição, que serão exploradas ao longo desta análise.

PANORAMA CLIMÁTICO MUNDIAL

No âmbito das Nações Unidas (ONU), um marco crucial na trajetória de monitoramento climático foi estabelecido em 1988, quando o “Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas” (IPCC) foi criado a partir da colaboração do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e da Organização Meteorológica Mundial (OMM) (IPCC, 2023).

Em março de 2023, o IPCC publicou seu 6º relatório, que reconheceu a intricada ligação entre clima, ecossistemas, biodiversidade e a sociedade humana. Este relatório considerou aspectos fundamentais, incluindo adaptações às mudanças climáticas, desenvolvimento sustentável e o bem-estar humano. De maneira incontestável, o relatório apontou que as atividades humanas são a principal causa das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), que resultaram em um aumento global da temperatura em 1,1°C no período de 2011 a 2020, seguindo a mesma tendência observada no relatório anterior, que destacou também o aumento das emissões globais entre 2010 e 2019 (IPCC, 2023).

A análise detalhada dos dados coletados conduziu os pesquisadores à conclusão de que, a cadeia causal de emissões, responsável pelo aquecimento do sistema climático da Terra, é de origem humana. Projeções apontam um possível aumento da temperatura média global de 1,8°C a 4,0°C nos próximos 100 anos, acompanhado de um aumento do nível médio do mar entre 0,18 e 0,59 metros. Essas mudanças têm o potencial de impactar significativamente as atividades humanas, bem como os ecossistemas terrestres, aumentando a frequência e intensidade de ondas de calor, tempestades, enchentes e secas (IPCC, 2023).

No Brasil, o monitoramento do ODS 13 - Ação contra a mudança climática, é conduzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021). O IBGE avalia o impacto das mudanças climáticas por meio da análise de desastres naturais, apresentando um cenário que abrange o número de mortes, desaparecimentos e pessoas diretamente afetadas pelos desastres, a cada 100 mil habitantes. A Tabela 1 apresenta essas informações, levando em consideração os anos de 2015 a 2021. Esses dados são importantes para compreender o impacto dos desastres naturais na sociedade, permitindo uma avaliação quantitativa das consequências desses eventos em diferentes regiões ou períodos de tempo.

Brasil, Grande Região e UF	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Brasil	333,7	134,8	232,7	86,2	214,1	873,6	1.032,8
Norte	1.615,8	25,6	751	410,8	830,7	1.403,9	2.734,7
Rondônia	335,8	22,4	62,7	4,7	34,4	82,4	406,4
Acre	4.701	...	543,6	11,6	575,9	4.660,5	4637,2
Amazonas	5.785,2	91,9	2142,9	615	2237	2.869,9	3828
Roraima	21,2	5,4	106,8	204,7	68	99,2	175,4
Pará	99	5,1	476,9	506,2	623,1	820,9	2.868,8
Amapá	335,7	0,3	191	280,1	81,1	2.652,1	3.364,9
Tocantins	...	...	...	256,8	...	214,1	1349,1
Nordeste	208,3	213,3	353,5	116,5	262,2	288,6	777,4
Maranhão	39,4	34,2	34,7	92,6	505,2	414,9	216,4
Piauí	9,4	215,5	319	537,9	1370,4	171	13
Ceará	397,6	309,7	316,3	150,6	50,9	264,6	32,1
Rio Grande do Norte	145,3	136,6	57	17,9	313,4	2.427,8	4.755,2
Paraíba	...	...	69	...	134,1	3,7	184,3
Pernambuco	275,7	173,7	864,6	24,6	74,5	290,4	131,2
Alagoas	15,3	269	802,2	21	766,4	1.512,2	1.099,2
Sergipe	0,3	...	5,1	...	6,5	67,7	397,2
Bahia	316,5	354,7	308	167,1	102	173	1294
Sudeste	37,9	115,3	74,1	19,9	90,1	1.385,6	1.022,4
Minas Gerais	48,3	125	68,4	37,9	41,7	530,8	181,8
Espírito Santo	273,2	455,4	94,6	54,6	68,4	775,9	377,1
Rio de Janeiro	5,6	86,7	109,5	22,6	185,3	1.995,2	3.203,2
São Paulo	24,3	91,3	61,8	7,6	78,5	1.603,5	648,7
Sul	844,2	122,9	250,5	57,8	79	197,5	878,1
Paraná	61,3	38,3	6,2	7,1	7	97,2	1517,7
Santa Catarina	1.154,2	155,8	428,6	196,5	145,5	332,5	1192,5
Rio Grande do Sul	1.433,2	187	384,7	21,9	109,6	212,9	30,2
Centro-Oeste	19	103,2	47	19	269,3	263	234,3
Mato Grosso do Sul	65,2	555,9	48,1	79,6	668,8	396,3	148,3
Mato Grosso	17,1	29,6	102,6	21,2	15,5	104,8	466,6
Goiás	9,7	3,7	40,2	2	1,1	90,2	253,8
Distrito Federal	...	1	...	...	818,6	725,2	0

Tabela 01 - Número de mortes, pessoas desaparecidas e pessoas diretamente afetadas atribuído a desastres por 100 mil habitantes

Fonte: Ministério da Integração Nacional - MI, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC; Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID.

IBGE - Diretoria de Pesquisas - DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS; Estimativas da população residente no Brasil e Unidades da Federação, com data de referência em 1º de julho.

Essa abordagem, ao ser ajustada considerando uma base de 100 mil habitantes, desempenha um papel fundamental na equalização das comparações entre áreas de diferentes densidades populacionais. Essa adaptação torna mais simples a compreensão da gravidade relativa dos desastres em uma variedade de contextos. Assim, a tabela oferece uma visão sucinta e comparativa do impacto dos desastres ao longo do tempo e em várias localidades.

Os dados apresentados na tabela ilustram claramente um aumento no número de vítimas fatais e de pessoas afetadas por desastres, o que não apenas ressalta a necessidade de um planejamento estratégico eficaz por parte da defesa civil diante da ocorrência desses eventos, mas também sublinha a urgência de cumprir e aplicar integralmente o Plano Nacional de Mudança do Clima, em vigor desde 2008. Este plano tem como seu principal objetivo a identificação, o planejamento e a coordenação das ações destinadas a reduzir as emissões de gases de efeito estufa geradas no Brasil. Além disso, ele busca estabelecer medidas necessárias para a adaptação da sociedade aos impactos decorrentes das mudanças climáticas (BRASIL, 2008).

Nesse sentido, a conscientização de governantes, gestores e da sociedade em geral, desempenha um papel fundamental na criação de uma cultura de sustentabilidade, especialmente nas indústrias. Ao educar e engajar os colaboradores em práticas ambientalmente responsáveis, as empresas podem promover a adoção de comportamentos e decisões alinhados com a sustentabilidade. Funcionários informados podem identificar oportunidades para reduzir resíduos, otimizar processos e implementar medidas ecoeficientes, contribuindo diretamente para a redução das pegadas de carbono e para a eficácia das estratégias de gerenciamento de resíduos. Em face a isto, a conscientização da alta gestão e a participação ativa da sociedade incentivam a prestação de contas e a transparência, pressionando as indústrias a se comprometerem com ações ambientalmente responsáveis, promovendo, assim, uma mudança cultural duradoura em direção à sustentabilidade.

Delineados os reflexos na vida cotidiana, e considerado o esforço internacional em torno do tema, importa trazer a análise para o contexto do Brasil, cuja riqueza em biodiversidade e potencial de produção de energia limpa ainda enfrentam, de maneira desigual, problemas como depósitos de resíduos sólidos urbanos a céu aberto e descarte inadequado de resíduos industriais.

Ademais, observa-se aumento da demanda por soluções inovadoras para o enfrentamento da realidade posta, inclusive via acordos setoriais¹, que vão da compostagem à reciclagem, cujos processos externalizados buscam lidar com os diferentes residuais resultantes da produção industrial. Contudo, em que pese o esforço crescente orientado no

¹ **Acordo setorial** é o ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto (art. 3º, inc. I, da Lei nº 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos)

sentido de incentivo à produção mais limpa, nem todas as tecnologias conseguem abarcar o universo de resíduos gerados pelas mais diversas fontes e materiais.

Diante disso, as soluções de destinação final ambientalmente adequada² encontradas em relação a um material ou resíduo nem sempre podem ser estendidas aos demais. Em especial, destacam-se materiais que necessitam de processamento extensivo, os quais acabam criando uma ligação direta com efeitos adversos que se depositam no meio ambiente (ARAÚJO *et al.*, 2018; CAMARGO, 2023; BRITO, 2022) em função de seu descarte inadequado, o que se dá, invariavelmente, em razão do elevado custo de sua destinação ou disposição final ambientalmente adequadas³.

A CONTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA A GERAÇÃO DE GEE

De acordo com o Inventário de GEE penas no ano de 2021, o Brasil emitiu 2,4 bilhões de toneladas brutas de GEE, um valor 12,2% maior do que em 2020, sendo o maior incremento de emissões em quase duas décadas. Esse aumento é mais do que duas vezes superior à média mundial estimada para 2021. A alta do desmatamento foi indicada como a principal responsável por este aumento, enquanto o setor de resíduos apresentou uma redução de 0,12% em relação ao ano anterior, provavelmente associada com o aumento de queima ou recuperação energética do metano em aterros sanitários (SEEG, 2023).

Neste panorama, o estado do Rio Grande do Sul ocupa a 8ª posição no *ranking* nacional de emissões por estado. Em 2021, os processos industriais foram responsáveis por 1% das emissões anuais de GEE, totalizando 603.716,8 toneladas/ano, enquanto o setor de resíduos contribuiu com 4% do total, alcançando 4.899.048,9 toneladas/ano. Os índices que quantificam as emissões por estado revelam que o Rio Grande do Sul contribui com 4,4% das emissões brutas (107,8 MtCO₂e), 3,0% das emissões líquidas (92,5 MtCO₂e), 5,5% da população (11,4 milhões de habitantes) e 3,3% da área (282 mil km²) (SEEG, 2023).

A contribuição do setor de resíduos para a geração de GEE se dá especialmente pela geração de metano, que responde por cerca de 97% das emissões do setor. A deposição de resíduos sólidos em aterros controlados, lixões e aterros sanitários contribuiu com 64,1% das emissões em 2021 (SEEG, 2023). O gerenciamento de resíduos sólidos enfrenta importantes desafios, tendo em vista que a sua destinação para aterros e lixões

2 Destinação final ambientalmente adequada é a 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 (art. 3º, inc. VII, da Lei nº Lei nº 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos)

3 Disposição final ambientalmente adequada é a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (art. 3º, inc. VIII, da Lei nº Lei nº 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos).

é a principal fonte de geração de metano. Além disso, os resíduos estão intrinsicamente associados aos processos produtivos, que também possuem sua parcela de geração de GEE (BELLO E COELHO, 2022).

No sentido de otimizar a utilização energética do gás proveniente de aterros sanitários, esforços estão sendo empreendidos para explorar plenamente o potencial do CH₄ na geração de energia. Esse processo se inicia com a captação do biogás através de um sistema de tubulação inteligente e, posteriormente, abastece uma central termelétrica que converte esse gás em energia elétrica por meio de uma combustão controlada (BELLO COELHO, 2022). O biogás, oriundo da decomposição da matéria orgânica, não só é uma fonte de energia renovável, mas também representa uma alternativa ecologicamente responsável, que contribui para a sustentabilidade global. Os benefícios do biogás transcenderam, proporcionando vantagens tanto para a população quanto para o meio ambiente, e gerando impactos positivos tanto do ponto de vista econômico quanto no âmbito ambiental. Além disso, a adoção do biogás pode reduzir a demanda por energia elétrica de fontes hidroelétricas (BELLO; COELHO, 2022).

Adicionalmente, é relevante contextualizar que os materiais descartados durante os processos de produção e manufatura nas indústrias, denominados resíduos industriais (ARAÚJO *et al.*, 2018; LINS *et al.*, 2022), podem incluir substâncias químicas tóxicas, resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas. O descarte inadequado desses resíduos pode acarretar sérios impactos ambientais, que abrangem desde a poluição do solo e da água até a contaminação do ar e os danos à biodiversidade. Além disso, é importante ressaltar que as atividades industriais figuram como uma das principais fontes de emissões de GEE, abrangendo gases como o dióxido de carbono (CO₂), CH₄ e óxido nitroso (N₂O), contribuindo de maneira significativa para as mudanças climáticas (CAREY, 2012; ARAÚJO *et al.*, 2018; LINS *et al.*, 2022; BRITO, 2022; GRANCHI, 2023).

As políticas públicas e acordos internacionais desempenham um papel crucial ao estimular as indústrias a adotarem práticas mais sustentáveis de gerenciamento de resíduos e a reduzirem suas pegadas de carbono. Ao estabelecer normas rigorosas e metas claras de redução de emissões, os governos incentivam as empresas a investirem em inovações tecnológicas e processos mais eficientes, impulsionando a transição para modelos de negócios mais sustentáveis. Os acordos internacionais fornecem um quadro de colaboração global, pressionando as indústrias a adotarem padrões ambientais elevados para competir internacionalmente e garantir o cumprimento de metas globais de redução de emissões. Ao estabelecer um ambiente regulatório previsível e exigente, essas medidas impulsionam a adoção de práticas mais responsáveis, contribuindo para um desenvolvimento industrial mais sustentável.

No cenário de crescimento exponencial da atividade industrial e do aumento da temperatura global, as questões ambientais ganharam destaque nas últimas décadas no Brasil, especialmente após a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS

(Lei nº 12.305/2010). A PNRS estabeleceu princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos, inclusive os resíduos perigosos. Além de atribuir responsabilidades aos geradores, a PNRS tornou obrigatória a elaboração de Planos de Resíduos Sólidos em níveis nacional, estadual, microrregional, de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas, intermunicipais e municipais de gestão integrada (BRASIL, 2010).

A partir dessa iniciativa, órgãos governamentais como o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em conjunto com os conselhos reguladores, como o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), têm buscado novas abordagens para criar métodos adequados de destinação e disposição de resíduos sólidos provenientes das atividades industriais. Entre essas iniciativas, destaca-se a busca por um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) que promova melhorias na gestão de resíduos sólidos, incentivando a redução, reutilização e reciclagem e, dessa forma, atenuando a geração desses resíduos na origem, impulsionando o conceito de “produção mais limpa.”

No entanto, a conscientização ambiental precisa ser disseminada na sociedade como um todo. Portanto, programas de educação ambiental que promovem a logística reversa e a reciclagem desempenham um papel fundamental. É essencial capacitar os envolvidos no setor, o que requer uma revisão abrangente das regulamentações que governam o processo. Isso possibilita a integração entre os setores público e privado, formando um sistema de monitoramento e avaliação eficaz (CAREY, 2012; ARAÚJO *et al.*, 2018; LINS *et al.*, 2022; BRITO, 2022; GRANCHI, 2023).

Nesse contexto, a sensibilização e capacitação dos consumidores, gestores e trabalhadores da indústria se tornam cruciais, uma vez que esses atores desempenham um papel direto na mudança de paradigma em relação à gestão de resíduos. O desconhecimento das melhores práticas e a falta de treinamento podem levar ao descarte inadequado e ao desperdício de recursos valiosos (ARAÚJO *et al.*, 2018; CAMARGO, 2023; BRITO, 2022).

Pereira, Ferreira e Reis (2023) argumentam que a responsabilidade compartilhada entre todos os envolvidos, desde o produtor até o consumidor, é o caminho mais promissor para efetuar a mudança social desejada. Eles enfatizam a importância de acordos entre esses atores e a ampla divulgação dos resultados.

A conexão entre a gestão de resíduos sólidos industriais e as mudanças climáticas pode ser reforçada ao destacar como práticas inadequadas de gestão de resíduos contribuem para o agravamento das mudanças climáticas globais. Por outro lado, ao abordar soluções e práticas sustentáveis, é possível enfatizar como uma gestão apropriada de resíduos pode contribuir para a mitigação das mudanças climáticas e o alcance das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Além disso, ao mencionar políticas públicas, acordos internacionais e educação, pode-se mostrar como a colaboração entre diversos atores pode ser eficaz na busca por um desenvolvimento sustentável e na redução do impacto das atividades industriais sobre o clima.

Além da educação ambiental em todos os níveis, é fundamental estabelecer políticas públicas de incentivo, seja por meio do apoio à pesquisa, seja através de incentivos fiscais, para tecnologias alternativas capazes de mitigar os desafios da disposição final de resíduos sólidos. Essas tecnologias podem transformar resíduos sólidos em energia por meio de usinas de incineração ou processos de conversão de biomassa, como bioquímicos, combustão direta e pirólise (MAZZONETTO *et al.*, 2020).

O coprocessamento também surge como uma excelente alternativa para a destinação de resíduos sólidos, incluindo resíduos contaminados e rejeitos gerados após processos industriais. Esse processo envolve a combinação e trituração de resíduos, que são então utilizados como biomassa para a queima em fornos de cimenteiras. As “blendadeiras” são uma solução viável para resíduos que não são passíveis de reciclagem e que, de outra forma, seriam destinados a aterros (AGUIAR *et al.*, 2021). No entanto, os desafios financeiros do coprocessamento ainda precisam ser enfrentados.

Portanto, a indústria deve assumir a liderança no que diz respeito ao manejo de resíduos industriais, independentemente das regulamentações estatais, licenciamentos ou outras ações coercitivas do Estado. É crucial que as empresas incorporem ações relativas ao manejo de resíduos industriais, levando em consideração a geração, identificação, segregação, coleta, transporte interno, acondicionamento, armazenamento temporário, tratamento interno, transporte externo, tratamento externo e disposição final de resíduos. Seguindo as diretrizes estabelecidas na PNRS, é possível planejar a gestão adequada de resíduos sólidos, considerando o tipo de resíduo, classe, período de coleta, responsabilidade pelo recolhimento, origem, segregação, descarte, disposição temporária e propostas de disposição (LINS *et al.*, 2022).

Ainda de acordo com Lins *et al.* (2022), as ações antrópicas têm contribuído para impactos ambientais adversos, cujas consequências podem surgir a médio prazo. Portanto, é essencial considerar a gravidade em relação à probabilidade de os aspectos ambientais gerarem impactos ambientais significativos. Essas ações estão diretamente relacionadas ao tratamento e à disposição de resíduos sólidos.

A reciclagem de resíduos industriais é frequentemente considerada um serviço essencial. No entanto, muitas empresas enfrentam desafios significativos ao investir na infraestrutura e equipamentos necessários para a gestão adequada desses resíduos (BRITO, 2022). A falta de incentivos financeiros emerge como um obstáculo significativo nesse contexto (GRANCHI, 2023).

Por outro lado, a presença de regulamentações ambientais sólidas e sua eficaz fiscalização são vitais para garantir o cumprimento das normas de gerenciamento de resíduos pelas indústrias. No entanto, mesmo com penalidades adequadas, a ausência de fiscalização pode resultar em comportamentos irresponsáveis e práticas ambientalmente prejudiciais. Isso ressalta a necessidade de envolvimento ativo e conjunto dos setores público e privado na busca por soluções inovadoras e no compartilhamento dos custos

associados ao tratamento e gerenciamento de resíduos (BRITO, 2002; CAMARGO, 2023). No que diz respeito à fiscalização e ao acompanhamento das políticas públicas, é importante destacar que a falta de sistemas de indicadores adequados dificulta tanto o monitoramento adequado quanto a avaliação dos progressos em relação às metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). De acordo com Lins *et al.* (2022), essa avaliação é fundamental para identificar áreas problemáticas e direcionar recursos de forma eficiente.

A CONTRIBUIÇÃO DOS ODS PARA A AGENDA DO CLIMA

Os impactos das mudanças climáticas estão afetando milhões de pessoas ao redor do mundo, especialmente as que se encontram em situação de vulnerabilidade e em habitações inadequadas. Para responder efetivamente à agenda do clima, muitos esforços são necessários, e, neste sentido, a Agenda 2030 delinea o ODS 13, relacionado à ação contra as mudanças climáticas. Esse ODS apresenta 5 metas, sendo que 4 delas são aplicáveis ao Brasil. De acordo com o Relatório Luz, todas as metas desse ODS encontram-se em retrocesso pelo segundo ano consecutivo. Entre janeiro de 2013 e fevereiro de 2023, foram emitidos mais de 59 mil decretos de emergência ou calamidade, com alta de 50% apenas em 2022 (GTSC A2030, 2023). Além disso, as políticas públicas para educação ambiental e climática (meta 13.3) sofreram esvaziamento nos últimos anos, com poucas verbas destinadas e valores não executados integralmente (ROSA *et al.*, 2022).

Para o alcance das metas associadas ao ODS 13, outros ODS devem ser trabalhados, incluindo o ODS 9. A meta 9.4 associada a esse objetivo, busca, até 2030, modernizar a infraestrutura e tornar as atividades econômicas mais sustentáveis, com ênfase em recursos renováveis e na adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente adequados. Além disso, propõe a medição dos níveis de emissão de CO₂ (ONU, 2023). Como já citado anteriormente, o Brasil vem apresentando uma tendência de aumento da geração de CO₂, e, de acordo com o Relatório Luz, a meta citada completou quatro anos de retrocesso, e o Brasil está se tornando menos eficiente em suas emissões de carbono, quando avaliada proporcionalmente ao PIB. O Relatório ainda recomenda que sejam implementados programas para modernização da infraestrutura industrial, com a promoção de tecnologias de baixo impacto ambiental, além de criar políticas públicas sólidas que estimulem as empresas a adotarem práticas ecoeficientes.

O ODS 11, com sua meta brasileira 11.6, visa reduzir, até 2030, o impacto ambiental negativo per capita das cidades, melhorando a qualidade do ar e a gestão de resíduos sólidos. Ele também estabelece a implementação de sistemas de monitoramento da qualidade do ar e planos de gerenciamento de resíduos sólidos em todas as cidades com mais de 500 mil habitantes. Para atingir essa meta, diversos autores destacam a importância de acordos globais e metas específicas relacionadas à destinação de resíduos,

incentivos à importação de tecnologias avançadas, o mercado de carbono e a viabilização de novos projetos, entre outras estratégias como (CAREY, 2012; ARAÚJO *et al.*, 2018); LINS *et al.*, 2022; BRITO (2022) e GRANCHI, 2023). De acordo com o Relatório Luz, a meta 11.6 encontrava-se ameaçada em 2021 (GTSC A2030, 2021), passando para “em retrocesso” em 2022 (GTSC A2030, 2022), e seguindo desta forma em 2023. Dados do Sistema Nacional de Saneamento (SNIS), indicam que, em 2020, o Brasil ainda possuía 617 aterros controlados e 1545 lixões, que receberam pouco mais de 26% do total de resíduos no referido ano (em torno de 17 milhões de toneladas). Além disso, o relatório do SNIS estima que apenas 2% do montante total de resíduos gerados em 2021 tiveram como destino a valorização em unidades de tratamento (SNIS, 2021), o que demonstra que o país ainda tem muito o que avançar em relação ao gerenciamento de resíduos sólidos, a fim de alcançar a meta 11.6.

O ODS 12 estabelece a meta brasileira 12.5, que busca, até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da Economia Circular e suas ações de prevenção, redução, reciclagem e reuso de resíduos. Nesse contexto, é fundamental destacar a relevância do coprocessamento, bem como a necessidade de atenção aos projetos de desenvolvimento sustentável e a minimização do desperdício de recursos (LOUREIRO, 2019; PÉREZ, 2020; AGUIAR *et al.*, 2021). De acordo com o Relatório Luz de 2023, a meta retrocedeu pelo segundo ano consecutivo, tendo em vista que, entre outros fatos, a taxa de recuperação de materiais recicláveis foi de apenas 2,35% no ano de 2021, e a taxa de geração de resíduos por habitante por dia tem reduzido mais lentamente do que o esperado.

Observando os dados, é possível verificar que o cenário para o alcance dos ODS no Brasil, é desafiador, e serão necessárias ações eficientes para alterar o cenário, com participação de todos os setores da sociedade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão bibliográfica apresentada proporciona uma exposição das complexidades ambientais inerentes à gestão dos Resíduos Sólidos Industriais, além de ilustrar a vital importância da gestão adequada. Um desafio central que destaca é a necessidade de investimentos, tanto na implementação de tecnologias limpas e na destinação adequada dos resíduos quanto na consecução das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Além disso, é possível verificar que o gerenciamento dos Resíduos Sólidos Industriais no Rio Grande do Sul enfrenta desafios significativos, especialmente à luz das crescentes preocupações com as mudanças climáticas. Dado o perfil industrial diversificado do estado, torna-se imperativo buscar soluções sustentáveis para a geração e disposição desses resíduos, a fim de minimizar os impactos ambientais. O aumento das temperaturas,

as mudanças nos padrões de chuva e a intensificação de eventos climáticos extremos tornam esse desafio ainda mais premente. Para abordá-lo eficazmente, é essencial uma colaboração entre governo, indústrias e sociedade civil na formulação de estratégias de gestão de resíduos que enfatizem a redução, a reutilização e a reciclagem, bem como a adoção de tecnologias avançadas de tratamento. Paralelamente, é crucial educar a população sobre a importância da gestão responsável de resíduos sólidos e fomentar uma mudança cultural em direção a um consumo mais consciente e sustentável.

Em um contexto global onde a questão das mudanças climáticas se torna cada vez mais urgente, o Rio Grande do Sul precisa tomar medidas proativas para enfrentar os desafios relacionados à gestão de Resíduos Sólidos Industriais. Isso não apenas contribuirá para mitigar os impactos ambientais negativos, mas também abrirá portas para oportunidades econômicas, como a geração de empregos na indústria de reciclagem e a redução de custos para empresas que adotam práticas sustentáveis. Além disso, ao adotar uma abordagem integrada que envolve políticas públicas sólidas, regulamentações eficazes e o envolvimento ativo da sociedade, o estado poderá avançar em direção a um futuro mais resiliente às mudanças climáticas. Nesse cenário, a gestão responsável de resíduos sólidos desempenha um papel crucial na construção de um ambiente mais saudável e sustentável para as futuras gerações.

Por fim, é importante ressaltar que as indústrias devem se preparar para atender modernização dos processos, reconhecendo que isso requer a participação ativa de diversos atores, incluindo colaboradores, clientes, fornecedores e todos os envolvidos no processo. É uma jornada que demanda esforços coletivos em prol de um objetivo comum: a gestão responsável e sustentável dos Resíduos Sólidos Industriais.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, D. B.; MATTOS, U. A. O.; ESTEVES, V. P. P. Avaliação do ciclo de vida da cadeia no coprocessamento de resíduos industriais. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 6, p. 377-386, 2021.

ARAÚJO, Y. R. V.; GÓIS, M. L.; COELHO JUNIOR, L. M.; CARVALHO, M. Carbon footprint associated with four disposal scenarios for urban pruning waste. **Env. Science and Pollution Research**, v. 25, n. 2, p. 1863-1868, 2018.

BELLO, P. F. S.; COELHO, S. L. Captação de biogás em aterro sanitário para reutilização sustentável. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação-Rease**, São Paulo, v. 6, n. 8, p. 1342-1354, 2022.

BRASIL. **Lei 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. Disponível em: <https://bit.ly/48amHZF>. Acesso em: 28 jul. 2023.

_____. Plano Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC- Brasil. Brasília, dezembro/2008. Disponível em https://antigo.mma.gov.br/estruturas/smcq_climaticas/_arquivos/plano_nacional_mudanca_clima.pdf. Acesso em 19.9.2023

BRITO, A. M. V. G.; ANDRADE, E. A.; CARVALHO, M. Pegada de carbono da sinterização do porcelanato e potencial de mitigação de mudanças climáticas associado à substituição energética. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, 2022.

CAMARGO, G. B. **Estágio atual e desafios da reciclagem mecânica de plásticos de engenharia no Brasil**. 2023. TCC (Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre/RS, 2023.

CAREY, M. Climate and history: a critical review of historical climatology and climate change historiography. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v. 3, n. 3, p. 233-249, 2012.

GRANCHI, G. Ciclone extratropical: entenda fenômeno que já causou mortes e estragos pelo país. **BBC News Brasil**. São Paulo. 2023. Disponível em: <https://bit.ly/3Pds7KN>. Acesso em: 20 jul. 2023.

GTSC A2030 – Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030. **V Relatório Luz da Sociedade Civil da Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável**. 2021. Disponível em: https://brasilnaagenda2030.files.wordpress.com/2021/07/por_rl_2021_completo_vs_03_lowres.pdf. Acesso em: 14 out. 2023.

GTSC A2030 – Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030. **VI Relatório Luz da Sociedade Civil da Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável**. 2022. Disponível em: https://brasilnaagenda2030.files.wordpress.com/2022/07/pt_rl_2022_final_web-1.pdf. Acesso em: 14 out. 2023.

GTSC A2030 – Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030. **VII Relatório Luz da Sociedade Civil da Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável**. 2023. Disponível em: https://brasilnaagenda2030.files.wordpress.com/2023/10/rl_2023_v8-webcompleto-lr.pdf. Acesso em: 14 out. 2023.

IBGE. ODS Brasil. **Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3Rrg9Qe>. Acesso em: 15 ago. 2023.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ONU. United Nations. **Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report (AR6)**. 2023. Longer Report. Disponível em: <https://bit.ly/45V5VMM>. Acesso em: 20 jul. 2023.

IPCC. **Rapport de la Commission mondiale pour l'environnement et le développement**. Disponível em: <https://digitallibrary.un.org/record/139811>. Acesso em: 24 mai. 2023.

LOUREIRO, S. M. **Mitigação das Emissões dos Gases de Efeito Estufa pela Implementação de Políticas Públicas de Resíduos Sólidos e Mudanças Climáticas no Brasil e no Estado e na Cidade do Rio de Janeiro**. 242 p. 2019. Tese (doutorado), UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, 2019.

MAZZONETTO, A. W.; CARBONI, R. W. Avaliação do potencial energético do resíduo sólido urbano dos municípios de Piracicaba, Limeira, Rio Claro e Americana-interior de SP. **Bioenergia em Revista: Diálogos**, v. 13, n. 1, p. 42-61, 2023.

ONU. **Transformando nosso Mundo: Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: [agenda2030-pt-br.pdf \(un.org\)](#). Acesso em: 24 mai. 2023.

PÉREZ, O. R. M. Ciudades sobrecargadas: la sobreexplotación de recursos como limitante del desarrollo sustentable. **Revista de Antropología y Arqueología**, n. 39, p. 3-12, 2020.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013.

ROSA, A.V.; SORRENTINO, M.; RAYMUNDO, M.H.A. **Dossiê sobre o desmonte das políticas públicas de educação ambiental na gestão do governo federal (2019/2022)**. 2022. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1snHOcumiQJF7NWmlzn5yfcXMSMhjauH2/view>. Acesso em: 14 out. 2023.

SEEG. **Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa**. 2023. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/territories/rio-grande-do-sul/card?year=2021&cities=fals>. Acesso em: 15 ago. 2023.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil**. 2021. Disponível em: http://antigo.snis.gov.br/downloads/panorama/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASICO_NO_BRASIL_SNIS_2021.pdf. Acesso em: 14 out. 2023.

RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO RIO GRANDE DO SUL: PANORAMA ATUAL E TECNOLOGIAS PARA TRATAMENTO

Data de submissão: 16/10/2023

Data de aceite: 01/11/2023

Rodrigo Ramos Medeiros

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS, Unidade Hortênsias, Mestrado Profissional em Ambiente e Sustentabilidade – PPGAS.
São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/9060013379936356>

José Eduardo Angeli Reups

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS, Unidade Hortênsias, Mestrado Profissional em Ambiente e Sustentabilidade – PPGAS
São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul
<https://lattes.cnpq.br/9701197802423566>

Luciana Hoffmann Teixeira

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS, Unidade Hortênsias, Mestrado Profissional em Ambiente e Sustentabilidade – PPGAS
São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/5170693866424900>

Daniela Mueller de Lara

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS, Unidade Hortênsias, Mestrado Profissional em Ambiente e Sustentabilidade – PPGAS

São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/1557177056454917>

Suzana Frighetto Ferrarini

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS, Unidade Hortênsias, Mestrado Profissional em Ambiente e Sustentabilidade – PPGAS
São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/8091675289256349>

Ana Carolina Tramontina

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS, Unidade Hortênsias, Mestrado Profissional em Ambiente e Sustentabilidade – PPGAS
São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/5887389004235035>

RESUMO: Este artigo analisa a gestão dos resíduos sólidos urbanos no estado do Rio Grande do Sul, abordando a legislação vigente, a caracterização dos resíduos, o aumento na sua geração e as atuais práticas de destinação, com foco nos aterros sanitários. Além disso, explora os processos físico-químicos de degradação

nos aterros e discute alternativas de tratamento, como a geração de energia a partir de resíduos (Waste-to-Energy - WTE), incluindo exemplos de aproveitamento do biogás. Este estudo proporciona uma visão completa do panorama dos resíduos sólidos urbanos no estado, destacando desafios e oportunidades, e oferece insights valiosos para aprimorar a gestão desses resíduos, alinhando-se às diretrizes legais e explorando soluções mais sustentáveis. A análise dos processos de degradação e o enfoque em tecnologias inovadoras como a WTE refletem a busca por abordagens mais eficientes e ambientalmente responsáveis na gestão de resíduos sólidos urbanos.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento de Resíduos, Sustentabilidade Urbana, Biogás, Destinação Ambientalmente Sustentável, Valorização Energética.

URBAN SOLID WASTE IN RIO GRANDE DO SUL: CURRENT OVERVIEW AND TREATMENT TECHNOLOGIES

ABSTRACT: This article analyzes the management of solid urban waste in the state of Rio Grande do Sul, looking at current legislation, the characterization of waste, the increase in its generation and current disposal practices, with a focus on landfills. It also explores the physical and chemical degradation processes in landfills and discusses treatment alternatives, such as generating energy from waste (Waste-to-Energy - WTE), including examples of how biogas can be used. This study provides a complete overview of the urban solid waste landscape in the state, highlighting challenges and opportunities, and offers valuable insights for improving the management of this waste, aligning with legal guidelines and exploring more sustainable solutions. The analysis of degradation processes and the focus on innovative technologies such as WTE reflect the search for more efficient and environmentally responsible approaches to municipal solid waste management.

KEYWORDS: Waste Management, Urban Sustainability, Biogas, Environmentally Sustainable Disposal, Energy Recovery.

INTRODUÇÃO

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), segundo a Lei Federal nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), são classificados como resíduos domiciliares, os quais são originados a partir de atividades domésticas em residências urbanas, e resíduos de limpeza urbana provenientes da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e demais serviços de limpeza urbana. A Lei Federal nº 14.026/2020, que atualiza o marco legal do saneamento básico, amplia essa definição para incluir também resíduos de atividades comerciais, industriais e de serviços, quando o gerenciamento não é de responsabilidade do gerador, sujeito à decisão do poder público.

O Brasil, com mais de 200 milhões de habitantes (IBGE, 2022), enfrenta um grande desafio, sendo um dos maiores produtores de RSU (ABRELPE, 2022). Apenas em 2019 foram geradas mais de 80 milhões de toneladas de resíduos (SINIR, 2019). Infelizmente, uma parte significativa desses resíduos é descartada inadequadamente, resultando em sérios problemas ambientais, especialmente quando despejados a céu aberto e/ou

queimados, como apontado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2022).

O Estado do Rio Grande do Sul (RS) possui mais de 10 milhões de habitantes (IBGE, 2022) e gerou 8,2 milhões de toneladas de resíduos sólidos domiciliares (RDO) e públicos (RPU) apenas no ano de 2020 (SNIS, 2021), destinando apenas 4,3% para a coleta seletiva (DMLU, 2022).

O aumento da produção de RSU está intimamente ligado ao crescimento populacional (SALAMONI, 2019) e a gestão eficiente desses resíduos é essencial para promover a sustentabilidade ambiental e a qualidade de vida (SANTOS, 2020). Além disso, segundo relatório do Painel Internacional de Recursos (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2019), a extração anual de matérias-primas está em ascensão, apresentando um aumento de mais de 300% entre 1970 e 2017, estimando-se ainda que esse volume deve dobrar até 2060, aumentando a pressão sobre os recursos naturais.

Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo apresentar um panorama atualizado dos RSU na região sul do Brasil, explorando as alternativas de tratamento, incluindo tecnologias de Waste-to-Energy (WTE), e discutindo as soluções disponíveis para lidar com esse desafio crescente.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Legislação aplicável aos resíduos sólidos

A legislação brasileira instituiu, através da Lei Federal nº 12.305/2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que promove a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. A partir disso, não apenas o governo, como também produtores e consumidores finais, tornam-se responsáveis pela correta destinação e tratamento do seu material obsoleto. O Rio Grande do Sul, por sua vez, instituiu a Política Estadual de Resíduos Sólidos através da Lei Estadual nº 14.528/2014.

Em 2012, dois anos após a promulgação da PNRS, o Ministério do Meio Ambiente apresentou uma versão preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES) (BRASIL, 2012). O PLANARES, após 10 anos de espera, foi instituído em 2022, pelo Decreto Federal nº 11.043, de 13 de abril, passando a ter validade em todo território nacional (BRASIL, 2022), como um conjunto de metas, estratégias, diretrizes e ações focadas na gestão de resíduos sólidos, fomentando a reciclagem no país.

Os Planos de Gestão de Resíduos Sólidos são instrumentos indispensáveis para o ordenamento local do setor gerador de resíduos, conforme previsto na legislação. São documentos que definem as diretrizes de gerenciamento de resíduos gerados em estabelecimentos, visando o controle e monitoramento de processos produtivos, com

objetivo de reduzir e evitar descartes inadequados, garantindo maior qualidade ambiental. No entanto, até o ano de 2015, somente 41% dos 5.570 municípios haviam elaborado seus Planos Municipais de Resíduos Sólidos (SINIR, 2016). Em 2018 esse número aumentou para 51%, segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), que verificou a maior tendência de presença do plano nos municípios mais populosos, variando de 49% nos municípios de 5 mil a 10 mil habitantes, para 83% nos municípios com mais de 500 mil habitantes (BRASIL, 2018).

Caracterização dos RSU no Rio Grande do Sul

Um estudo realizado em 2010 pela Divisão de Destino Final (DDF) do Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU) de Porto Alegre, estabeleceu o poder calorífico inferior (PCI) médio do RSU gerado no município, como sendo 3.284 kcal/kg (PORTO ALEGRE, 2013). Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a incineração dos RSU com poder calorífico inferior a 1.675 kcal/kg apresenta dificuldades técnicas e exige a adição de combustível auxiliar. Embora a classificação segundo o PCI não deva ser considerada definitiva para estabelecer a destinação do RSU, considera-se que para um PCI menor que 1.675 kcal/kg, a incineração não é tecnicamente viável, enquanto para valores entre 1.675 kcal/kg e 2.000 kcal/kg, a viabilidade técnica da incineração ainda depende de algum tipo de pré-tratamento que eleve o poder calorífico. Já, para um PCI maior que 2.000 kcal/kg, a queima bruta é tecnicamente viável (BRASIL, 2014).

A título de comparação, o PCI do carvão é de cerca de 6.000 kcal/kg e, do petróleo, cerca de 10.000 kcal/kg. Quanto maior o PCI de uma substância, mais energia pode ser liberada quando ela é queimada. Isso significa que substâncias com PCI mais elevados têm o potencial de gerar mais energia por unidade de massa ou volume quando usadas como combustível (MEHTA & THUMANN, 2021; GOSWAMI & KREITH, 2015).

Dois estudos avaliaram a composição gravimétrica dos resíduos gerados no município de Porto Alegre, em 2009 e 2010 (MEDEIROS et al., 2016), e a composição daqueles recebidos em um aterro sanitário do estado, onde são depositados os resíduos não apenas de Porto Alegre, como de município do seu entorno (MEDEIROS, 2023). Os dados estão apresentados na Figura 1 onde, pode se observar a similaridade dos dados.

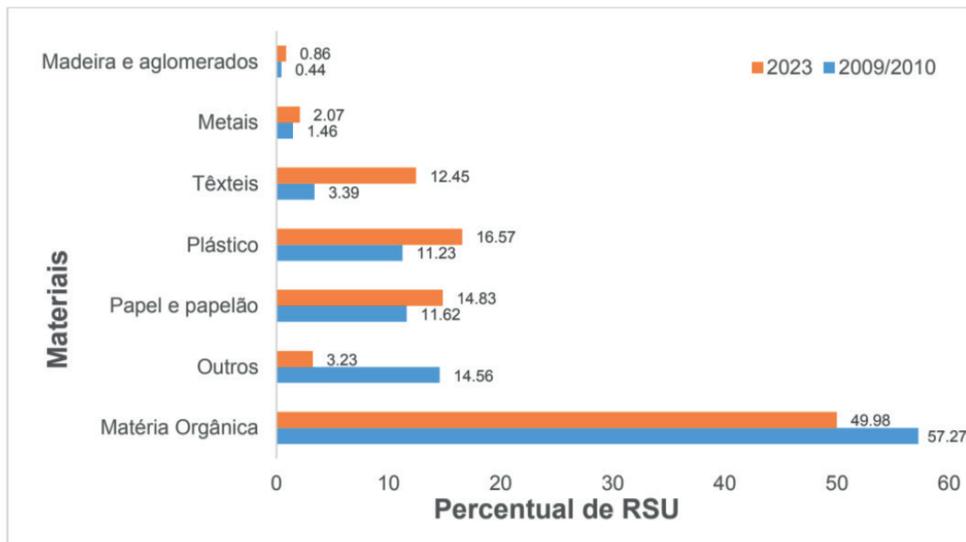


Figura 1 - Comparativo da composição gravimétrica de resíduos sólidos urbanos (RSU) na cidade de Porto Alegre (MEDEIROS et al., 2016) e em um aterro sanitário do estado do RS (MEDEIROS, 2023).

A presença de alta quantidade de matéria orgânica nos RSU é especialmente importante pelo seu potencial de geração de biogás, por meio de processos de digestão anaeróbica. O biogás é composto principalmente por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), e pode ser usado como fonte de energia renovável para a produção de eletricidade e calor. O processo de geração e utilização do biogás será mais bem explanado posteriormente. No entanto, é importante ressaltar que o alto teor de matéria orgânica no RSU também pode tornar o gerenciamento desafiador, pois os resíduos orgânicos podem se decompor rapidamente, gerando odores desagradáveis e atraindo vetores (ROCHA DA CUNHA, 2009).

Aumento da geração de RSU e seus impactos

A ABRELPE publica, desde 2003, o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. A partir da análise dos panoramas publicados em 2012 e 2022, foi possível observar que a geração *per capita* de RSU não apresenta alterações significativas. Em 2012, no Brasil, cada habitante gerava em média 383 kg de resíduo por ano e, em 2022, esse número chegou a 381 kg. Valores semelhantes também foram observados quando avaliados os dados obtidos para as coletas desses RSU, sendo de 348 kg/habitante/ano em 2012, passando para 354 kg/habitante/ano em 2022. Neste mesmo período, foi possível observar que a coleta evoluiu de 90,94% para 92,91%, um aumento de aproximadamente 2,00%.

Ao analisar separadamente as regiões do país, foi possível observar que a região Sudeste foi responsável pela geração de quase metade dos resíduos do país, um montante

de aproximadamente 40 milhões de toneladas apenas em 2022, fato esse atrelado a fatores como densidade populacional e estilo de vida. A região produz 1,234 kg/habitante/dia, se destacando pelos maiores índices de produção de RSU. Em contraponto, a região Sul se destaca por ser a menor produtora per capita dessa tipologia de resíduo, com um valor de 0,776 kg de resíduos gerados diariamente por habitante, o equivalente a aproximadamente pouco mais de 8,6 milhões de toneladas em 2022.

Para custeio de serviços associados a coleta, transporte, destinação final e serviços gerais de limpeza urbana, o Brasil aplicou em torno de 28 bilhões de reais em 2021, o que representa R\$ 10,95 por habitante/mês. Os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, somados, gastam cerca de R\$ 8,49 por habitante/mês (aproximadamente 3 bilhões por ano) em coleta de resíduos, tendo um índice de cobertura de coleta de RSU de 97%. Em contrapartida, os estados que compõem a região sudeste aplicam em torno de R\$ 14,21 por habitante/mês, apresentando um índice de cobertura de coleta de 98,60%, o percentual mais elevado do país. Entretanto, é importante ressaltar que os altos índices de coleta não garantem a correta destinação dos resíduos, tendo em vista que 39,5% de todo o RSU recebeu disposição final inadequada em 2021, e 39% em 2022, o que inclui destinação para lixões e aterros controlados, que seguem em operação em todas as regiões do país (ABRELPE, 2012 e 2022).

Conforme aponta o Índice de Sustentabilidade e Limpeza Urbana (2022), para a gestão eficiente de RSU é imprescindível que aconteça a universalização da coleta domiciliar e seletiva. A ausência de um serviço eficiente e abrangente interfere diretamente na vulnerabilidade da saúde pública, e admite que grande parte desses resíduos, que poderiam ser tratados e transformados em potenciais insumos, tenham destinação inadequada. Não obstante, outro fator negativo é o fato da redução da possibilidade de geração de renda e emprego na economia local, através da coleta e comercialização de materiais recicláveis.

Dados da ABRELPE (2022) sobre a tipologia da destinação final de RSU mostram que, em um cenário base, os aterros sanitários sem aproveitamento receberam, no ano de 2022, pouco mais de 42 milhões de toneladas, o que equivale a 55% do montante total. Os aterros sanitários com aproveitamento ou valorização de resíduos receberam pouco mais de 4 milhões de toneladas, o que equivale a 5,61% do total. Aterros controlados foram responsáveis por receber em torno de 17,3 milhões de toneladas e lixões por pouco mais de 12,3 milhões de toneladas, o que equivale, respectivamente, a 22,7% e 16,26% do montante total de resíduos gerados no ano em questão.

Destinação atualmente praticada: aterros sanitários

A PNRS (2010) instituiu que os municípios devem dar o destino correto aos RSU gerados. Além disso, preconiza que sejam buscadas alternativas prévias ao depósito dos

RSU em aterros sanitários. É importante ressaltar que, embora o depósito de resíduos e rejeitos em aterros sanitários crie um passivo ambiental, a legislação indica essas instalações como “destinação final ambientalmente adequada”.

Os aterros sanitários são definidos pela ABNT (1992) como “técnica de disposição de RSU no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais”.

De acordo com painel do SINIR (que apresenta como dados mais atuais para o RS aqueles de 2019), 92% dos municípios do estado eram atendidos por aterro sanitário no período avaliado, apenas 1% era atendido por lixões, e 6% atendidos por aterros controlados (SINIR 2019). A série histórica ainda indica que o percentual de municípios em situação adequada no que tange à disposição final de resíduos passou de 55% em 2015 (275 municípios) para 86% (427 municípios) em 2019, indicando uma melhoria expressiva no indicador (SINIR, 2015 e 2019).

Processos físico-químicos de degradação de resíduos sólidos em aterros sanitários

Em aterros sanitários, a degradação da matéria orgânica passa por quatro fases de degradação, liberando, como produto final, os gases metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), que são potenciais fontes de energia, embora ambos sejam gases de efeito estufa (ENSINAS, 2003, RICHA, KARANJEKAR *et al.*, 2015).

As fases de degradação da matéria orgânica em um aterro sanitário são delineadas em quatro etapas, de acordo com Crawford e Smith (1985). Alguns outros autores também classificam em uma quinta etapa (ROCHA DA CUNHA, 2009). A descrição dos processos principais que acontecem em cada uma das quatro fases pode ser observada a seguir e, também, visualizadas na Figura 2:

- **Fase I** - bactérias aeróbias consomem oxigênio e decompõem a fração orgânica do RSU em CO_2 ;
- **Fase II** é anaeróbica, onde os compostos orgânicos produzidos são convertidos em ácidos;
- **Fase III**, bactérias anaeróbias convertem os ácidos orgânicos em compostos para as bactérias metanogênicas, que consomem o CO_2 e o acetato;
- **Fase IV** é marcada por uma produção de biogás estável, geralmente por cerca de 20 anos após o descarte dos resíduos, embora o biogás continue a ser emitido por mais de 50 anos (ATSDR, 1998).

A duração da produção de biogás pode ser prolongada se houver uma quantidade significativa de fração orgânica no RSU.

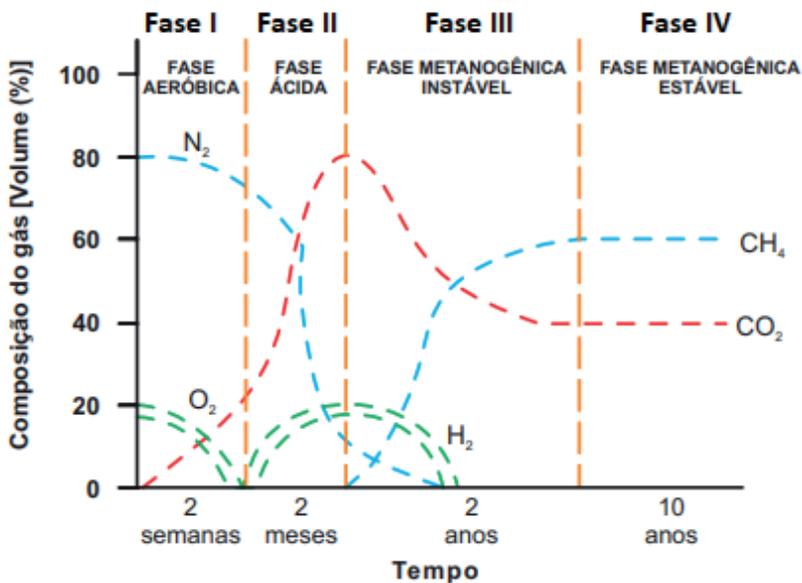


Figura 2. Fases de decomposição dos resíduos sólidos relacionada com a produção de gás em aterros sanitários variando com o tempo. Fonte: Adaptado de CASSINI, COELHO e PECORA, 2014.

PROCESSOS DE GESTÃO DE RSU

Um dos grandes entraves para a reutilização dos resíduos é agregar valor a eles, fazendo com que o processo se torne viável economicamente. Para tal, é necessária a adoção de um conjunto de práticas que abordem desde o tratamento/separação de orgânicos, passando pela produção de biogás, até a reciclagem (GRISA e CAPANEMA, 2018).

Segundo estudo publicado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012), o potencial de reaproveitamento e reciclagem dos RSU permeia de 30% a 40% do volume total, enquanto a estimativa é de que apenas 13% desses resíduos sejam devidamente encaminhados à reciclagem (IPEA, 2012). Em 2016, no Brasil, da totalidade de resíduos coletados, 29,60 milhões de toneladas foram destinadas inadequadamente em lixões ou aterros controlados e, 41,7 milhões de toneladas foram destinadas aos aterros sanitários que, mesmo sendo um destino adequado, tolera falta de etapas de tratamento, além de inviabilizar uma possível reciclagem (GRISA e CAPANEMA, 2018).

Tecnologias voltadas ao tratamento de RSU

Waste-to-Energy (WTE)

A transformação de resíduos em energia é mundialmente denominada pelo termo *waste-to-energy* (WTE), que, em tradução livre, significa “resíduos para energia”. As tecnologias associadas à conversão de resíduos em energia são utilizadas em diversos países, principalmente aqueles com pouco espaço territorial ou com fortes políticas de valorização do meio ambiente (WTERT, 2012).

Nos países europeus, principalmente nos mais desenvolvidos, grande parte do RSU é destinado à incineração. Por questões territoriais e ambientais, a destinação em aterros está sendo, cada vez mais, substituída pela destinação para plantas de incineração com produção de energia elétrica (EUROSTAT, 2015a e 2015b).

A produção de energia elétrica a partir de RSU cresceu significativamente na Europa nos últimos anos. Em alguns países, como Alemanha, Itália e Suécia, a geração mais do que dobrou em 10 anos de comparação. A produção total da Europa passou de 4,9 milhões de tonelada-equivalente de petróleo (tep) em 2003 para 8,8 milhões de tep em 2013. Considerando que 1 Megawatt-hora (MWh) equivale a 0,086 tep, a produção de energia elétrica a partir de RSU na Europa, em 2013, foi de aproximadamente 103 Terawatt-hora (TWh) (EUROSTAT (2015a e 2015b). Segundo Santos (2011), o motivo pelo aumento da incineração de RSU na Alemanha foi uma política interna rígida, com investimentos significativos no desenvolvimento de projetos com o objetivo de diminuir a utilização de aterros. Esses projetos incluem investimentos na coleta seletiva, reciclagem, incineração, recuperação energética e compostagem.

Assim como na Europa, a produção de energia elétrica a partir de RSU também cresceu nos EUA. Segundo Santos (2011), pelo menos metade dos estados dos Estados Unidos da América tinham entre uma ou duas plantas de incineração WTE em operação em 2008, consumindo 26 milhões de toneladas de RSU por ano e gerando cerca de 22,7 TWh de energia elétrica. A maior parte das plantas de incineração americanas, 80%, utilizam fornos de grelha para incinerar os RSU, por ser uma tecnologia simples e de baixo custo de instalação e operação. Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), atualmente, existem 75 plantas de incineração de RSU nos EUA, localizadas em 25 estados, em sua maioria, no norte do país. Pouca coisa mudou desde 2008, nenhuma planta nova foi construída desde 1995, porém, as capacidades de utilização de resíduos e de produção de energia foram expandidas. Hoje, estas 75 incineradoras geram cerca de 23,8 TWh. Para produzir esta quantidade de energia são necessárias 28 milhões de toneladas de RSU, das quais, após a incineração, ainda sobraram 10% deste volume (EPA, 2023).

Além dos países da Europa e dos EUA, outros países também investem na incineração. No Japão, por exemplo, 100% dos RSU são incinerados. Em outros países asiáticos, como China, Índia, Coreia do Sul, Taiwan e Filipinas, as plantas de incineração estão sendo instaladas em grande número. Segundo dados do Plano Nacional de Resíduos Sólidos 2022, já há no país incineradores para resíduos industriais, de serviços de saúde (RSS) e de equipamentos que contenham Bifenilas Policloradas (PCB, comercializados com o nome de ascarel). A aplicação da incineração para os RSU ou CDR de RSU, ainda não foi identificada nenhuma atividade no país. Porém, está em fase de implantação uma Unidade de Recuperação Energética (URE) para tratamento térmico de RSU e CDR (Combustível Derivado de Resíduos), em Barueri/SP. A URE terá capacidade para tratar 825 toneladas/dia, com potência instalada de 20 MW de energia (BRASIL, 2022). Segundo dados constantes no site da própria empresa, entrará em operação em 2025 (URE BARUERI, 2023). Outras duas plantas de recuperação energética receberam licenças ambientais, uma em Mauá, em São Paulo, e outra no Caju, na cidade do Rio de Janeiro (BRASIL, 2022).

Após a coleta dos resíduos, separada por origem e tipo, o sistema de gerenciamento integrado deverá efetuar a recuperação ou valorização secundária dos materiais (através da reciclagem), o tratamento biológico da matéria orgânica (através da compostagem), o tratamento térmico (através da incineração) e a destinação final em aterros sanitários (Porto Alegre, 2013).

O potencial de produção de energia a partir de RSU se encontra, principalmente, nas duas últimas formas de destinação listadas, ou seja, através da queima dos resíduos em incineradores e através do gás de aterro gerado a partir da decomposição dos resíduos.

Biogás

Conforme já citado na seção 2.5, os subprodutos da degradação da matéria orgânica no aterro sanitário são o lixiviado e o biogás. A geração e uso de biogás é um processo biológico que envolve a degradação de compostos orgânicos sob condições anaeróbias, resultando na produção desse combustível (GUWY, 2004). O biogás é composto principalmente pelos gases CO_2 e CH_4 (CHRISTENSEN *et al.*, 2001; ZACHOW, 2000). O biogás pode ser produzido a partir de diversos resíduos orgânicos, como resíduo doméstico, resíduos agrícolas e lodo de esgoto, com composição variando entre 40% e 80% de CH_4 (PECORA, 2006; GARCILASSO, 2012).

Para o aproveitamento energético desse combustível é preciso primeiro, prever a quantidade possível a ser gerada no aterro sanitário. Modelos matemáticos são utilizados para estimar a geração teórica de biogás mas, a previsão exata é difícil devido à influência de características próprias associadas aos resíduos, além das condições locais. Neste sentido, para utilizar estes modelos matemáticos teóricos é preciso inicialmente saber a caracterização do RSU recebido (MEDEIROS *et al.*, 2016)

Comparando diferentes modelos, Medeiros *et al.*, (2016) apresentaram um comparativo entre diversas metodologias para a previsão de geração de biogás e compararam com os dados de geração de um aterro. Neste estudo, a metodologia UNFCCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, ou United Nations Framework Convention on Climate Change) foi a que se aproximou mais da geração real de biogás.

Uma das unidades de recebimento de resíduos do Rio Grande do Sul, Aterro Sanitário da Central de Resíduos do Recreio (CRR), localizado em Minas do Leão, possui, desde 2015, uma unidade de geração de energia elétrica a partir da captura e aproveitamento do biogás obtido no local. A unidade geradora possui potência de 8,5 MWh, podendo atender em torno de 100 mil habitantes (ANDREAZZA, 2023). Com o sistema, a empresa chega a destruir até 98% do gás metano presente no biogás gerado no aterro, correspondendo a uma redução de emissão de 400 mil toneladas equivalentes de CO₂ por ano (CRVR, 2020).

Processos Termoquímicos

Antes de serem destinados à disposição final, os RSU podem passar por tratamentos que agregam valor econômico ao aproveitar seu potencial energético e assim reduzir impactos ambientais já mencionados. Devido à considerável presença de matéria orgânica na composição dessas substâncias, os RSU têm potencial como fonte de energia e para a recuperação de produtos associados a eles. Conforme Belgiorno e colaboradores, (2002), o tratamento termoquímico dos RSU envolve a alteração das estruturas químicas sob altas temperaturas. Esse processo termoquímico pode ocorrer por meio de três vias principais: combustão, gaseificação e pirólise, cada uma com operações e produtos resultantes distintos.

A relevância dos processos termoquímicos no tratamento dos RSU, conforme destacado por Stantec (2011), é multifacetada. Esses processos reduzem o volume de resíduos gerados, minimizando conseqüentemente a demanda por áreas de disposição. Ao mesmo tempo, eles aproveitam o potencial energético dos resíduos, recuperam compostos químicos e minerais para reutilização em outras aplicações e contribuem para a mitigação de contaminantes presentes nos RSU que possam degradar o meio ambiente.

Incineração e Combustão

Frequentemente empregada para tratar RSU, ocorre em temperaturas elevadas (700 °C a 1400 °C) e envolve a queima dos resíduos com excesso de oxigênio. Os principais produtos gerados nesse processo são o gás CO₂ e o vapor de água (vapor d'água) sendo amplamente utilizados para aquecimento e geração de eletricidade (BASU, 2010).

A utilização da queima controlada de RSU para a recuperação de energia é a abordagem mais promissora em termos de produção de eletricidade. Essa técnica envolve a captura do calor gerado durante a combustão para a produção de vapor, que, por sua vez, aciona uma turbina ligada a um gerador. O processo de geração de energia térmica a partir de RSU é essencialmente o mesmo que é empregado em usinas termelétricas convencionais, e sua capacidade de geração depende, em grande parte, do teor de calor dos materiais (MMA, 2022).

Atualmente, estão sendo conduzidos diversos estudos para avaliar a viabilidade da recuperação de energia a partir de RSU, empregando diversas tecnologias, incluindo a combustão. No entanto, há um debate acalorado em torno dos desafios associados à utilização de RSU como fonte de energia devido à falta de informações abrangentes sobre a composição dessas substâncias. Essa dificuldade é mais notável em países em desenvolvimento, onde a coleta inadequada de resíduos resulta na escassez de dados. Além disso, existem preocupações em relação aos custos e aos investimentos associados a essa abordagem, quando comparados às tecnologias já existentes (ANEEL, 2021).

No Japão, a usina termelétrica de ciclo a vapor, conforme descrita por Liu e colaboradores, (2020), possui capacidade para processar 170 toneladas de RSU por dia. O ciclo utiliza uma razão de ar de 1,2 e tem uma ampla faixa de Poder Calorífico Inferior (PCI), variando de 8.100 a 15.900 kJ/kg. Durante o processo, a vazão mássica do vapor atinge 10,8 kg/s, com uma pressão de 5 MPa e uma temperatura de 420°C. A potência gerada pela turbina é de 6.290 kW, e a eficiência do ciclo é de aproximadamente 20%.

Essa abordagem de geração de energia a partir de RSU apresenta várias vantagens, entre elas, a redução do volume de resíduos depositados em aterros, e, o controle de doenças relacionadas à contaminação desses locais. Além disso, a queima dos RSU ajuda a diminuir as emissões de carbono ao substituir o uso de combustíveis fósseis, ao mesmo tempo em que reduz a produção de CH_4 liberado na atmosfera a partir de aterros sanitários. Vale destacar que a energia térmica gerada durante a incineração dos resíduos, também é aproveitada para derreter neve nas estradas (LIU et al., 2020).

No entanto, esse processo de geração de energia a partir de RSU não está isento de desafios. A necessidade de aterros para o descarte das cinzas resultantes da incineração é um ponto a ser considerado, embora seja possível utilizar essas cinzas na produção de cimento. Além disso, as usinas de incineração de RSU envolvem um alto custo tanto em termos de construção quanto de operação, e o preço de venda da energia gerada a partir de RSU pode não cobrir adequadamente esses custos operacionais. Também há preocupações com possíveis riscos para a saúde humana associados à operação dessas usinas, e a quantidade mínima de resíduos necessária para que o processo seja viável pode entrar em conflito com práticas de redução, reutilização e reciclagem de resíduos (LIU et al., 2020).

No contexto de uma proposta de usina para o Brasil, o modelo em consideração é um ciclo combinado que integra o uso de gás natural e a incineração de RSU para geração de energia, conforme detalhado por Santi (2012). No ciclo a gás, o gás natural é utilizado como combustível, com um Poder Calorífico Inferior (PCI) de 38.000 kJ/kg. A mistura de ar e gás natural tem uma razão de 2,14, e a temperatura de admissão do ar é de 25°C. A saída da turbina a gás atinge uma temperatura de 530°C, gerando uma potência de 40 MW. O combustor de RSU é parte integrante do sistema, com um PCI específico para RSU de 5.000 kJ/kg. A vazão mássica de RSU é de 7,2 toneladas por hora, enquanto a vazão mássica de ar é de 93,6 toneladas por hora, resultando em uma razão ar/combustível de 1,62. O ciclo combinado como um todo gera uma potência elétrica total de 57,6 MW, com uma eficiência térmica de 54,2%. Essa abordagem oferece várias vantagens, incluindo a prolongação da vida útil dos aterros, a recuperação de energia a partir dos RSU e a contribuição para a redução das emissões de CO₂, uma vez que, menos CO₂ é liberado durante a decomposição dos resíduos nos aterros. No entanto, também apresenta desvantagens, como a emissão de gases resultantes da combustão dos RSU, que podem representar riscos à saúde, e a necessidade de investir em tecnologias para o controle das emissões, o que pode acarretar custos adicionais (SANTI 2012).

Gaseificação

A gaseificação de RSU é um processo termoquímico pelo qual se converte material carbonáceo na presença de uma quantidade reduzida de oxidante, inferior à quantidade estequiométrica, resultando na formação de um produto gasoso em altas temperaturas (YADAV E JAGADEVAN, 2019; LIU *et al.*, 2019). Esse produto gasoso é conhecido como gás de síntese ou syngas. Vale destacar que esse processo pode ser classificado como auto-térmico, no qual parte do combustível é queimado internamente para fornecer o calor necessário à gaseificação do material restante, ou como alotérmico, em que o calor é proveniente de uma fonte de calor externa.

A tecnologia de gaseificação abre caminhos inovadores para a utilização eficaz de RSU, transformando o que costumava ser um problema ambiental em um recurso ambiental e socialmente responsável. Essa abordagem permite a produção de biogás, eletricidade e calor, oferecendo diversas oportunidades comerciais (ABRELPE, 2015).

Embora atualmente existam 100 usinas de gaseificação de RSU em operação em todo o mundo, elas enfrentam desafios significativos, operando em condições sub-comerciais devido à complexidade da conversão de RSU. Isso se deve principalmente à considerável heterogeneidade desses resíduos (INTHARATHIRAT e SALAM, 2016). Segundo Matsakas e colaboradores (2017), a gaseificação envolve processos de conversão complexos e ainda está em fase de desenvolvimento técnico.

No Brasil, uma única iniciativa está em andamento na cidade de Boa Esperança, no estado de Minas Gerais, conduzida pela Furnas Centrais Elétricas (Furnas) como parte de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) regulamentados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Segundo Menezes Neto (2018), este projeto de P&D, intitulado “Utilização de Energia e Geração de Eletricidade a partir de RSU por Meio de Reator Termoquímico” (Código ANEEL PD-0394-1602/2016), propõe o uso da tecnologia de gaseificação baseada em reator termoquímico de leito fluidizado circulante para gerar gás. Esse gás será posteriormente utilizado em uma caldeira para a queima e geração de vapor, acionando uma turbina no ciclo Rankine para gerar eletricidade.

Pirólise

A pirólise é um processo realizado na ausência de oxigênio, e ocorre em temperaturas comparativamente mais baixas do que aquelas utilizadas na incineração, variando entre 250 °C e 700 °C, dependendo dos objetivos de produção. No processo, os produtos gerados são o carvão, o óleo pirolítico (ou bio óleo) e um gás composto por H₂, CO₂, CO e CH₄ (CHHITI; KEMIHA, 2013; STANTEC, 2011).

De acordo com Coser (2021), pirólise é definida como a degradação térmica de materiais orgânicos na ausência parcial ou total de um agente oxidante. Ainda, segundo o autor, para início do processo, se faz necessário a separação mecânica (pré-tratamento) dos resíduos, retirando os metais, vidros e materiais inertes. Após, através da aplicação de uma fonte externa de calor na câmara, ocorre o início da decomposição térmica dos materiais orgânicos a uma temperatura de aproximadamente 300°C, aumentando para 800°C com uma atmosfera não reativa (MOYA *et al.*, 2017).

Em 2019 a Fundação de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM-RS) concedeu licença de instalação para duas plantas para tratamento de resíduos por pirólise. Uma delas, localizada em Canoas, com autorização para promover pirólise de resíduos de Classe II, com volume total de 12 toneladas de resíduos por dia. A segunda, localizada em Farroupilha, com autorização para tratamento de resíduos Classe IIA, em um volume total de 600 toneladas por dia. Cabe ressaltar que, nenhuma delas recebeu licença de operação, e a segunda planta (Farroupilha) a empresa envolvida possui auto de infração emitido em 2023, por operar atividade poluidora sem licenciamento. Recentemente, em 2023, a FEPAM concedeu licença prévia para tratamento de até 5 toneladas de resíduos por dia, via pirólise, para a Universidade de Caxias do Sul (FEPAM, s.d.)

CONCLUSÃO

O artigo abordou a problemática dos RSU no Estado do Rio Grande do Sul, contextualizando a situação atual, suas implicações ambientais e as possíveis abordagens para um gerenciamento mais eficiente. A partir das informações apresentadas, é possível destacar alguns pontos cruciais que serão elencados nos parágrafos seguintes.

O artigo ressalta que os RSU são um desafio crescente devido ao aumento populacional, crescimento econômico e padrões de consumo. A geração excessiva de resíduos contribui para impactos ambientais negativos, incluindo a destinação inadequada em aterros sanitários e a emissão de gases de efeito estufa.

O cenário de resíduos no Rio Grande do Sul espelha a situação nacional, com altos índices de geração e destinação inadequada, destacando a necessidade de abordagens sustentáveis. O Rio Grande do Sul enfrenta um desafio significativo no gerenciamento de RSU, com a demanda crescente por ações que promovam a redução, reutilização, reciclagem e a destinação ambientalmente correta.

A problemática dos RSU requer uma abordagem integral, envolvendo a participação ativa de órgãos governamentais, setor industrial, comunidades e cidadãos. A efetiva implementação das políticas públicas, incluindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos e a elaboração de Planos de Gestão de Resíduos Sólidos, juntamente com o estímulo à reciclagem, compostagem e valorização de resíduos, são etapas essenciais para promover a sustentabilidade ambiental e proteger a saúde pública.

Assim sendo, a gestão de resíduos sólidos no Estado do Rio Grande do Sul exige uma abordagem abrangente e comprometida, que abarque a aplicação rigorosa das políticas existentes, investimentos em tecnologias inovadoras e a promoção da conscientização da população. A busca por soluções sustentáveis e a adoção de práticas responsáveis beneficiarão não apenas o meio ambiente, mas também contribuirão para a melhoria da qualidade de vida das atuais e futuras gerações.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8419 - Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos**. Rio de Janeiro: 1992.

ANDREAZZA, R. C. L. **A geração quali-quantitativa de metano através da disposição final de resíduos sólidos em aterro sanitário no estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado em Ambiente e Sustentabilidade. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul. 2023.

ANEEL. **I Seminário Desafios da Geração de Energia com Resíduos Sólidos Urbanos - 8/12/2021 - Parte 1**. 09 dez. 2021. 1 vídeo (2 h 57 min 04 s). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=dZk-fve7Qpk&t=62s>>. Acesso em: Set. 2023.

ATSDR, Agency for Toxic Substances Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services. **Investigation of cancer incidences and residence near 38 landfills with soil gas migration conditions.** New York State. 1980-1989. Prepared by the New York State Department of Health. Division of Occupational Health and Environmental Epidemiology. Bureau of Environmental and Occupational Epidemiology. PB98-142144. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. (2015). **Estimativas dos custos para viabilizar a universalização da destinação adequada de resíduos sólidos no Brasil.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022.**

BASU, Prabir. **Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory.** Burlington: Ed. Elsevier, 2010.

BELGIORNO, V. et al. **Energy from gasification of solid wastes.** Waste Management, v. 23, n. 1, p. 1-15, 2003. ISSN 0956-053X.

BRASIL. (2012) Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos Versão Preliminar.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

BRASIL. (2014) Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Nota técnica DEA 16/14- Estudo sobre a Economicidade e Competitividade do Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos.** Rio de Janeiro. 2018.

BRASIL. (2014) Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Nota técnica DEA 18/14 - Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos.** p 1-50. Rio de Janeiro, 2014.

BRASIL. (2018) Ministério do Meio Ambiente. Assessoria de Comunicação Social. **54% dos municípios têm plano de resíduos sólidos.**

BRASIL. (2019) Ministério do Meio Ambiente. Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – SINIR. **Inventário Nacional de Resíduos Sólidos, 2019.** Dados atualizados em 10/08/2021.

BRASIL. (2022) Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares.** Coordenação de André Luiz Felisberto França. *et. al.* Brasília, DF: MMA, 2022. 209 p.

BRASIL. **Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos [...].

BRASIL. **Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020.** Atualiza o marco legal do saneamento básico [...].

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos.** Brasília, DF: Presidência da República. 2022.

CASSINI, S.T.; COELHO, S.T.; PECORA, V. **Biogás- Biocombustíveis ANP**. In: Carlos Augusto G. Perlingeiro. (Org.). *Biocombustíveis no Brasil - Fundamentos, Aplicações e Perspectivas*. C. Rio de Janeiro: Synergia Editora, 2014, v. 1, p. 136-167.

CHHITI, Y.; KEMIHA, M., **Thermal Conversion of Biomass, Pyrolysis and Gasification: A Review**. *The International Journal of Engineering AndScience*, v. 2, n.3 p. 75-85. 2013.

CHRISTENSEN T. H. et al. **Biogeochemistry of landfill leachate plumes**. *Applied Geochemistry*, v 16. n .7. 2001. 659 – 718p.

COSER, I. S. **Estudo e Análise de Geração de Energia Elétrica Utilizando de Resíduos Sólidos Urbanos**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis (SC). 2021.

CRAWFORD. J.F.; SMITH. P.G. **Landfill Technology**. London: Butterworths. 1985.

CRVR – Central de Resíduos do Recreio. 2020. **Sistema de captura e queima controlada de biogás**. Disponível em: < <https://crvr.com.br/home/>>. Acesso em: Out. 2023.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA – DMLU. **Coleta Seletiva completa 32 anos na Capital recolhendo 45,6 toneladas de recicláveis por dia**. Disponível em: <<https://prefeitura.poa.br/dmlu/noticias/coleta-seletiva-completa-32-anos-na-capital-recolhendo-456-toneladas-de-reciclaveis>>. Acesso em: Ago. 2023.

ENSINAS, A. V. **Estudo da geração de biogás no aterro sanitário delta em Campinas–SP**. 2003. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Pós-Graduação na Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas. São Paulo. 2003.

EPA. U.S. Environmental Protection Agency. **Energy Recovery from the Combustion of Municipal Solid Waste (MSW)**. 2023. Disponível em: <<https://www.epa.gov/smm/energy-recovery-combustion-municipal-solid-waste-msw>>. Acesso em: Set. 2023.

EUROSTAT, Statistical Office of the European Union. **Municipal Waste Generation and Treatment, by Type of Treatment Method**. Disponível em <<http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>>. Acesso em: Jun. 2023.

EUROSTAT, Statistical Office of the European Union. **Primary Production of Renewable Energy by Type - Municipal Waste (Renewable)**. Disponível em <<http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>>. Acesso em: Jun. 2023.

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler. Licenciamento. Disponível em <http://ww3.fepam.rs.gov.br/licenciamento/Area1/default.asp> >. Acesso em: Out. 2023.

GARCILASSO, V. P.; GRISOLI, R. P. S.; CORTEZ, C. L.; POVEDA, M. M. R.; BRAUNE, A. V.; LIMA, A.; COELHO, S. T.; NOGUEIRA, A. R.; FERNANDES, L. E. D.; SILVA, G. A.; SCHOTT, A. K. E. B. S. **Comparação do desempenho ambiental de alternativas para a destinação de resíduos sólidos urbanos com aproveitamento energético**. In: III Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida de Produtos e Serviços, 2012, Maringá. *Anais do III Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida de Produtos e Serviços*. 2012.

Goswami, D. Yogi; Kreith, Frank. **Energy Efficiency and Renewable Energy Handbook (Mechanical and Aerospace Engineering Series)**. 2ª edição. CRC Press, 2015.

GRISA, D. C.; CAPANEMA, L. X. de L. **Resíduos sólidos** = Municipal solid waste. In: PUGA, F. P.; CASTRO, L. B. (Org.). *Visão 2035: Brasil, país desenvolvido: agendas setoriais para alcance da meta*. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, p. 415-438. 2018.

GUWY, A. J. **Equipment used for testing anaerobic biodegradability and activity, Reviews**. In: *Environmental Science and Bio/Technology*, v.3. n.2. 131–139p. 2004.

ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DA LIMPEZA URBANA - ISLU. **Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana** - edição 2022. São Paulo, 2022. Disponível em: <<https://selur.org.br/wp-content/uploads/2022/10/ISLU-2022a.pdf>>. Acesso em: Ago. 2023.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos de Logística Reversa Obrigatória**. Brasília, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Panorama Censo 2022**.

INTHARATHIRAT, R., & SALAM, P. A. (2016). **Valorization of MSW-to-energy in Thailand: status, challenges and prospects**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/281389925_ValORIZATION_of_MSW-to-Energy_in_Thailand_Status_Challenges_and_Prospects>. Acesso em: Set. 2023.

KAUR, R. et al. **Thermochemical route for biohydrogen production**. 2 ed. Amsterdam: Elsevier, 2019, 525 p.

LIU, Chen; NISHIYAMA, Toru; KAWAMOTO, Katsuya; SASAKI, So. **Waste to Energy Incineration. CCET guideline series on intermediate solid municipal waste treatment technologies**. 2020. Disponível em: <https://ccet.jp/sites/default/files/2020-10/WtEI%20guideline_web_201014.pdf>. Acesso em: Set. 2023.

Matsakas, L., Gao, Q., Jansson, S., Rova, U., & Christakopoulos, P. (2017). **Green conversion of municipal solid wastes into fuels and chemicals**. *Electronic Journal of Biotechnology*, 26, 69-83.

MEDEIROS, Rodrigo Ramos. **DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO URBANO GERADO EM UM ESTADO**. In: Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, 6. 2023, Foz do Iguaçu. Vol. 6 (2023): 6o. Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade.

MEDEIROS, Rodrigo Ramos; WANDER, Paulo R.; MIRANDA, L.A.S. **Analysis of the Differences between Actual Data and USEPA, UNFCCC and IPCC Methodologies for Estimating Landfill Methane Generation Potential**. In: European Biomass Conference e Exhibition, 24. 2016, Amsterdam. Anais. Amsterdam, 2016.

Mehta, Paul; Thumann, Albert. **Handbook of Energy Engineering**. 8ª edição. River Publishers, 2021.

Menezes Neto, João Teles de. **Análise de viabilidade técnica e econômica da tecnologia de gaseificação como alternativa para o aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos**. Dissertação de Mestrado. Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2018.

MOYA, Diego; ALDÁS, Clay; LÓPEZ, Germánico; KAPARAJU, Prasad.. **Municipal solid waste as a valuable renewable energy source: a worldwide opportunity of energy recovery by using Waste-To Energy Technologies**. Chania: Elsevier, 2017.

OLIVEIRA, Luciano Basto. **Potencial de Aproveitamento Energético de Lixo e de Biodiesel de Insumos Residuais no Brasil**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2004.

PARADELA, Filipe Manuel Ramos. **Estudo da pirólise de misturas de resíduos plásticos e de biomassa**. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2007.

PECORA, V. **Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP – Estudo de Caso**. 2006. 152p. Dissertação (Mestre em Energia). Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE) do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento (Lixo, Esgoto), Visando Incrementar o uso de Biogás como Fonte Alternativa de Energia Renovável**. São Paulo: 2010.

PORTO ALEGRE, Prefeitura Municipal de. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, Volume 1 – Diagnóstico e Prognóstico**. Porto Alegre: 2013.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE – PNUMA. Painel Internacional de Recursos. **Extração e uso de recursos naturais aumentam mais do que crescimento populacional, alerta novo relatório da ONU**. 2019. Disponível em: <<https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/press-release/extracao-e-uso-de-recursos-naturais-aumenta-mais-do-que>>. Acesso em: Ago. 2023.

ROCHA DA CUNHA, E. **Avaliação do Processo de Bioestabilização de Resíduos Sólidos Urbanos em Lisímetro de Campo**. 2009. 112p. 2006. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade de Pernambuco, Recife, 2009.

RICHA V. KARANJEKAR. ARPITABHATT. SAID ALTOUQUI. NEDAJANGIKHATOONABAD. VENNILADURAI. MELANIE L. SATTLER. M.D. SAHADAT HOSSAIN. VICTORIA CHEN. **Estimating CH₄ emissions from landfills based on rainfall, ambient temperature and waste composition: The CLEEN model**. Journal Waste Management. Ed. 46. p. 389–398. 2015.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 14.528/2014**. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos [...].

SALAMONI, G. P. D. **Compressibilidade de resíduos sólidos urbanos devido aos processos de biodegradação em um aterro sanitário**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Santa Maria, 2019.

SANTI, Alexandre. **Estudo da eficiência da geração de eletricidade a partir de gás natural e resíduos sólidos urbanos**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

SANTOS, A., Silva, B., & Oliveira, C. **Desafios e perspectivas para a gestão de resíduos sólidos urbanos na região sul do Brasil**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental, 14(3), 176-189. 2020.

SANTOS, Guilherme Garcia Dias. **Análise e Perspectivas de Alternativas de Destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos: o Caso da Incineração e da Disposição em Aterro**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011.

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Uso de Resíduos e Dejetos como Fonte de Energia Renovável**. Brasília: 2014.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (SINIR). **Planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos Brasil**: SINIR 2016.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS – SINIR. **Resíduos Sólidos Urbanos**.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS – SINIR. **Inventário Nacional de Resíduos Sólidos 2019**. Dados atualizados em 10/08/2021.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS – SINIR. **Painel de Destinação de RSU, 2019**.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS – SINIR. **Painel de Destinação de RSU, 2015**

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico Temático, Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos, Visão Geral ano de referência 2020**. Brasília, dezembro de 2021.

Stantec Consulting Ltd., **WASTE TO ENERGY: A Technical Review of Municipal Solid Waste Thermal Treatment Practices – Final Report**. Burnaby, BC, 2011.

URE - UNIDADE DE RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA BARUERI. Disponível em: <https://urebarueri.com.br/>. Acesso em Out. 2023.

WTERT, Waste-to-Energy Research and Technology Council Brasil. **Geração de Energia Elétrica com Resíduos Sólidos Urbanos - Usinas “Waste-to-Energy” (WTE)**. Rio de Janeiro: 2012.

YADAV, K.; JAGADEVAN, S. **Influence of process parameters on synthesis of biochar by pyrolysis of biomass: an alternative source of energy**. In: IBRAHIM, H. A. Recent advances in pyrolysis. Intechopen, 2019. cap 3, 2019

ZACHOW, C. R. **Biogás**. Departamento de Tecnologia. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 2000.

REÚSO DE ÁGUAS CINZAS EM QUINTAIS PRODUTIVOS NO TERRITÓRIO SERTÃO DO ARARIPE

Data de aceite: 01/11/2023

Jose Washington Gomes Coriolano

Discente no Doutorado do PPGADT-
UNIVASF, Brasil

Lucia Marisy Souza Ribeiro de Oliveira

Dra. em Desenvolvimento Socioambiental
- Professora no PPGADT-UNIVASF, Brasil.

RESUMO: Sabe-se que águas cinzas refere-se à água outrora utilizada em residências, agriculturas e que, após ser submetido por um tratamento específico, qualifica-se para o reúso de forma a atender diversas necessidades: usos urbanos, industriais e agrícolas, o que torna a sua utilização de grande importância para o uso eficaz e racional da água. O presente estudo versa sobre o reúso de águas cinzas em quintais produtivos agroflorestais familiares e possui como objetivo analisar a eficácia dessa tecnologia no sistema produtivo, de maneira a observar a participação da mulher dentro desse contexto e os possíveis riscos de contaminação nos alimentos a serem consumidos pela população. Portanto, trata-se de um estudo exploratório, descritivo e qualitativo a partir do diagnóstico rural participativo com as famílias tomadas como amostra para estudo da Região do Araripe.

Como resultado, constatou-se que essa atividade é realizada prioritariamente por mulheres que, tendo assistência técnica por profissionais vinculados ao Centro de Assessoria e Apoio aos Trabalhadores e Instituições Não-Governamentais Alternativas - CAATINGA, com foco nessa tecnologia social, contribuiu para a economia, segurança alimentar das famílias, geração de trabalho e renda e com considerável impacto na melhoria da qualidade de vida.

PALAVRAS-CHAVE: Gênero; agricultura familiar; sistema agroflorestal.

REUSE OF GRAY WATER IN PRODUCTIVE BACKYARDS IN THE SERTÃO DO ARARIPE TERRITORY

ABSTRACT: It is known that gray water refers to water formerly used in homes and agriculture and which, after undergoing specific treatment, qualifies for reuse in order to meet various needs: urban, industrial and agricultural uses, which makes its use of great importance for the effective and rational use of water. The present study deals with the reuse of gray water in productive family agroforestry backyards and aims to analyze the effectiveness of this technology in the

production system, in order to observe the participation of women within this context and the possible risks of contamination in the food to be consumed. by the population. Therefore, this is an exploratory, descriptive and qualitative study based on participatory rural diagnosis with families taken as a sample for the study in the Araripe Region. As a result, it was found that this activity is carried out primarily by women who, having technical assistance from professionals linked to the Center for Advisory and Support for Workers and Alternative Non-Governmental Institutions - CAATINGA, focusing on this social technology, contributed to the economy, food security for families, generation of work and income and with a considerable impact on improving quality of life.

KEYWORDS: gender; family farming; agroforestry system.

INTRODUÇÃO

A região semiárida do Nordeste brasileiro tem como característica principal baixa precipitação pluviométrica, o que dificulta ao agricultor familiar produzir alimentos para a sua sobrevivência e a manutenção do rebanho de pequenos animais, o que tem motivado os profissionais da pesquisa e da extensão rural a buscarem soluções técnicas e tecnológicas viáveis, capazes de mitigar esse problema com respeito ao meio ambiente.

Nesse contexto, está o sistema que reúso águas cinzas, termo utilizado para se referir à água utilizada no banho, no processo de lavagem de louças e roupas e outros usos de fontes domiciliares e que podem ser tratadas para a reutilização na agricultura familiar.

O reúso de águas cinzas visa a promoção da Agroecologia e da educação nutricional¹, contribuindo para a segurança alimentar da família, principalmente aquelas em situação de pobreza, e a geração de trabalho e renda pela comercialização do excedente da produção (FRIEDLER, 2001; SALGOT, 2006; HURLIMANN, 2008). Portanto, o reúso é o uso de água tratada para fins não-potáveis ou para substituir a água consumida normalmente. Quando este sistema é adotado, além de haver uma economia financeira para o consumidor, há uma contribuição para a redução da água coletada de mananciais e do efluente gerado por ele, o que resulta em menores estações de tratamento de esgoto.

A metodologia utilizada para a realização deste trabalho trata-se de estudo exploratório, descritivo e qualitativo a partir do diagnóstico rural participativo, com as famílias tomadas como amostra para estudo da Região do Araripe. Entretanto, quando cita-se a pobreza, considera-se como aquela advinda da ausência do alcance aos direitos primordiais da população como a falta de acesso a serviços essenciais, como, saneamento básico, saúde, educação, energia e outros bens de consumo, sobretudo alimentos para a manutenção da vida digna, daí a importância de se buscar formas não convencionais para garantir segurança alimentar e nutricional em quantidade e qualidade suficientes, conforme determina a Constituição Federal no Art. 6º ; o Sistema Nacional de Segurança Alimentar

¹ Educação nutricional: Conceitua-se como um objeto de ação multiprofissional, intersetorial e transdisciplinar, em que o conhecimento e o aprendizado, contínuo e permanente, propõem-se a desenvolver a autonomia e a voluntariedade ante os hábitos alimentares saudáveis. (BOOG, 2013)

e Nutricional - SISAN e a Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional - PNSAN (Lei nº 11.346/ 2006).

Nesta experiência vivenciada no Araripe, é relevante apontar o protagonismo feminino na gestão dos quintais produtivos, por ser das mulheres a responsabilidade da sua condução. O quintal produtivo agroecológico é uma tecnologia modular que pode ser adaptada às condições de área, terreno, clima, dentre outros fatores, de fácil aplicação e replicabilidade, possibilitando a participação de todos os membros da família, com troca de saberes e disseminação de novos conhecimentos (COSTA, T. P.; SILVA, A. S., 2022).

É de domínio público a resistência que a prática do reúso para fins da agricultura apresenta para a maioria da população, especialmente aqui no Brasil, independente de características demográficas como idade, gênero, educação e renda. Porém, os esgotos tratados constituem adubos naturais para a produção de alimentos, o que pode elevar a produção agrícola e, conseqüentemente, a geração de emprego e retorno econômico em regiões semiáridas. (FRIEDLER *et al.*, 2016).

Assim, fomentar o desenvolvimento dos empreendimentos da agricultura familiar, através de tecnologias sociais, torna-se uma importante alternativa para potencializar a produção, consolidar os arranjos produtivos regionais e contribuir para a redução das desigualdades socioeconômicas no meio rural. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a eficácia da tecnologia social, do reúso de águas cinzas na agricultura familiar e agroflorestal para produção de alimentos, com base nos princípios da agroecologia nos quintais produtivos da região do Araripe.

REVISÃO DE LITERATURA

Com a realidade dos impactos ambientais, desertificação e degradação do solo de áreas agrícolas, desmatamento na região do território sertão do Araripe, que dificultam a permanência de famílias agricultoras no campo, faz-se necessário o uso de tecnologia sociais e de convivência com o semiárido, já disponíveis nos centros de pesquisa, na academia, nas organizações não governamentais e nos serviços de assistência técnica rural. Entendendo que os recursos naturais, são a base dos sistemas produtivos agropecuários e florestais, principalmente em regiões onde as práticas agrícolas utilizam poucos insumos externos, nota-se que a degradação destes recursos, representa um dos principais problemas da região semiárida brasileira, onde diversas famílias, obtêm não só o seu auto sustento, como a geração de renda e outras oportunidades desses recursos. Na atualidade, as tecnologias de convivência no semiárido, seja nos quintais produtivos agroflorestais, no uso das cisternas calçadão, no armazenamento de água em barragem subterrânea, no tanque de pedra, bioágua ou reúso de águas cinzas, têm se constituído ferramentas importantes para a sobrevivência com dignidade das famílias, que vivem e trabalham no semiárido.

Convivência com o semiárido

O semiárido no Brasil é caracterizado pela precipitação pluviométrica anual média inferior a 800 mm; índice de aridez de até 0,5; e o risco de seca maior que 60% (BRASIL, 2005a). apresentam características de insolação média de 2.800 h/ano, temperaturas médias anuais de 23 °C a 27 °C, evaporação média de 2.000 mm/ano e umidade relativa do ar média em torno de 50%. O Semiárido brasileiro, com estas características de forte insolação, temperaturas altas e regime de chuvas com irregularidades e concentrações em períodos curtos, de baixa intensidade pluviométrica. Que devido à baixa precipitação pluviométrica, dificulta a produção de alimentos e plantas forrageiras na agricultura familiar. As secas são eventos climáticos complexos, com sua evolução lenta e silenciosa, que se tornam riscos potenciais, para os sistemas naturais e humanos (CARVALHO, 2012; HAGENLOCHER et al., 2019). Seus impactos são múltiplos e severos, podendo causar danos diretos e indiretos sobre os determinantes ambientais, econômicos, sociais (MAGALHÃES, 2016; HAGENLOCHER et al., 2019; MEZA et al., 2019), enfrentar esse desafio da relação, sobre água e seca, é considerar as transformações no qual o semiárido está localizado, pois não é uma região com características homogênea, com modificações socioeconômicas e culturais, de grande impacto no cotidiano de sua população.

A água deve ser destacada como um fator determinante para o desenvolvimento econômico, tendo em vista a sua condição de recurso natural, base para a produção de alimentos, geração de energia, produção industrial, turismo, comércio, transporte e infraestrutura, além de ter relação direta com o clima e com a biodiversidade (SCHELLEKENS et al., 2018; WATER EUROPE, 2020). Esta avaliação se faz presente e recorrente, nos últimos anos, da “crise da água” como fator chave de risco à economia global. (WORLD ECONOMIC FORUM, 2020).

As tecnologias sociais, estão voltadas para o armazenamento de água, como meio de conviver com a seca, demandando trabalho, produto e renda para a agricultura familiar, que convivem a cada ano, com esta realidade, mantendo a família no campo, com uma melhor qualidade de vida. O desenvolvimento destas tecnologias, na região semiárida brasileira, as adaptações para realidade do semiárido, são propostas das organizações da sociedade civil, estado, organização não governamentais, sindicatos, associações e cooperativas de agricultores familiares.

Reuso de águas cinzas nas agroflorestas

As soluções de saneamento são essenciais para a promoção da saúde humana e para a qualidade das águas e dos solos. O acesso a elas constitui direito social integrante de políticas públicas sociais, na saúde, no saneamento, na habitação e na segurança alimentar e nutricional, garantido pelo estado e constituição federal. As políticas públicas

de saneamento são, de forma multidimensional, técnicas, socioeconômicas e culturais, fundamentalmente como de saúde pública, tendo como objetivo alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental, diante das características regionais, em cada território nacional.

A geração de correntes de esgoto segregadas, também é influenciada por fatores como hábitos de vida, faixa etária dos ocupantes, cultura, sazonalidade, renda, pressão nas redes de abastecimento, tarifas de consumo, presença de hidrômetros e outros aspectos (QUEIROZ et al., 2019). O uso do esgoto doméstico tratado, é uma alternativa que além de suprir demandas hídricas, fornece nutrientes para as culturas agrícolas, assim como reduz poluentes que chegam aos riachos, rios e em outras fontes de água presentes na região. Portanto, uma das grandes preocupações do uso do esgoto doméstico na agricultura, consiste em adequá-lo aos critérios de qualidade higiênica recomendados pela OMS - Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006).

Apesar das inúmeras vantagens apresentadas pela prática de reutilização de água, uma desvantagem que merece destaque está relacionada ao risco associado à saúde humana (Rebelo et al., 2020; Zhiteneva et al., 2020), em função de presença elevada de organismos patogênicos. Neste aspecto, a qualidade do efluente é associada a diferentes modalidades de usos e manejos, dos sistemas de tratamento de águas cinzas, que por sua vez, são associadas a maiores ou menores riscos de contaminação microbiológica.

O atendimento de áreas rurais, remotas ou em núcleos urbanos informais, segundo o novo marco regulatório do saneamento básico, com a Lei Federal 14.026/2020, a entidade reguladora poderá autorizar o prestador a utilizar métodos alternativos e descentralizados para o fornecimento dos serviços de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgoto em áreas rurais, remotas ou em núcleos urbanos informais consolidados, com o objetivo de garantir a economicidade, sem prejuízo da sua cobrança, prescrito no art. 11-B, § 4º. Que mediante a aprovação do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), com base na recente lei, sobre saneamento básico, ampliou-se este plano em: (i) contemplar programa específico para ações de saneamento básico em áreas rurais; (ii) contemplar ações específicas de segurança hídrica; e (iii) contemplar ações de saneamento básico em núcleos urbanos informais ocupados por populações de baixa renda, quando estes forem consolidados e não se encontrarem em situação de risco, com base no Art. 52, §1º, incisos III a V. Que segundo SOUZA (2020) em relação a população, a lei federal 14.026/2020, revogou dispositivos que protegiam populações vulneráveis, de acordo com a renda, em que o saneamento rural foi gravemente prejudicado, com a supressão parcial do Art. 10, que permitia a contratação de operadores comunitários por meio de convênio ou termo de parceria. Trechos que permitem ao prestador utilizar métodos alternativos e descentralizados em áreas rurais, remotas ou em núcleos urbanos informais consolidados, sem prejuízo da cobrança, que reforçam a preocupação quanto à adoção de métodos menos seguros de oferta dos serviços, justamente onde concentra-se o déficit de acesso.

Portanto a difusão dessa tecnologia, depende de um conjunto de estratégias de convivência com o semiárido, compreender que o bioágua ou reuso de águas cinzas, dificilmente poderá se constituir sozinho, como alternativa sustentável para a produção de alimentos. As tecnologias sociais, associadas ao reuso das águas cinzas, podem viabilizar alternativas de produção de alimentos e forragens, tais como quintais produtivos e agroflorestal. Mais recentemente, em função das alterações climáticas, do crescimento populacional e da poluição generalizada dos corpos hídricos em ambientes urbanos, o reuso de água para diversos fins, vem sendo adotado em várias regiões do mundo (ANGELAKIS et al., 2018; SHOUSHARIAN & NEGAHBAN-AZAR, 2020; SANTOS et al., 2022).

A implantação e manejo de pequenos sistemas agroflorestais familiares, com a utilização da água cinza, que antes era destinada de forma bruta ao ambiente, propicia um ganho ambiental importante, por permitir a reutilização de um recurso cada vez mais escasso, além de não poluir o habitat, onde vivem e trabalham as famílias agricultoras, contribuindo assim para a preservação do ambiente natural da Caatinga (SILVA, 2019). Mas, mesmo com um volume baixo de água residuária armazenada, pode representar uma irrigação complementar para as plantas forrageiras e frutíferas em sistemas agroflorestais, aumentando gradativamente o volume de matéria seca e matéria verde, em períodos de deficiência hídrica no semiárido, com o cultivo de plantas tolerantes aos excessos de sais no solo e ao stress hídrico fisiológico, adotando-se o manejo ecológico do solo. Um dos fatores limitantes das funcionalidades dos sistemas de reuso de águas cinzas, está na identificação dos materiais filtrantes desta água residuária, nas condições da região semiárida, com a baixa disponibilidade de materiais que possam ser utilizados no manejo dos filtros biológicos ao longo do tempo, devido à baixa quantidade de água armazenando e da disponibilidade de minhocas durante todo o ano, bem como a reutilização dos rejeitos dos filtros em sistemas agrícolas produtivos.

Segundo o trabalho de pesquisa desenvolvido por Silva et al. (2019), na determinação da qualidade de águas cinzas, após o uso de filtros de carvão e esterco em sistemas agroflorestais do semiárido do Araripe e Pajeú, foi observado uma baixa eficiência, o efluente tem capacidade de ser empregado como água na irrigação, observando-se que o reuso das águas cinza em sistemas agroflorestais, depende dos elementos que estão presentes nas rotinas das residências, bem como no trato com os animais, para geração dos filtros de esterco. Na diminuição dos efeitos residuais de produtos químicos, na contaminação do solo e melhoria da qualidade da água para irrigação. Devendo-se, assim realizar novos parâmetros de pesquisas, na identificação da viabilidade social, cultural e econômica do sistema de reuso de águas cinzas em agrofloresta e quintais produtivos na região semiárida, na adoção desta tecnologia por parte das famílias, na identificação do manejo dos filtros e rejeitos, com o propósito de mostrar os resultados para os projetos e políticas públicas de convivência com o semiárido e inclusão no plano nacional de saneamento rural, associados a outras tecnologias sociais. Com base nos princípios de sustentabilidade, este

estudo mostrou que o reaproveitamento da água cinzas, para irrigação se constitui em uma tecnologia social, que promove a adoção de práticas agrícolas menos agressivas ao meio ambiente. Os impactos do reaproveitamento das águas, mostram que o mesmo pode contribuir significativamente para aumentar a renda da população beneficiada, sendo, portanto, uma tecnologia social a ser replicada no reuso de águas cinzas, em ambientes de unidades produtivas familiar e como estratégias de convivência com o semiárido. (Silva et al. 2019).

A agrofloresta, retrata a urgência da busca de alternativas de sistemas de produção, que respondam pelo incremento da renda familiar, pela redução dos processos degradativos e recuperação dos ecossistemas. Neste contexto, a exemplo do que vem ocorrendo em outras partes do mundo, com problemas idênticos, a opção pelos sistemas de produção agroflorestal, representa a melhor alternativa. Esses sistemas agrícolas, baseiam-se no uso de processos de produção de baixo impacto ambiental, com a produção agrícola, que mantém os ciclos geobioquímicos fechados, preservando as árvores, como garantia da circulação de nutrientes e reduzindo ao máximo a dependência de insumos externos. Os sistemas agroflorestais biodiversos, podem ser caracterizados como arranjos de produção, que compreende o cultivo de espécies arbóreas perenes, lenhosas ou não, em combinação interativa com cultivos agrícolas anuais e ou criação de animais em mesma unidade de terra, de maneira simultânea ou numa sequência temporal, aplicando práticas de manejo compatíveis com os padrões culturais da população local, de modo que ocorra interação entre os elementos que compõem o sistema (GRAZEL FILHO, 2008; PADOVAN; PEREIRA, 2012; PADOVAN et al., 2019).

Pois, ao longo das últimas décadas, a sociedade vem se conscientizando da importância do meio ambiente e sua preservação.

METODOLOGIA

Nesta pesquisa, trata-se de um estudo exploratório e descritivo, com abordagem qualitativa. Seguindo-se os procedimentos de estudo de caso, tendo como fonte de informações a pesquisa bibliográfica, de campo, com coleta e análise de dados secundários e primários, utilizando questionários, medição e observação (GIL, 1991; MINAYO & SANCHES, 1993). O trabalho de pesquisa em campo, foi realizado em 15 unidades unifamiliar, que já possuem este sistema hidráulico de reuso de águas cinzas implantados, desde o período de junho de 2018 e 2022, pela organização não governamental do Centro de Assessoria e Apoio aos Trabalhadores e Instituições Não-Governamentais Alternativas-ONG CAATINGA, em propriedades rurais familiares, no município de Ouricuri-PE e Bodocó-PE, no sertão do Araripe. Aplicando a ferramenta do diagnóstico rural participativo (DRP) com metodologia qualitativas, através de uma entrevista semiestruturadas, com as famílias nas unidades produtivas, com o reuso de águas cinzas, na unidade produtiva familiar, com

o uso de tecnologia sociais de convivência com o semiárido, com a participação do trabalho da mulher e família, apoiadas na observação dos participantes (VERDEJO, 2006; GIL, 2008). Obedecendo as normas do comitê de ética, em pesquisas com seres humanos, com as análises dos resultados desta pesquisa desenvolvida, dentro do programa de pós graduação em agroecologia e desenvolvimento territorial, da Universidade Federal do Vale do São Francisco – PPGADT-UNIVASF.

RESULTADOS

A estratégia modernizadora da agricultura convencional, fundamentou-se na chamada “revolução verde”, em que a pesquisa e o desenvolvimento dos modernos sistemas de produção foram orientados para a incorporação de “pacotes tecnológicos”, tidos como de aplicação universal e destinados a maximizar o rendimento dos cultivos em situações ecológicas, profundamente distintas, daquelas encontradas na agricultura tradicional (Soares, 2020). No Nordeste, é significativa a contribuição do sistema agroflorestal (SAF) agroecológico, na produção alimentar diversificada, para o consumo familiar, para venda do excedente, para o armazenamento da produção e da alimentação animal, bem como, para o cultivo em regiões com pouca disponibilidade de água e para o enfrentamento das mudanças climáticas (GONÇALVES, 2016; LONDRES et al., 2017). A Agrofloresta, por valorizar um conjunto de conhecimentos e práticas naturalmente apropriadas por elas, contribui muito nesse sentido. A participação em projetos agroflorestais, estimula a articulação das mulheres na busca de alternativas inovadoras e aumenta as chances de sucesso das iniciativas de base agroecológica. Com um potencial multiplicador, essas ações podem, por um lado, conferir força ao protagonismo das mulheres e promover um desenvolvimento rural autêntico e sustentável em escala local, e, por outro, dar visibilidade e expandir essas experiências para outras comunidades rurais da região e do país (SANTOS, 2017).

Para ampliar as áreas e pessoas beneficiadas pelo agroflorestamento agroecológico do território, algumas ações são prioritárias, como a retomada de políticas públicas de mercados institucionais como PNAE, PAA, processos formativos em universidades e institutos federais integrados com a sociedade civil, através dos núcleos de estudos em agroecologia, com a política nacional de agroecologia e produção orgânica, ATER agroecológica, reforma agrária popular, regularização fundiária e fomento para implantação e execução das políticas públicas. Ressalta-se que o aporte de recursos públicos, privados e até de fontes internacionais, para equipes multidisciplinares atuarem junto às famílias agricultoras, aliado a fomentos, é estratégico para a mudança de paradigma e a adoção de sistemas biodiversos, evidenciado pela formação de alguns polos regionais com sistemas agroflorestais. Identificando, que a maior capacidade de armazenamento de água para consumo humano, se correlaciona com as melhores práticas de conservação da Caatinga,

que é a base do sistema de produção animal na região semiárida. Verificando-se que a ampliação das capacidades de convivência com o semiárido e de resiliência às mudanças climáticas, passa pela promoção de políticas públicas, voltadas ao contexto da agricultura familiar na região, com destaque ao tema água e produção animal, potencializadas por estratégias de ampliação e fortalecimento da participação social (GUYOT 2018).

Para a implantação e manejos dos sistemas de reúso de água cinzas, as condições culturais e sociais, influenciam e moldam as práticas de consumo de água, pias de cozinha e uso de água do banheiro, sem considerar a água negra, determinando a organização dos serviços e as escolhas das tecnologias. Nesse sentido, é fundamental que as políticas, se baseiem na compreensão das diversas realidades, por meio do diálogo com as comunidades.

O conceito de tecnologia apropriada, desenvolveu-se motivado pela crise ambiental e de água, que entre os componentes de sua aplicação em saneamento, estão as soluções orientadas pela promoção da saúde, supondo-se que sejam tecnicamente adequadas, culturalmente aceitáveis e economicamente viáveis. O serviço de esgotamento sanitário, deve estar disponível dia e noite, ser seguro e dispor de água para a higiene pessoal. Deve também ser acessível, física e financeiramente, aceito cultural e socialmente, sendo capaz de assegurar a privacidade e a dignidade humana

As políticas de saneamento deveriam incluir, ações que visam ao empoderamento dos indivíduos e da comunidade, a ampliação da autonomia e da consciência política, e, conseqüentemente, a participação e o controle social. Essa mudança de paradigma, favorece a articulação com outros setores, estimulando uma visão intersetorial e o compartilhamento de ideias e decisões com atores técnicos e não técnicos, usuários e não usuários, auxiliando na criação de políticas inclusivas. Com a construção de ambientes saudáveis e sustentáveis, contribuindo para a promoção da saúde e da qualidade de vida da população (HELLER, 2013; SOUZA et al., 2015).

O saneamento universal, referenciado nos direitos humanos, na justiça ambiental e na promoção da saúde, cria um ambiente favorável à inflexão cognitiva, ao desenvolvimento e inovação tecnológica, no âmbito acadêmico, principalmente nas instituições que integram o campo da saúde coletiva. Tais, instituições compartilhariam compromissos com a justiça social e os direitos humanos, com ações de promoção da saúde, baseada em sua concepção ampliada e em suas múltiplas determinações sociais, sendo o saneamento um desses condicionantes. Os três princípios básicos do SUS, por exemplo, abrangem a universalidade do direito à saúde, a equidade e a integralidade nas soluções das questões e nas abordagens da saúde. A integralidade implica a necessidade de soluções sistêmicas e, portanto, a integração intersetorial das agências responsáveis. Ao mesmo tempo, indica a participação social, como fator importante para a eficácia das políticas públicas de saúde, desde a sua definição, em seu planejamento e no controle social, da sua execução. A água deve ser destacada como um fator determinante para o desenvolvimento econômico, tendo

em vista a sua condição de recurso natural, base para a produção de alimentos, geração de energia, produção industrial, turismo, comércio, transporte e infraestrutura, além de ter relação direta com o clima e com a biodiversidade (SCHELLEKENS et al., 2018; WATER EUROPE, 2020). Em que no presente trabalho nas unidades produtivas familiares, foram identificadas o acesso a água nas comunidades rurais, através de abastecimento mensal de uma rede adutora de água, caminhões pipas, que fornecem água para o consumo familiar mensal em cisternas de placas, no município de Ouricuri-PE. Já no município de Bodocó-PE, o abastecimento de água para as famílias em pesquisa, eram provenientes do abastecimento de cisternas, bem como de barreiros ou transporte de água de um açude municipal.

Diante do cenário que foi apresentado sobre a importância da relação da economia com a água e, mais precisamente, no âmbito da retomada do setor econômico, após um período pós pandemia, em todas as classes sociais no mundo, é importante destacar, ainda, a inclusão de fontes alternativas de água, na matriz hídrica global. Nesse contexto, o reuso de águas apresenta-se como um instrumento de aumento da disponibilidade e da segurança hídrica nas regiões mais afetadas pela sua escassez.

A Organização das Nações Unidas, através do World Water Development Report 2017, reconhece que a água reciclada, como uma nova fonte alternativa e confiável para suprimento das diferentes demandas hídricas em todo o mundo. (UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION, 2017). Atualmente, o maior volume de água reusada no mundo destina-se à irrigação (ANGELAKIS et al. 2018; SALGOT; FOLCH, 2018), principalmente em regiões áridas e com deficiência hídrica. Porém, tanto a melhoria na qualidade da água de reuso, como as experiências bem sucedidas, por todo o mundo, têm gerado uma tendência global de diversificação das práticas de reutilização da água, para uso recreativo, ambiental, industrial, potável indireto, através da recarga de águas subterrâneas ou potável direto (LAZAROVA et al., 2013; TCHOBANOGLIOUS et al., 2014; ZHANG et al., 2017). Para a aplicação da tecnologia de reuso de águas cinzas, há mais interesse na reutilização em regiões com escassez de água, com uma situação socioeconômica mais precária. O estudo destaca uma perspectiva positiva para o desenvolvimento de políticas públicas, na reutilização de água, considerando o posicionamento do pessoal técnico agrícola. Pois, estudos futuros relativos à aceitação de águas cinzas na agricultura, são interessantes com outros atores envolvidos, tais como os agricultores familiares (SILVA et al., 2023).

A implementação destes novos procedimentos de saneamento, poderia ser um desafio relativamente à insegurança e aversão a reutilização de águas cinzentas na agricultura, que é essencial para orientar as políticas públicas e a tomada de decisões pelos agentes públicos (POORTIVLIET et al., 2018; BRANDS, 2014; GARCIA-CUERVA et al., 2016; GU et al., 2015). Que na região semiárida, com a escassez e acesso a água para a agricultura, os sistemas agroflorestais implantados com uso de água de reuso, no cultivo

de plantas frutíferas, vem demonstrando um novo ambiente produtivo, para a produção de alimentos, principalmente nas famílias de baixa renda, que apresentam uma característica de insegurança alimentar.

Com a implantação das tecnologias de reuso de águas cinzas, provenientes de banheiros e pias de cozinha, houve uma mudança no saneamento rural destas famílias, reduzindo o acúmulo de água próximo as residências, causando um local com mau cheiro, águas contaminadas ao ar livre e infestações de mosquitos. Pois, com o aproveitamento dos recursos desta tecnologia no cultivo de goiaba (*Psidium guajava* L.), acerola (*Malpighia puniceifolia* L.), manga (*Mangifera indica* L.), umbu (*Spondia tuberosa*) da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) P. Mill.), Milho (*Zea mays* L.), Girassol (*Helianthus annuus* L.), e gliricidea (*Gliricidia sepium*), plantadas nos quintais agroflorestais. Todas as famílias envolvidas na pesquisa, demonstraram que houve uma maior aceitação na utilização de águas cinzas, na irrigação de plantas perenes, não se fazendo o uso desta água, em cultivo de hortaliças com produção rasteira. Sendo que, as famílias realizam o manejo e limpeza do sistema de coleta de água de reuso, com uso de luvas plásticas, resultados das orientações do acompanhamento das assessorias técnicas rural, desenvolvidas através das capacitações de formação e utilização do sistema de hidráulico de reuso de águas cinzas, ministradas pelos técnicos das organizações não governamentais, no sertão semiárido nordestino. Demonstrando assim, uma maior confiabilidade nas orientações desenvolvidas, nestes projetos de tecnologia ambiental, das profissionais mulheres, nos grupos familiares das unidades produtivas agroflorestal. Para (Tonetti et al., 2018), o desafio econômico, para a escolha de um sistema de tratamento de esgoto, também passa pelo custo de implantação, operação e manutenção do sistema. O custo de implantação é o custo com serviços, materiais e mão-de-obra, necessárias para a instalação inicial do sistema. Esse custo, pode ser diminuído quando os próprios beneficiados, conseguirem exercer alguns serviços, tais como a escavação do solo e a construção do sistema em alvenaria, valorizando assim a mão de obra local e materiais disponíveis na comunidade rural. A possibilidade de usar mão de obra local, é desejável nesse contexto, uma vez que além de gerar emprego e renda localmente, os profissionais locais podem ser mais baratos e estão sempre à disposição, caso seja necessário alguma manutenção ou adequação dos sistemas a realidade local, de cada unidade familiar local, com a implantação de um sistema de reuso de águas cinzas. Principalmente, porque esta mão de obra utilizada para construção dos sistemas de reuso, estão disponíveis na região semiárida, isto porque os mesmos já tem conhecimento dos princípios técnicos de construção das cisternas de placas, implantadas em suas residências, dentro do programa um milhão de cisternas, desenvolvidas pelas Ong's no território sertão do Araripe. Mas, um dos fatores mais importantes para a implantação bem-sucedida de sistemas descentralizados de pequeno e médio porte, para o reuso de águas cinzas, é a aceitação da população e seu envolvimento no processo de escolha da tecnologia. Inicialmente o proprietário ou família beneficiada,

deve compreender a necessidade da implantação de um sistema de captação e tratamento de águas residuárias, que seja adequado ao tratamento dos efluentes e o impacto que o esgotamento sanitário precário, pode ocasionar em seu agroecossistema. Se a comunidade ou família não acredita, que é realmente necessária a instalação de um novo sistema de tratamento de esgoto ou se ela considera a solução atual adequada, as chances de uma implantação bem sucedida são pequenas (Tonetti et al., 2018). Depois dessa fase inicial, é fundamental o envolvimento da comunidade e participação ativa na escolha da tecnologia. Se o sistema proposto é desconhecido e implica em mudança radical de hábitos, ele pode causar rejeição da população. Pois, a família beneficiada, é quem conhece as suas necessidades locais, quanto a sua realidade ambiental e econômica, devendo escolher o sistema que mais se adequa à sua situação. Nesse processo, a colaboração de técnicos, que já desenvolvem assessorias técnicas, nestas atividades, contribuem com um maior esclarecimento para as dúvidas e nas sugestões, das opções viáveis, através de atividades participativas em unidades familiares, com a prática de reuso de água já existentes, com relação ao seu funcionamento e dificuldades de manejos do sistema de águas cinzas. Sendo de fundamental importância, a participação dos profissionais das áreas tecnológicas, na escolha do sistema de reuso de água. A durabilidade e a conservação desta tecnologia dependem principalmente dos agricultores. Quanto maiores forem os seus cuidados em relação aos efluentes gerados, maior será a conservação dos equipamentos. Muitos agricultores já selecionam os produtos de limpeza em função da sua neutralidade, justamente pensando na durabilidade dos equipamentos, como afirma Inaura Rodrigues, do assentamento Nova Conquista: “Eu só compro sabonete; sabão e detergente para a cozinha que sejam neutros e tenham baixa concentração química”.

Pois, o planejamento do reuso da água, tem como objetivo, de garantir com segurança, a qualidade da água compatível ao uso pretendido, que envolve uma abordagem preventiva de riscos, desde a gestão das fontes de água bruta, até o fornecimento da água residuária tratada (MANCUSO et al., 2021). Que, dependendo do grau de contaminação, do tipo de cultura a ser irrigada e do sistema de irrigação adotado, água de reuso contaminada, pode ser utilizada sem maiores problemas para fins de irrigação, nos cultivos agrofloretais. Em que nas famílias agricultoras pesquisadas, identificou-se, uma forte tendência para a cultivo de plantas frutíferas, nativas e forrageiras. Onde dependendo da realidade de exploração econômica de cada família, foi identificado uma área com uma maior densidade de cultivo de palma forrageira, irrigada com água de reuso através do sistema de irrigação por gotejamento, como base alimentar para os animais bovinos, ovinos e caprinos, nos períodos de estiagem na região semiárida do município de Ouricuri-PE. Proporcionando uma maior disponibilidade e diversificação de alimentos, que os asseguram uma maior segurança alimentar e geração de renda, pela família no sistema agroflorestral. Em que, diversos estudos de diferentes partes do mundo, com o objetivo de avaliar a percepção e aceitação pública da reutilização da águas cinzas, procuram fornecer indicadores para

o estabelecimento de políticas de desenvolvimento local (DOMENECHA e SAURÍ, 2010; BAKARE et al., 2016; RADINGOANA et al., 2019).

No contexto da agricultura familiar, as mulheres agricultoras, possuem uma íntima relação com a terra, caracterizada como um espaço de vida e diversidade, assim a agricultura se estabelece como fonte de renda, para complementar e auxiliar na melhoria da qualidade de vida das famílias, proporcionando também a produção de alimentos de base agroecológica e sua comercialização em feiras, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a autonomia das mulheres agricultoras (LOLI et al. 2020). As mulheres assumem a postura de guardiãs da biodiversidade, segurança e soberania alimentar, fato que é expresso na produção de alimentos saudáveis e diversificados. Que muitas das vezes, existem a participação do filho, no qual se demonstram mais ativos nas atividades rurais, na distribuição de trabalho com a mãe agricultora. Pois, a mulher agricultora, tem um grande papel na garantia da segurança alimentar da família. Ela cultiva ao redor de casa para o consumo familiar e comercialização. De acordo com Silva et al. (2019), a universalização do conhecimento, valorização do saber popular e aperfeiçoamento de técnicas, já utilizadas pelas agricultoras, são de imensa importância para a melhoria da qualidade de vida no meio rural e para a sustentabilidade. Numerosos estudos de caso realizados por Wijeratna (2018) e Bezner Kerr (2019) demonstram que a Agroecologia capacita as mulheres que vivem em áreas rurais, oferecendo caminhos para o acesso durante todo o ano a dietas saudáveis e mais diversificadas, redução da pobreza, aumento de renda, novos empregos, criação, oportunidades para os jovens, resiliência climática, mitigação dos riscos de desastres climáticos, redução da dependência de insumos químicos, valorização do conhecimento indígena e camponês, e regenerando solos, biodiversidade e o ambiente (WIJERATNA, 2018). Nos quintais produtivos essa realidade é vivenciada pelas agricultoras familiares, nas áreas implantadas com agroflorestas, as famílias agricultoras pesquisadas, identificou-se uma forte tendência para a cultivo de plantas frutíferas, nativas e forrageiras, onde, dependendo da realidade de exploração econômica de cada família, observou-se uma área com maior densidade de cultivo de palma forrageira, como base alimentar para os animais bovinos e caprinos nos períodos de estiagem na região de Ouricuri. Nessas famílias estudadas, houve uma maior disponibilidade e diversificação de alimentos e geração de renda, pela venda da produção excedente.

As informações gerais sobre a jornada total de trabalho de homens e mulheres, não dão conta de compreender as relações de complexidade que se processa, quanto ao gênero, na agricultura familiar, fenômeno que também é pouco explorado no campo teórico. É nesse sentido, que muitas das atividades rurais desempenhadas pela mulher, não são somadas as horas de trabalho doméstico. Onde as mulheres, que tem um espaço rural conquistado, dividem as atividades domésticas com o homem, filho e filhas, nas atividades de trabalho na propriedade e planejamento do cotidiano rural, para um maior reconhecimento do trabalho da mulher no campo, em ter acesso aos recursos econômicos.

Pois, a renda lhe apresenta um maior poder de autonomia no interior do contexto familiar, na democratização de acesso as informações, renda e crédito. Demonstrado assim, que através dos princípios da agroecologia, lhe potencializa os espaços da mulher, através das mudanças nas relações da família, tornando-a reconhecida e valorizada, nas ações de construção de ambientes sustentáveis, nas propostas alternativas de desenvolvimento, em diferentes propriedades rurais. No Sertão do Araripe existe uma normalização na distribuição das tarefas no espaço rural, cabendo às mulheres as atividades domésticas e reprodutivas e aos homens as atividades financeiras e produtivas, uma imposição imposta pela tradição patriarcal, que a contemporaneidade não conseguiu mudar. Não dar visibilidade ao trabalho reprodutivo é negligenciar funções que sustentam o próprio metabolismo social, além de reforçar a relação de opressão/exploração das mulheres.

Portanto, o impacto das tecnologias sociais de saneamento rural no trabalho produtivo, vem se destacando com uma maior frequência, pelas ações e conquista da importância do trabalho das mulheres, da família, neste espaço rural, em se buscar maior produção de alimentos de base familiar, em se levantar sugestões no aprimoramento dos componentes das construções e indicações, na proposição de uma política igualitária no desenvolvimento social e saneamento rural, no território do sertão do Araripe, na região semiárida nordestina.

CONCLUSÃO

Através desse trabalho foi possível mapear as famílias na região do Araripe que utilizam o sistema de águas cinzas na produção vegetal e animal nos quintais produtivos, assessorados pela ONG CAATINGA. Vale ressaltar que o uso das águas cinzas favorece a participação feminina na produtividade e nas condições financeiras da família de maneira que elas administram esse processo de reaproveitamento doméstico para o uso na agricultura de forma a gerar renda e diminuir os custos de produção do plantio. Os pontos críticos que dificultaram o manejo do sistema implantado nas propriedades familiares foram a troca dos substratos dos filtros, como o carvão vegetal e entupimentos dos gotejadores na irrigação localizada, muito provavelmente pela qualidade dos equipamentos em uso, já que a maioria quando da escolha dos mesmos preferiu optar pelos mais baratos, tendo em vista a carência de recursos financeiros. Também não é possível descartar a falta de experiência no manejo da tecnologia, tendo em vista ser ela muito recente na vida dos agricultores e agricultoras e estarem eles em fase de aprendizado.

Com a prática de reúso de águas cinzas nas propriedades rurais estudadas, houve uma redução do impacto ambiental na propriedade relativo ao desperdício de água próximo a suas residências, reduzindo a incidência de insetos e vetores de doenças.

Esta tecnologia social foi bem aceita pelas famílias pesquisadas e em todas as propriedades foi constatada a ampliação da diversificação de cultivos, tanto vegetais,

quanto animal, destacando-se aqui o protagonismo da mulher nessa atividade, como guardiã dos saberes ancestrais que são repassados para as novas gerações. Por ter acreditado nas informações técnicas e tecnológicas trazidas pelos extensionistas da ONG CAATINGA, que foi a responsável por quebrar os paradigmas na Região do Araripe sobre os preconceitos que rondavam o uso de águas recicláveis para a agricultura, participando das capacitações; fazendo intercâmbios técnicos com outras propriedades, promovendo visitas para conversar sobre o assunto, estimulando vizinhos e outros agricultores a adotarem a tecnologia, pelos benefícios trazidos para a produção e produtividade, mas sobretudo para a segurança alimentar e nutricional da família, que tem alimentos saudáveis em quantidade e qualidade durante todo o ano, com impactos importantes na saúde e na qualidade de vida.

Sobre a participação das mulheres nesse processo, embora a responsabilidade com os cuidados e o manejo da propriedade seja da mulher, alguns companheiros participam na execução das atividades, assim como os filhos. Porém, a visão patriarcal da divisão sexual do trabalho ainda permeia essa realidade. É como se tal atividade fosse algo leve, fácil de ser realizada e, portanto, prazeroso para a mulher. Ao homem, cabe as tarefas consideradas mais pesadas e, em alguns casos, de trabalho assalariado em propriedades rurais de outros fazendeiros.

Porém, as falas das entrevistadas demonstram o orgulho de estar participando de uma tecnologia social inovadora, que tem trazido transformações para a sua vida e a dos seus familiares, com perspectivas positivas de futuro, em que a educação ocupa lugar de destaque. Com a renda obtida através da comercialização dos produtos excedentes gerados na propriedade, as mulheres mães já prospectam para os seus filhos o ingresso na universidade, tendo clareza de que é essa estratégia que fará deles sujeitos críticos, conscientes dos seus direitos e prontos para lutar pelo campo como um lugar bom para se viver e trabalhar.

REFERÊNCIAS

ANGELAKIS, A. N. et al. Water reuse: from ancient to modern times and the future. *Frontiers in Environmental Science*, [S. l.], v. 6, n. 26, p. 1-17, 2018.

BAKARE, B.F., MTSWENI, S., RATHILAL, S., 2016. A pilot study into public attitudes and perceptions towards greywater reuse in a low cost housing development in Durban, South Africa. *J. Water Reuse Desalin.* 06. 2 345–354.

BEZNER KERR, R. “Agroecology and Nutrition: Transformative Possibilities and Challenges”. In Burlingame, Barbara, and Dernini. Sandro. eds. **Sustainable Diets: Linking Nutrition and Food Systems**. CAB International, 2019.

BRASIL, 2005. Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos.

BRASIL. Lei nº 14.026/2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera as Leis nº 9.984/2020, nº 10.768/2003, nº 11.107/2005, nº 11.445/2007, nº 12.305/2010, nº 13.089/2015, nº 13.5029/2017. Diário Oficial da União, Brasília, 15 de julho de 2020.

BRANDS, E., 2014. Prospects and challenges for sustainable sanitation in developed nations: a critical review. *Environ. Rev.* 22, 346–363.

CARVALHO, Otamar. As secas e seus impactos. In: MAGALHÃES, A. R. (coord.). **A Questão da Água no Nordeste**: Centro de Gestão de Estudos Estratégicos. Agência Nacional de Águas. Brasília: CGEE, 2012. p. 45-99.

COSTA, T. P.; SILVA, A. S. (org.). Anais do I Workshop Nacional sobre Agroka'atinga no Seminário Brasileiro: agricultura resiliente as mudanças climáticas. Juazeiro - BA: REFAISA, 2022.

DOMENECHA, L., SAURÍ, D., 2010. Socio-technical transitions in water scarcity contexts: Public acceptance of greywater reuse technologies in the Metropolitan Area of Barcelona. *Resour. Conserv. Recycl.* 55, 53–62.

FRIEDLER, E.; LAHAV, O.; JIZHAKI, H.; HALAV, T. Study of urban population attitudes towards various wastewater reuse options: Israel as a case study. **Journal of Environmental Management**, v. 81, p 360-370, 2016.

FRIEDLER, E. Water reuse an integral part of water resources management: **Israel as a case study. Water Policy**, v. 3, p. 29–39, 2001.

GARCIA-CUERVA, L., BERGLUND, E.Z., BINDER, A.R., 2016. Public perceptions of water shortages, conservation behaviors, and support for water reuse in the U.S. *Resour. Conserv. Recycl.* 113, 106–115.

GU, Q., CHEN, Y., PODY, R., CHENG, R., ZHENG, X., ZHANG, Z., 2015. Public perception and acceptability toward reclaimed water in Tianjin. *Resour. Conserv. Recycl.* 104, 291–299.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. ed. — São Paulo: Atlas, 1991.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. - São Paulo: Atlas. 2008.

GUYOT, Marina Souza Dias. **Agroecologia e convivência com o semiárido**: elementos para a resiliência às mudanças climáticas no sertão da Bahia. 2018. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-30112018-145035/>. Acesso em: 10 mar. 2023.

GONÇALVES, André L. R.; CARLOS, Magno M.; RIVANEIDE, Lúgia A. M. Sistemas agroflorestais no Semiárido brasileiro: estratégias para combate à desertificação e enfrentamento às mudanças climáticas. Recife, PE: Centro Sabiá, 2016. 136 p

GRAZEL FILHO, A. B. *Composição, Estrutura e Função de Quintais Agroflorestais no Município de Mazagão, Amapá*. 2008. 104 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2008.

HAGENLOCHER, M.; MEZA, I.; ANDERSON, C.C.; MIN, A. Drought vulnerability and risk assessments: state of the art, persistent gaps, and research agenda. **Environ. Res. Lett.**, [s.l.], v.14, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab225d>

HURLIMANN, A. **Community Attitudes to Recycled Water Use: an Urban Australian Case Study – Part 2.** The University of Melbourne, Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment, 2008.

LAZAROVA, V. et al. *Milestones in water reuse: the best success stories.* London: IWA Publishing, 2013.

LOLI, D. A.; LIMA, R. DE S.; SILOCHI, R. M. H. Q. Mulheres em contextos rurais e segurança alimentar e nutricional. *Segurança alimentar e nutricional*, v. 27, p. 1-13, 2020.

LONDRES, Flavia; MARTINS, Gustavo; PETERSEN, Paulo (Orgs). *Olhares agroecológicos: análise econômico-ecológica de agroecossistemas em sete territórios brasileiros.* Rio de Janeiro: AS-PTA, 2017. 192p.

MAGALHÃES, Antônio. *Vida e seca no Brasil.* In: DE NYS, E.; ENGLE, N.L.; MAGALHÃES, A.R. (orgs.). **Secas no Brasil: política e gestão proativas.** Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos- CGEE; Banco Mundial, 2016. 292 p. Disponível em: https://www.cgее.org.br/documents/10195/734063/seca_brasil-web.pdf

MANCUSO, Pedro et al. *Reúso de Água Como Estratégia Para a Escassez.* 1. ed. [S. l.]: Manole, 2021. 352 p. v. 1.

MEZA, I.; HAGENLOCHER, M.; NAUMANN, G.; VOGT, J.; FRISCHEN, J. Drought vulnerability indicators for global-scale drought risk assessments. **Publications Office of the European Union**, Luxembourg, 2019. doi:10.2760/73844, JRC117546

MINAYO, M. C. S.; SANCHES, O. **Quantitativo-Qualitativo: oposição ou complementariedade?** *Cad. Saúde Pública*. Rio de Janeiro, 9 (3): 239-262, jul-set, 1993.

PADOVAN, M. P.; PEREIRA, Z. V. Sistemas agroflorestais diversificados: opção para a recuperação de áreas degradadas, produção de alimentos, de serviços ambientais e geração de renda. *A Lavoura*, Rio de Janeiro, n. 690, p. 15-18, 2012.

PADOVAN, M. P. et al. Potencial de sistemas agroflorestais biodiversos em processos de restauração ambiental. IN: RODRIGUES, T. A.; LEANDRO NETO, J. (Ed.). *Competência Técnica e Responsabilidade Social e Ambiental nas Ciências Agrárias.* Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p. 127-136.

POORTVLIET, P.M., et al., 2018. Acceptance of new sanitation: the role of end-users' pro-environmental personal norms and risk and benefit perceptions. *Water Res.* 131, 90–99.

QUEIROZ, L. M. et al. Aspectos quantitativos de correntes de esgotos segregadas e não segregadas. In: SANTOS, A. B. (Org.) *Caracterização, Tratamento e Gerenciamento de Subprodutos de Correntes de Esgotos Segregadas e Não Segregadas em Empreendimentos Habitacionais.* Fortaleza: Imprece. 2019. Cap. 2, p. 48-117.

RADINGOANA, M.P., DUBE, T., MOLLEL, M.H.N., LETSOALO, J.M., 2019. Perceptions on greywater reuse for home gardening activities in two rural villages of Fetakgomo Local Municipality, South Africa. *Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C.* 112, 21–27.

REBELO, A, QUADRADO, M, FRANCO, A, LACASTA, N, MACHADO, P (2020) Water reuse in Portugal: New legislation trends to support the definition of water quality standards based on risk characterization. *Water Cycle* 1, 41-53.

SALGOT, M.; FOLCH, M. Wastewater treatment and water reuse. *Environmental Science & Health*, [S. l.], v. 2, p. 64-74, 2018.

SALGOT, M.; HUERTAS, E.; WELBER, S.; DOTT, W. HOLLENDER, J. Wastewater reuse and risk: definition of key objectives. In **Desalination**. V. 187. p 29-40, 2006.

SCHELLEKENS, J. et al. The economic value of water – water as a key resource for economic growth in the EU. Rotterdam: ECORYS, 2018. Disponível em: https://ec.europa.eu/environment/blue2_study/pdf/BLUE2%20Task%20A2%20Final%20Report_CLEAN.pdf. Acesso em: 29 abr. 2020.

SANTOS, Ana; VIEIRA, José. AVALIAÇÃO QUALITATIVA DE RISCO MICROBIOLÓGICO À SAÚDE HUMANA PARA REÚSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA. Livro de Resumos do XX Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. Julho de 2022. Pag. 200 – 205. ISBN 978-989-8509-31-4

SANTOS, Luiz Cláudio Moura. Mulheres e agroflorestas no Cerrado. 2017. 87 f., il. **Dissertação** (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural) — Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

SHOUSHTARIAN, F, NEGAHBAN-AZAR, M (2020) Worldwide Regulations and Guidelines for Agricultural Water Reuse: A Critical Review. *Water* 12, 1-58.

SILVA, A. F.; SILVA, P. T. de S.; SANTANA, C. M.; SOUZA, J. N.; BIANCHINI, P. C.; MELO, R. F. **Qualidade de águas cinzas após o uso de filtros de carvão e esterco em sistemas agroflorestais do semiárido do Araripe e Pajeú**. II congresso internacional interdisciplinar em extensão rural e desenvolvimento. Juazeiro-BA, 2019.

SILVA, R. N.; NUNES, M. E. A. A.; ANDRADE, H. M. L. S. Percepção de jovens agricultores sobre práticas agroecológicas na produção agrícola. *Brazilian Journal of Agroecology and Sustainability*, v. 01, n. 02, p.1-11, 2019.

SILVA, Juliano Rezende Mudadu; CELERI, Maurício de Oliveira; FERNANDES, Raphael Bragança Alves. Greywater as a water resource in agriculture: The acceptance and perception from Brazilian agricultural technicians. *Agricultural Water Management* 280 (2023) 108227

SOARES, P. B. D. (2020). Projeto de Desenvolvimento Sustentável – PDS – e o caso Osvaldo de Oliveira. 241f. Tese de Doutorado defendida no Programa de Pós-Graduação em Sociologia e Direito. Niterói-RJ.

SOUSA, A. C. A de. O que esperar do novo marco do saneamento? **PERSPECTIVAS** • Caderno Saúde Pública 36 (12) • 2020 • <https://doi.org/10.1590/0102-311X00224020>

TCHOBANOGLIOUS, G. et al. Wastewater engineering: treatment and resource recovery. 5. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014.

TONETTI, A. L. et al. 2018. Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções. Campinas, SP. Biblioteca/Unicamp. 153 p.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. Wasterwater: the untapped resource. Paris: UNESCO, 2017. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247153>. Acesso em: 29 abr. 2020.

VERDEJO, Miguel Expósito. Diagnóstico Rural Participativo: um guia prático – DRP. Brasília: MDA/ Secretaria de Agricultura Familiar, 2006.

WATER EUROPE. A water smart society for a successful post COVID19 recovery plan. [Bruxelas]: WE, 2020. Disponível em: <https://watereurope.eu/wpcontent/uploads/2020/04/A-Water-Smart-Society-for-a-post-covid19-recovery-plan.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2020.

WIJERATNA, A. . **Agroecology**: Scaling-up, scaling-out. ActionAid Johannesburg, 2018.

WORLD ECONOMIC FORUM. Global risks. World Economic Forum, 2020. Disponível em: <https://www.weforum.org/global-risks/reports>. Acesso em: 03 maio 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Excreta and greywater use in agriculture**. v. IV. Geneva: World Health Organization, 2006.

ZHANG J. et al. Small scale direct potable reuse (DRP) project for a remote area. Water, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 1-25, 2017.

ZHITENEVA, V, HÜBNER, U, MEDEMA, GJ, DREWES, JE (2020) Trends in conducting quantitative microbial risk assessments for water reuse systems: a review. Microbial Risk Analysis. 16, 100-132.

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA: Técnico em Química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Licenciado em Química (2011) e Bacharel em Química Industrial (2023) pela Universidade de Uberaba, em Ciências Biológicas (2021) e em Física (2022) pela Faculdade Única. Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012), especialista em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2021), especialista em Ciências Naturais e Mercado de Trabalho (2022) pela Universidade Federal do Piauí (UFPI) e especialista em Química Analítica pela Faculdade Metropolitana (FAMES) em 2023. Mestre (2015) e doutor (2018) em Química Analítica pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Realizou o primeiro estágio Pós-Doutoral (de maio de 2020 a abril de 2022) e cursa o segundo estágio (2022- atual) na UFU com ênfase na aplicação de novos agentes oxidantes utilizando radiação solar para remoção de Contaminantes de Preocupação Emergente (CPE) em efluentes de uma estação de tratamento de esgoto. Atualmente é químico e responsável técnico pelos laboratórios da Unicesumar/Polo Patrocínio e professor do SENAI-GO. Atuando nas seguintes linhas de pesquisa: (i) Desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de resíduos químicos gerados em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (ii) estudos de acompanhamento do CPE; (iii) Desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (iv) Aplicação de processos oxidativos avançados (H_2O_2/UV C, TiO_2/UV -A e foto-Fenton e outros) para remoção de CPE em efluentes de estação de tratamento de efluentes para reuso; (v) Estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (vi) Educação Ambiental e; (vii) alfabetização científica e processos de alfabetização na área de Ciências Naturais, especialmente biologia e química. É membro do corpo editorial da Atena Editora desde 2021 e já organizou mais de 70 e-books e publicou 40 capítulos de livros nas diferentes áreas de Ciências da Natureza, Engenharia Química e Sanitária/Ambiental, Meio ambiente dentre outras áreas afins.

A

Agroecologia 60, 61, 66, 71, 72, 74

Agroecossistema 70

Agrofloresta 64, 65, 66

Águas cinzas 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 69, 70, 72, 76

Áreas ripárias 11, 12, 13, 14, 20, 21

Aterros controlados 30, 35, 44, 45, 46

Aterros sanitários 30, 31, 39, 44, 45, 46, 48, 50, 53

Auto-perpetuação 13

B

Bactérias anaeróbias 45

Bactérias metanogênicas 45

Bambu 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21

Bioágua 61, 64

Biodiversidade 21, 27, 29, 31, 62, 68, 71

Biogás 31, 36, 40, 43, 45, 46, 48, 49, 51, 55, 57, 58

C

Chuva de sementes 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21

Copos plásticos 2

Corpos hídricos 64

D

Desenvolvimento sustentável 1, 26, 27, 32, 34, 35, 37, 38, 71, 76

Digestão anaeróbica 43

E

Ecosistemas 13, 21, 27, 65

Efeito estufa 25, 27, 29, 37, 38, 45, 53

Embalagens retornáveis 2

Esgoto doméstico 63

Espécie exótica 13

Estações de tratamento de esgoto 60

F

Fauna 13, 15, 20, 21, 22

Floresta nativa 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21

Floresta ripária 14

G

Gaseificação 49, 51, 52, 56

Gerenciamento 25, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 40, 41, 43, 48, 53, 75

H

Habitats 11, 12

I

Impactos ambientais 30, 31, 33, 35, 36, 45, 49, 53, 61

incineradores 48

Irrigação 64, 65, 68, 69, 70, 72

M

Materiais recicláveis 35, 44

Matéria orgânica 31, 43, 45, 48, 49

Matérias-primas 41

Monoculturas 13

Morfoespécie 15, 16

Mudanças climáticas 25, 26, 27, 29, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 49, 66, 67, 74

O

Objetivos do desenvolvimento sustentável 1

P

Pegadas de carbono 29, 31

Pirólise 33, 49, 52, 57

Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) 29, 30, 31, 36, 40, 41, 53, 54

Precipitação pluviométrica 60, 62

R

Recurso renovável 12

Recursos naturais 41, 57, 61

Resíduos 4, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 78

Resíduos Sólidos Industriais (RSI) 25, 26, 32, 35, 36

Reuso 35, 61, 62, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 78

Reutilização 26, 30, 32, 36, 46, 49, 50, 53, 60, 63, 64, 68, 70

S

Saneamento básico 38, 40, 54, 60, 63, 74

Segurança alimentar 59, 60, 61, 62, 70, 71, 73, 75

Semiárido 61, 62, 64, 65, 66, 67, 69, 74, 76

Sustentabilidade 1, 8, 9, 25, 29, 31, 39, 40, 41, 44, 53, 56, 64, 71, 77

W

Waste-to-energy (WTE) 47

ECOLOGIA, MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ECOLOGIA, MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br