



Maria Claudia Lima Couto
Marcos Paulo Gomes Mol
Organizadores

RESÍDUOS SÓLIDOS

**Um olhar plural sobre gestão,
valorização e pesquisa**

Volume II



Edifes
Editora do Ifes

**RESÍDUOS SÓLIDOS: UM OLHAR PLURAL SOBRE GESTÃO,
VALORIZAÇÃO E PESQUISA
VOLUME II**

Maria Claudia Lima Couto
Marcos Paulo Gomes Mol
(Organizadores)

**RESÍDUOS SÓLIDOS: UM OLHAR PLURAL SOBRE GESTÃO,
VALORIZAÇÃO E PESQUISA**
VOLUME II



Edifes

Vitória, 2023

Autores:

Adalmario Neto Silva de Freitas	Maiara Leite Zupeli
Aline de Souza Lopes	Marco Aurélio de Abreu Bortolini
Amanda Diniz de Moura	Marcos Paulo Gomes Mol
Ana Luiza Kruger Velten R. Pinto	Maria Claudia Lima Couto
Aramis Cortes de Araújo Junior	Maria Eduarda Cecílio Lopes
Arnaldo Henrique de O. Carvalho	Maria Luísa Ribeiro de Paiva Hubner
Beatriz Torezani Sacramento	Mariana Cerqueira de Miranda
Benvindo Sirtoli G. Junior	Mariana Nunes Catapano
Breno Licerio Torquato	Mariângela Dutra de Oliveira
Dayane Valentina Brumatti	Marisleide Garcia de Sousa
Felipe Devens Costa	Max Filipe Silva Gonçalves
Francisco de Assis Ferreira	Oeber de Freitas Quadros
Glauber Henrique Rodrigues Dias	Patrício José Moreira Pires
Isabella Macedo Menezes	Priscila do Nascimento
Jacqueline Rogéria Bringhenti	Rafaela Recla Cometti
Jonio Ferreira de Souza	Raphaela Gallo Carvalho Caldeira
Katia Broeto Miller	Raquel Machado Borges
Larissa Rosario Barbosa	Vinícius Almeida de Oliveira
Lorrayne Oliveira de Souza	



Edifes

Editora do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Espírito Santo
R. Barão de Mauá, nº 30, Jucutuquara,
Vitória-ES,
CEP 29040-689
www.edifes.ifes.edu.br | editora@ifes.edu.br

Reitor: Jadir José Pela
Pró-Reitor de Administração e Orçamento: Lezi José Ferreira
Pró-Reitor de Desenvolvimento Institucional: Luciano de Oliveira Toledo
Pró-Reitora de Ensino: Adriana Piontkovsky Barcellos
Pró-Reitor de Extensão: Lodovico Ortlieb Faria
Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação: André Romero da Silva
Coordenador da Edifes: Adonai José Lacruz

Conselho Editorial

Aldo Rezende * Aline Freitas da Silva de Carvalho * Aparecida de Fátima Madella de Oliveira * Eduardo Fausto Kuster Cid * Felipe Zamborlini Saiter * Gabriel Domingos Carvalho * Jamille Locatelli * Marcio de Souza Bolzan * Mariella Berger Andrade * Ricardo Ramos Costa * Rosana Vilarim da Silva * Rossanna dos Santos Santana Rubim * Viviane Bessa Lopes Alvarenga.

Produção editorial

Projeto Gráfico: Assessoria de Comunicação Social do Ifes
Revisão de texto: Laryssa Fazolo (GM Editorial)
Diagramação e epub: Ana Carolina Pereira (GM Editorial)
Capa: Higor Ferraço da Silva (Edifes)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R433 Resíduos sólidos [recurso eletrônico] : um olhar plural sobre gestão, valorização e pesquisa : volume II / organizado por Maria Claudia Lima Couto e Marcos Paulo Gomes. – Vitória, ES : Edifes, 2023.

1 recurso on-line : ePub ; 287 p. ; il.

Vários autores.

ISBN: 978-85-8263-746-3 (e-book).

ISBN: 978-85-8263-745-6 (impresso).

I. Resíduos sólidos - Gestão. 2. Resíduos sólidos – Reaproveitamento. I. Couto, Maria Claudia Lima. II. Mol, Marcos Paulo Gomes. III. Título.

CDD – 628

Bibliotecária responsável: Rossanna dos Santos Santana Rubim – CRB6- ES 403

DOI: 10.36524/9788582637463

Este livro foi avaliado e recomendado para publicação por pareceristas ad hoc.
Esta obra está licenciada com uma Licença Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Brasil.



PREFÁCIO

Na década de 1990 e início dos anos 2000, atravessamos no Brasil um período em que os impactos e as soluções em torno dos resíduos sólidos foram adquirindo mais importância nos aspectos ambientais e sanitários. Após anos de debates, o Marco Legal do setor foi instituído em 2010, e, depois, instrumentos como a logística reversa vieram ganhando protagonismo e materializando o princípio da responsabilidade compartilhada na condução da política pública.

Naquele mesmo período, os técnicos brasileiros que se dedicavam aos resíduos sólidos, buscaram referências em países do hemisfério norte, de onde muitas técnicas e tecnologias foram importadas e aplicadas no Brasil, resultando em avanços mas também em casos de insucessos porque, entre outros importantes fatores, foram pensados para utilização com base em pré-condições de planejamento, gestão e gerenciamento integrado de resíduos sólidos, na época ainda incipiente entre nós.

Este livro é um exemplo de que a evolução do conhecimento sobre o tema tornou-se mais ágil na medida em que maior número de técnicos brasileiros, em ambiente multidisciplinar e pontos de observações tropicais, passou a se dedicar ao tema resíduos sólidos e seus impactos sociais, econômicos, sanitários e ambientais.

Os autores e organizadores deste livro, reunidos em diferentes trabalhos, que, porém, se integram pelos propósitos semelhantes, expressam os resultados das suas iniciativas que, sustentadas pelo

conhecimento acadêmico, desvendaram fatores antes incógnitos que, ao serem adequadamente trabalhados, deverão contribuir com os avanços dos estudos e com o aprimoramento dos modelos operacionais utilizados no manejo dos resíduos sólidos.

A heterogeneidade é uma das principais características dos resíduos sólidos, o que demanda diagnóstico para classificá-los e, priorizando valorizá-los, submetê-los a modelos de gerenciamento e rotas tecnológicas que tenham viabilidade técnica, econômica e ambiental. A conscientização ambiental dos atores que desempenham a responsabilidade compartilhada pelos resíduos é essencial para o êxito das iniciativas públicas e privadas com foco no gerenciamento integrado.

O atual cenário no manejo dos resíduos sólidos ainda nos mostra realidades distintas, que se situam dentro de um intervalo delimitado numa extremidade pela convicção da total inutilidade dos resíduos sólidos, e na extremidade oposta pelas oportunidades que neles estão presentes. Uma das possíveis intenções dos autores, subliminares ou não, irá despertar, no leitor interessado no assunto, uma reflexão que o levará a concluir sobre sua atual posição no intervalo de realidades acima mencionado, e deverá aguçar naqueles com perfil técnico a vontade de ampliar seu trabalho e pesquisa sobre o tema.

Nos resíduos sólidos que produzimos, estão presentes matéria-prima, energia, trabalho, transporte e outros componentes, todos agregando valores e possibilidades que não devem ser ignoradas.

Além de ser o resultado de pesquisas e trabalhos, importantes para informação e formação, desejo que este livro seja bem aproveitado também como fonte de inspiração.

CARLOS ROBERTO DE LIMA

APRESENTAÇÃO

Por Maria Claudia Lima Couto e Marcos Paulo Gomes Mol

A temática “resíduos sólidos” tem se tornado cada vez mais necessária e objeto de pesquisa com diferentes enfoques, tendo em vista que as soluções para sua gestão adequada perpassam por elementos técnicos, ambientais, sociais, comportamentais e econômicos.

A obra **Resíduos Sólidos: Um olhar plural sobre gestão, valorização e pesquisa - Volume II** dá continuidade ao que foi produzido no Volume I, sendo uma coletânea de artigos produzidos, na sua maioria, por professores, alunos e servidores do Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes, e também por professores e pesquisadores convidados da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), do Centro Universitário Faesa, da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG), da Fundação Ezequiel Dias (Funed/MG), da Universidade Presbiteriana Mackenzie, cujos trabalhos se alinham e contribuem para a geração de conhecimento sobre os resíduos sólidos no Brasil, em especial no Espírito Santo.

Organizada em três partes, a publicação é composta por 15 capítulos, que expressam temáticas pertinentes à gestão dos resíduos sólidos, com trabalhos com enfoque no diagnóstico dos resíduos sólidos e coleta seletiva, as percepções dos atores envolvidos sobre os resíduos sólidos e oportunidades no âmbito dos resíduos sólidos, seja via educação ambiental, aproveitamento de biogás nos sistemas de biodigestão de resíduos sólidos e áreas correlatas.

A Parte I desta obra tem um enfoque voltado para os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), com trabalhos abordando o diagnóstico dos resíduos sólidos e a coleta seletiva no âmbito municipal ou em instituições de ensino. Os estudos abordam os aspectos positivos e as principais dificuldades encontradas na condução de programas de coleta seletiva, possibilitando a identificação de experiências exitosas e ações que necessitam de intervenção, seja na escala municipal ou institucional, contribuindo, assim, para a ampliação e melhoria desses programas.

Na Parte II, são apresentados estudos sobre percepções dos atores envolvidos, de alguma maneira, no gerenciamento dos resíduos sólidos e as oportunidades via educação ambiental em municípios do Espírito Santo e Minas Gerais, além de uma abordagem sobre os resíduos de serviços de saúde. Os estudos analisam a viabilidade econômica dos investimentos em ações de educação ambiental como ferramenta para aumentar a participação popular no sistema de coleta seletiva municipal. Visam também caracterizar as atividades, infraestruturas e instalações da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, avaliar sua compreensão socioambiental e, ainda, a função do sujeito social quanto aos sistemas ambientais.

Por fim, na Parte III traz estudos sobre oportunidades vinculadas aos resíduos sólidos, com trabalhos sobre aproveitamento de biogás nos sistemas de biodigestão de resíduos sólidos, modelos de composteira para uso em ambientes domiciliares, valorização de resíduos sólidos gerados no beneficiamento de café, e avaliação do emprego de coproduto de aciaria e granulada de alto forno em microrrevestimento asfáltico. Estes estudos, apesar da diversidade de tipologias dos resíduos, reforçam a necessidade de estudos sobre este contexto, tendo em vista o potencial de geração de inovações e negócios nessa área.

Essa variedade de temáticas na área de resíduos demonstra a amplitude do tema, sua importância no contexto social e econômico dos estados do Espírito Santo e Minas Gerais, e expressa o crescimento e alinhamento na produção científica das principais instituições dos estados na área.

SUMÁRIO

PARTE I - DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E COLETA SELETIVA

CAPÍTULO 1 – GERENCIAMENTO DA COLETA SELETIVA EM CAMPUS UNIVERSITÁRIOS: O CASO DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA, ESPÍRITO SANTO

Introdução	14
1 Gerenciamento da coleta seletiva em Instituição de Ensino Superior (IES).....	16
2 Estudo de caso em IES de Vitória/ES.....	17
3 Avaliação da coleta seletiva em IES de Vitória.....	19
4 Considerações finais	32

CAPÍTULO 2 - DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO, CAMPUS IBATIBA

Introdução	37
1 Metodologia.....	39
2 Resultados e discussão	41
3 Considerações finais	49
4 Recomendações.....	51

CAPÍTULO 3 - GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR BRASILEIRAS: DESAFIOS E PROPOSTAS PARA ADEQUAÇÃO À POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Introdução	57
1 Metodologia.....	60
2 Resultados e Discussões	60
3 Considerações finais	75

CAPÍTULO 4 - A COLETA SELETIVA NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE OURO BRANCO-MG

Introdução	82
1 Metodologia.....	85
2 Resultados.....	85
3 Considerações finais	94

PARTE II - PERCEPÇÕES DOS ATORES ENVOLVIDOS SOBRE OS RESÍDUOS SÓLIDOS E OPORTUNIDADES VIA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

CAPÍTULO 5 - VIABILIDADE ECONÔMICA DE INVESTIMENTOS EM AÇÕES DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE VENDA NOVA DO IMIGRANTE-ES..... 100

Introdução	100
1 Metodologia.....	102
2 Caracterização da área de estudo.....	103
3 Resultados e discussão	109
4 Considerações finais	114

CAPÍTULO 6 - CARACTERIZAÇÃO E PERCEPÇÃO SOCIOAMBIENTAL QUANTO AO MANEJO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE IBATIBA-ES 118

Introdução	118
1 Metodologia.....	121
2 Panorama ambiental nacional	124
4 Resultados e discussão	127
5 Considerações finais	135

CAPÍTULO 7 - AVALIAÇÃO DA COLETA SELETIVA EM VESPASIANO A PARTIR DA EXPERIÊNCIA DA COPARE..... 143

Introdução	143
1 Metodologia.....	146
2 Resultados.....	147
3 Discussões.....	153
4 Considerações finais	157

CAPÍTULO 8 - PERSPECTIVAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE SAÚDE (RSS): UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR DIANTE DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA162

Introdução	162
1 Motivadores da Logística Reversa (LR).....	164
2 Abordagem técnica da Logística reversa no contexto dos resíduos de serviços de saúde.....	166
3 Abordagem jurídica da logística reversa dos resíduos sólidos	173
4 Considerações finais	176

PARTE 3 - OPORTUNIDADES VINCULADAS AOS RESÍDUOS SÓLIDOS

CAPÍTULO 9 - PRODUÇÃO DE BIOGÁS EMPREGANDO BIOMASSA RESIDUAL DE INDÚSTRIA CERVEJEIRA183

Introdução	183
1 O biogás	185
2 Metodologia	197
3 Resultados e Conclusão	208

CAPÍTULO 10 - CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTORES POR ALUNOS: APLICAÇÃO TEÓRICO-PRÁTICA NA GERAÇÃO DE BIOGÁS.....219

Introdução	219
1 Materiais e métodos.....	221
2 Resultados.....	223
3 Considerações finais	226

CAPÍTULO 11 - CARACTERÍSTICAS DE COMPOSTEIRA TÍPICA PARA AMBIENTES DOMICILIARES E REQUISITOS DE PROJETO PARA NOVOS MODELOS.....228

Introdução	228
1 Características de uma composteira típica, identificação de problemas existentes e requisitos de projeto para novos modelos	230
2 Considerações finais	237

CAPÍTULO 12 - VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO BENEFICIAMENTO DE CAFÉ: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA.....238

Introdução	238
1 Método	241
2 Resultados.....	246
3 Considerações finais	251

CAPÍTULO 13 - AVALIAÇÃO DO EMPREGO DE COPRODUTO DE ACIARIA E GRANULADA DE ALTO FORNO EM MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO254

Introdução	254
1 Materiais e métodos.....	257
2 Resultados.....	263
3 Considerações finais	274

SOBRE OS ORGANIZADORES.....280

SOBRE OS AUTORES.....282

CAPÍTULO 8

PERSPECTIVAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE SAÚDE (RSS): UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR DIANTE DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Max Filipe Silva Gonçalves
Maria Eduarda Cecílio Lopes
Marcos Paulo Gomes Mol

Introdução

A destinação adequada de resíduos sólidos no Brasil vem sendo um tema difundido nos últimos anos, uma vez que a necessidade de direcionar os resíduos para locais adequados está referenciada na legislação de 2010, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010). Diversos resíduos ainda são descartados inadequadamente, acarretando aumento da poluição e degradação ambiental. Entretanto o consumidor, vendedor, fabricante e governo são corresponsáveis pela geração de resíduos no Brasil, e essa responsabilidade deve ser um elemento favorável a um gerenciamento adequado dos resíduos sólidos (GONÇALVES, 2021).

É importante destacar que os resíduos sólidos podem se tornar matéria-prima de um novo processo de fabricação, (GONÇALVES *et al.*, 2019, 2018; GONÇALVES; CHAVES, 2014). Isso quer dizer que, mesmo

após descartado, um resíduo pode ser reaproveitado como fonte de energia, insumo ou matéria-prima de outro processo. O desafio seria viabilizar caminhos para operacionalizar esse gerenciamento e, assim, minimizar a perda associada com a geração dos resíduos sólidos.

Dentre as inúmeras atividades humanas geradoras de resíduos sólidos, a assistência à saúde representa um meio de proteger a saúde, curar pacientes e salvar vidas. Mas também geram resíduos, 20% dos quais acarretam riscos de infecção, de trauma ou de exposição química ou à radiação. Embora os riscos associados aos resíduos hospitalares perigosos e as formas e meios de gestão desses resíduos sejam relativamente bem conhecidos e descritos em manuais e outras literaturas, os métodos de tratamento e eliminação preconizados exigem recursos técnicos e financeiros consideráveis. A má gestão de resíduos pode comprometer o serviço de atendimento, afetando a saúde dos funcionários que lidam com esses resíduos, dos pacientes e de suas famílias e da população. Além disso, o tratamento ou descarte inadequado desses resíduos pode levar à contaminação ou poluição ambiental (HOSSAIN *et al.*, 2021).

Os resíduos de serviços de saúde (RSS) devem ser estudados com o objetivo de minimizar seus danos e impactos. Poucos estudos foram publicados sobre a geração de resíduos de saúde, entretanto Mol *et al.* (2022) propuseram uma revisão abrangente na qual foi utilizada uma análise estatística para entender a taxa de geração de resíduos de saúde dos hospitais, analisando as diferenças regionais identificadas em um cenário global.

Os RSS incluem materiais produzidos no decurso da proteção da saúde, tratamento médico e pesquisa científica. As principais fontes desse tipo de resíduo são hospitais, clínicas, centros de saúde, laboratórios de diagnóstico e pesquisa, centros de autópsia, centros de transfusão e hemodiálise, asilos e necrotérios. Os resíduos hospitalares também são produzidos em quantidades menores, como em consultórios de clínica geral e odontológica, quiropráticas, acupuntura, atendimento domiciliar ao paciente, programas de redução de danos para dependentes químicos e agentes funerários. Uma parcela dos RSS

é semelhante ao resíduo domiciliar e consiste em papel, embalagens de papelão, vidro, restos de alimentos e outras substâncias inertes. A outra porção é considerada resíduo perigoso e contém materiais tóxicos, nocivos, cancerígenos e infecciosos (MARINKOVIĆ *et al.*, 2008).

Portanto, o presente estudo buscou avaliar as perspectivas dos RSS no Brasil, com abordagem interdisciplinar diante da legislação brasileira. Considerando os desafios encontrados na implantação de métodos eficientes para operacionalização da logística reversa de RSS, este trabalho pode colaborar com uma visão interdisciplinar, elencando elementos importantes para avaliação e tomada de decisão de gestores de empresas do segmento, bem como base de estudo para pesquisadores dessa área.

Embora haja literatura consolidada sobre o tema em estudos nacionais, faltam evidências que indiquem modelos eficazes de logística reversa de medicamentos no país (SILVA *et al.*, 2022). Portanto, é importante estudar não apenas os resíduos, mas também os geradores. Normalmente, os hospitais são os responsáveis pelo maior volume gerado de RSS, e suas taxas de geração estão relacionadas à quantidade de pacientes atendidos, número de leitos disponíveis, tipo de atividade realizada, se possui Unidade de Tratamento Intensivo (UTI) e o porte das cirurgias realizadas no estabelecimento. Por exemplo, em um trimestre, uma UTI Adulto é possível gerar mais de 1 tonelada de resíduos, sendo que no mínimo 500 kg são de resíduos infectantes, mais de 30 kg de perfurocortantes e os demais são comuns (GONÇALVES *et al.*, 2019).

1 Motivadores da Logística Reversa (LR)

A definição de logística reversa (LR) tem sido abordada por diversos autores ao longo dos anos e, mesmo que os conceitos sejam tratados de maneiras diferentes, convergem para o mesmo sentido. Embora esteja presente há muito tempo, é difícil datar o surgimento do termo com precisão. O conceito é relativamente novo quando observado do ponto de vista acadêmico e o seu surgimento na literatura ocorreu nos anos

1970, mesmo assim bastante incorporado às questões de reciclagem de resíduos sólidos.

A atividade de LR é importante pois assegura o direcionamento adequado dos resíduos, permitindo a coleta e encaminhamento para reciclagem e gestão de materiais perigosos, com uma perspectiva ampla que envolve inclusive a minimização da geração de resíduos, substituição, otimização de recursos e manejo adequado dos resíduos sólidos (BRITO; DEKKER, 2004). Para que se inicie o processo de logística reversa dos resíduos sólidos, é necessário haver pelo menos um motivador, algo que impulse os elos envolvidos a participarem do retorno. Portanto, é possível destacar três impulsores da LR, que poderiam ser denominados também como direcionadores.

O motivador econômico refere-se aos potenciais ganhos financeiros, ou seja, após a implantação da rede, o retorno financeiro será por meio da receita obtida a partir da venda do resíduo. Normalmente, não há incentivo governamental para a implementação de uma rede. As empresas envolvem-se em atividades de logística sem apoio e contando apenas com o retorno de investimento em longo prazo. Nesse caso, aspectos técnicos devem ser observados, visto que ações mapeadas e otimizadas devem acontecer para garantir baixo custo do manejo dos resíduos (GONÇALVES *et al.*, 2022). É importante evidenciar, por exemplo, como seria um bom projeto de produto/embalagem, viabilizando ser bom para o consumidor e para o meio ambiente paralelamente. Na medida em que as ameaças ambientais são potencializadas por produtos descartados de forma inadequada, também deve ser observada a obsolescência programada dos produtos projetados. Necessário também reconhecer a importância do valor da matéria-prima que se perde e do dano ambiental que se impõe quando os produtos são fabricados a partir de materiais extraídos, usados e depois descartados em um único ciclo (KANE *et al.*, 2018).

O motivador legal, refere-se a uma obrigação por força de lei, decreto, acordo coletivo, ou algo semelhante, que venha forçar uma empresa ou algum elo da cadeia a realizar a logística reversa. Essas obrigações podem sofrer alterações de acordo com a região e com o tipo de resíduo a ser manejado. Dentre os aspectos legais de gerenciamento de resíduos sólidos, o marco brasileiro é a Política Nacional dos Resíduos

Sólidos (PNRS), Lei 12.305/2010, que preconiza ações ordenadas para destinação ambientalmente correta de resíduos sólidos (BRASIL, 2010). Estudos sobre os motivadores legais da logística reversa podem ser observados em pesquisas que se fazem cada vez mais presentes, uma vez que a necessidade de regulação aumenta gradativamente. Exemplo disso é associar e identificar interseções entre normas e legislação (PORTUGAL; MORAES, 2020). E há também trabalhos que buscam compreender mais detalhes sobre a gestão de RSS (MELO JÚNIOR *et al.*, 2021).

Existe um outro tipo de motivador, que contempla aspectos socioambientais e que são sustentados por necessidade comercial, exigindo uma nova postura de preocupação das empresas com meio ambiente e impacto social.

2 Abordagem técnica da Logística reversa no contexto dos resíduos de serviços de saúde

2.1 Classificação dos resíduos

É importante classificar adequadamente os resíduos para a execução dos procedimentos de gerenciamento até sua disposição final a fim de atender à PNRS 12.305/2010. Essa lei institui que resíduos sólidos podem ser classificados quanto à sua origem ou à atividade que os geraram, a sua natureza e composição e o seu nível de periculosidade, ou os potenciais riscos ao meio ambiente e à saúde pública que possam acarretar.

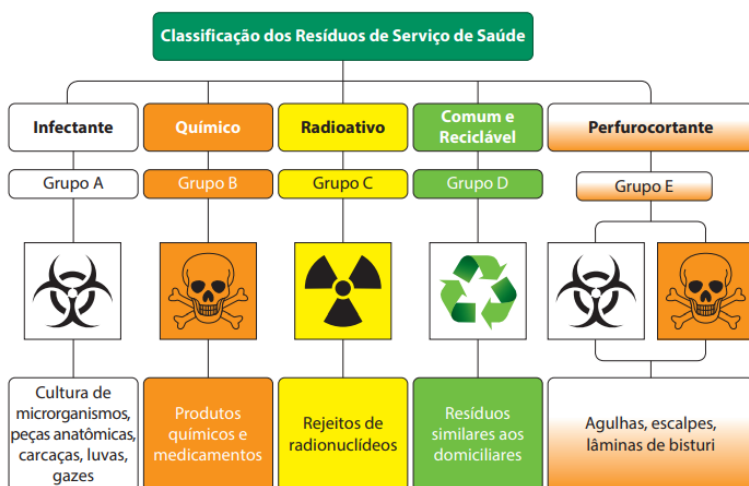
Os resíduos classificados como perigosos possuem características que podem colocar em risco as pessoas que os manipulam diretamente ou as que venham a ter algum outro tipo de contato com o resíduo, bem como o meio ambiente. Define-se como resíduo perigoso todo resíduo que apresenta uma das seguintes características: corrosividade, inflamabilidade, toxicidade, reatividade e/ou patogenicidade. Esses resíduos são provenientes principalmente de indústrias, hospitais e clínicas e atividades no campo. Dentre os resíduos que possuem características que os tornam perigosos à saúde pública e ao meio ambiente, é possível destacar como exemplo: produtos químicos

(tóxicos, corrosivos, inflamáveis, medicamentos, pilhas e baterias, solventes etc.); resíduos com contaminação biológica (patogênicos); radioativo etc.

Já os não perigosos podem ser subdivididos em 2 classes, os inertes e não inertes. A classificação considera os aspectos físico-químicos, biológicos, qualitativo e/ou quantitativo, não apresentando as características inflamabilidade, corrosividade, toxicidade, reatividade e/ou patogenicidade e nem apresentam o risco de desencadear uma reação química. Embora não perigosos, exercem impacto no meio ambiente, caso não sejam destinados adequadamente.

A Resolução CONAMA n° 358/2005, norma que regulamenta o gerenciamento de RSS, assemelha-se à PNRS, determinando que a responsabilidade do descarte adequado dos serviços de saúde seja compartilhada, envolvendo todos os elos, desde o responsável legal pelo local da geração até os transportadores e operadores das instalações de tratamento e disposição final. Diante da variedade de RSS, a RDC 222/18 define cinco grupos conforme a Figura 8.1.

Figura 8.1 – Classificação dos RSS



Fonte: Adaptado de FERREIRA *et al.* (2022)

Essa classificação é importante para o gerenciamento adequado da rede de logística reversa. A separação favorece o direcionamento

ambientalmente correto dos resíduos gerados, independentemente do gerador. Entretanto é necessário assegurar uma fiscalização regular evitando inconsistências no fluxo reverso.

2.2 Processo de logística reversa

Inicialmente, os resíduos contemplados na PNRS passíveis de implementação da LR são: agrotóxicos e seus derivados; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes e seus resíduos/embalagens; lâmpadas fluorescentes, vapor de sódio, mercúrio e luz mista; produtos eletroeletrônicos e seus componentes. Posteriormente, novos acordos setoriais foram firmados inserindo novas cadeias como as de medicamentos, embalagens plásticas e outros tipos de resíduos passíveis de LR. Com o avanço tecnológico, é esperado que novos resíduos sejam também incorporados nesse rol.

Portanto, quando se discute a LR no contexto dos RSS, parte-se do pressuposto que os estabelecimentos de saúde são geradores de resíduos contemplados nessa lista prevista pela PNRS e, dessa maneira, são obrigados a atuar na implementação da LR para esses resíduos. De maneira complementar, a oportunidade de consolidar cadeias de LR prevê a evolução dos mecanismos de gerenciamento de resíduos, sendo essa uma oportunidade única para a consolidação de melhorias no processo de gerenciamento dos RSS, especialmente devido aos riscos ambientais e à saúde já mencionados neste capítulo.

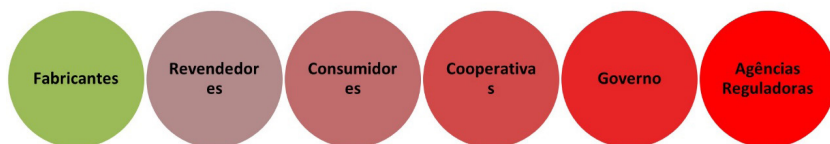
Para que o processo de logística reversa de RSS aconteça, é necessário destacar as etapas que fazem parte, considerando desde a coleta, separação, transporte, armazenamento e destinação. Esta parte técnica, inclusive, é amparada pela PNRS e também pela RDC 222/2018, que descreve o que deve constar em um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Saúde (PGRSS).

Um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos deve contemplar as etapas do manejo, desde a segregação, detalhando sobre o acondicionamento, identificação, transporte e a descrição do gerenciamento dos resíduos, bem como as informações dos geradores.

Uma rede de logística reversa é composta por uma série de atividades e envolve variadas decisões, dentre as quais destacam-se a determinação do número de instalações logísticas necessárias, suas capacidades e respectivas localizações, cujo planejamento constitui um problema complexo de se resolver (PISHVAEE *et al.*, 2010). O planejamento de uma rede logística reversa é importante no gerenciamento de uma cadeia de suprimentos. No entanto, as decisões referentes ao número de instalações, suas localizações, suas capacidades e o fluxo entre elas afetam, de maneira direta, os custos totais da rede logística reversa.

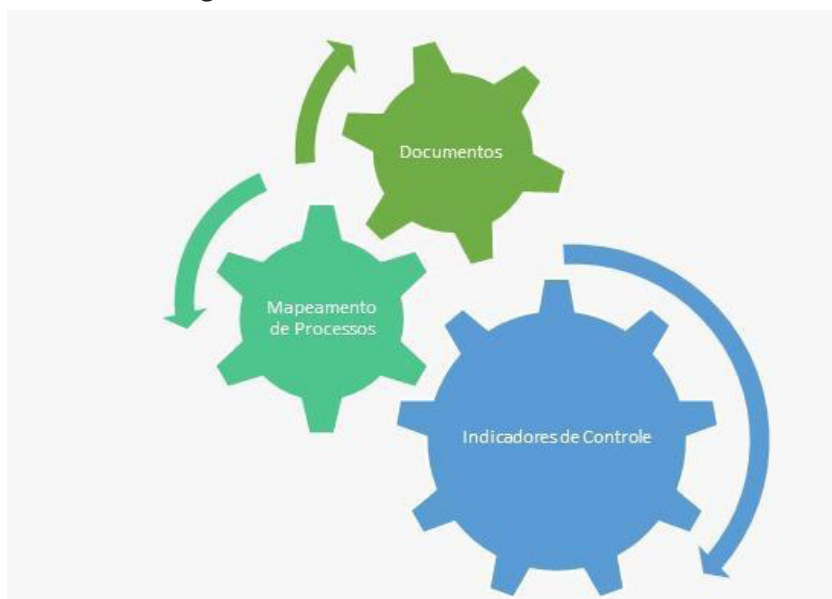
A Figura 8.2 apresenta os elos envolvidos nos sistemas de logística reversa, considerando as novas determinações da Lei nº 12.305/2010. É importante destacar que as relações entre os elos possuem interrelações específicas com o fluxo financeiro, fluxo de informações e trocas de serviços (COUTO; LANGE, 2017).

Figura 8.2 — Elos da Logística Reversa



Fonte: De autoria própria (2022)

Para operacionalização da LR no contexto dos RSS, é necessário assegurar o controle de todas as etapas de manuseio. Dividindo em elementos, o controle pode ser resultado da correlação entre o mapeamento dos processos para definição de responsabilidades e a geração de documentos para controle dos indicadores. A Figura 8.3 traz uma representação de engrenagem, pois os indicadores geram a necessidade de documentos que, por sua vez, asseguram o controle dos processos ora mapeados.

Figura 8.3 — Elementos de Controle da LR

Fonte: De autoria própria (2022)

O controle pode ser feito por documentos como NF, recibos, romaneios e demais registros que servem para conferência de quantidade, medidas temporais e origem e destino do resíduo. Diante da importância de controlar as atividades da LR, não apenas a utilização do histórico gerado com essas informações, mas o mapeamento de fluxos desses processos é de suma importância.

Ao mapear um processo, o controle de todas as atividades pode ser garantido, uma vez que os desperdícios são destacados, os trabalhos são otimizados e as responsabilidades são definidas. O mapeamento do processo visa controle e padronização do processo, melhora o desempenho e identifica gargalos.

Quando cada elo da rede de logística reversa tem suas responsabilidades definidas, a estrutura de atuação torna-se mais efetiva. Os níveis de responsabilidades são definidos usando representações gráficas como fluxograma, gráfico de processo, diagrama de fluxo de trabalho/negócio, são vários tipos de nomenclaturas com o objetivo de identi-

ficar, simplificar e documentar as etapas que compõem o processo de cada elo da rede (FONSECA; BARREIROS, 2017).

Os indicadores para gerenciamento da LR é um conjunto de métricas para avaliar a performance ou desempenho dos elos da rede. Após definição das suas respectivas responsabilidades, os documentos utilizados para controle serão a base de informações dos indicadores. Além do resultado, o indicador apresenta a meta estabelecida e é baseado nessas medidas que os responsáveis pelos processos podem intervir, caso não haja cumprimento do objetivo proposto para cada indicador. Materiais de suporte já foram elaborados no âmbito acadêmico, e os processos ainda precisam ser contemplados e aprimorados (MOL *et al.*, 2016).

2.3 Tomada de decisão em LR

A tomada de decisão em logística reversa deve ser baseada em critérios técnicos, mas com embasamento jurídico. Isso significa que um modelo matemático será criado para atender a objetivos técnicos (custo, tempo etc.), mas serão consideradas as normas, leis, decretos ou acordos setoriais para a delimitações e restrições. A modelagem matemática é utilizada como uma alternativa para expressar fatos e que podem ajudar no processo da tomada de decisões. A modelagem permite a simulação de processos e de cenários com a introdução de índices de desempenho que permitam quantificar os custos e benefícios da implementação do sistema. É uma ferramenta importante para expressar formalmente problemas, procurando encontrar soluções ótimas ou viáveis que possam ajudar no processo de tomada de decisões. Pode trazer como resultado a recomendação de como fazer uso dos recursos de forma eficiente, o que acarreta redução de custos com a otimização da movimentação de cargas de produtos novos ou usados e também de resíduos.

Um problema da localização preocupa-se em estudar uma área específica a partir das unidades de distribuição de produtos ou de prestação de serviços. O objetivo desses problemas é determinar a

quantidade e a localização ideal dessas unidades de forma a atender da melhor maneira possível a um conjunto de usuários cuja localização é conhecida (FERRI *et al.*, 2017). Outra ferramenta que pode ser utilizada para uma assertiva tomada de decisão é a roteirização, que procura obter as melhores rotas para atender a determinados clientes, minimizando o custo ou tempo de viagem com uma frota homogênea ou heterogênea com capacidades conhecidas. Isso pode ser muito útil quando se trata de grandes cidades e de resíduos com alto grau de periculosidade, pois sua exposição pode colocar em risco as pessoas que o cercam.

Considerando que o dimensionamento da rede de logística reversa tem como fator-chave a quantidade de oferta do resíduo, uma das formas de otimizar os recursos é aplicar estratégias para tomada de decisão buscando formatar modelos que priorizem melhores formas de descarte (AGRAWAL; SINGH, 2019; NANAYAKKARA *et al.*, 2022).

Em 2020, em decorrência do aumento no número de internações hospitalares e atendimentos de saúde por conta da pandemia da covid-19, cerca de 290 mil toneladas de RSS foram coletadas nos municípios brasileiros, com um índice de coleta *per capita* em torno de 1,4 kg por habitante no ano (ABRELPE, 2021). A geração de RSS pode variar de acordo com o desenvolvimento econômico do país, como consequência da preparação e suporte médico oferecido e a utilização de materiais na área. No Brasil, a região que mais descarta esse resíduo é a Sudeste, onde se encontra a maior concentração de renda do país. Isso reforça que a geração de RSS está de fato associada com o desenvolvimento econômico do país.

Há pressão para lidar com devoluções de produtos após o fim de vida devido a regulamentos governamentais, preocupações ambientais e responsabilidade social. Uma das formas de lidar com ambos os tipos de retornos é adaptar e implementar as melhores práticas de LR. Existe crescimento do consumo e redução do ciclo de vida do produto, tornando o mercado competitivo, mas trazendo desafio na destinação dos resíduos (AGRAWAL; SINGH, 2019).

Por fim, para respaldar a tomada de decisão na LR, a Análise de Decisão Multicritério pode ser utilizada para minimizar riscos e ampliar

o escopo de avaliação usando um cenário com variáveis internas e externas (GU *et al.*, 2021; HAJI VAHABZADEH *et al.*, 2015; WANG *et al.*, 2019). A tomada de decisão nas operações de logística reversa envolve o tipo de recuperação a ser realizada para devoluções, o local para realizar a recuperação, o modo de transporte e o preço das peças recuperadas (SENTHIL *et al.*, 2018).

Apesar da crescente conscientização entre os profissionais, os conceitos de vulnerabilidade da cadeia de suprimentos e sua contrapartida gerencial de gerenciamento de risco da cadeia de suprimentos ainda estão em sua concepção. Portanto, para selecionar a medida de robustez apropriada e adaptar a abordagens de mitigação, os riscos da cadeia de suprimentos devem ser priorizados.

3 Abordagem jurídica da logística reversa dos resíduos sólidos

A PNRS preconiza princípios básicos para o desenvolvimento ambiental, entre os quais se destacam a caracterização do resíduo sólido como sendo reutilizável ou reciclável como um bem econômico e de valor social; a geração de trabalho e renda e promoção de cidadania; estímulo à aplicação de padrões sustentáveis de produção e consumo; responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, atribuindo a política do poluidor-pagador e o protetor-recebedor.

Nesse sentido, a primeira diferenciação a ser evidenciada é sobre o resíduo e rejeito: resíduo é “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam, para isso, soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”. Rejeitos são resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não

apresente outra possibilidade que não a disposição final, ambientalmente adequada. O art. 3º, incisos XV e XVI, da Lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos diferenciam as terminologias de acordo com a sua destinação final dos resíduos. Em linhas gerais, enquanto para resíduos sólidos deve-se utilizar da melhor tecnologia disponível para o reaproveitamento do material descartado, para uma nova finalidade; os rejeitos não apresentam essa possibilidade, procedendo ao descarte final, devendo observar-se procedimentos ambientalmente adequados para seu fim.

A NBR 10004/04 define os resíduos sólidos como resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades doméstica, hospitalar, industrial, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Também são considerados os fluídos ou lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, resíduos provenientes de equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos. Nessa norma, são elencadas as classificações dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente. Em 2018, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) publicou a Resolução RDC nº 222 (revisão da RDC nº 306 de 2004) (BRASIL, 2018) que regulamenta as boas práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde alinhada com as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Esse alinhamento se dá em conjunto com a Resolução 275/2001, que estabelece código de cores para os diferentes tipos de resíduos; a Resolução 358/2005, que dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde; a Portaria nº 280 do Ministério do Meio Ambiente, que institui o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) nacional, uma ferramenta *on-line*, em que o gerador presta informações sobre a movimentação de seus resíduos; a Resolução ANTT 5947/2021, da Agência Nacional de Transportes Terrestres, que atualiza as instruções complementares ao regulamento do transporte terrestre de produtos perigosos; a Norma Regulamentadora (NR) 32 de 2005 do Ministério do Trabalho e Previdência do Brasil, que dispõe

sobre Segurança e Saúde no Trabalho em Estabelecimentos de Saúde; a Instrução Normativa nº 13 de 2012 e nº 1 de 2013, ambas editadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), que publica a Lista Brasileira de Resíduos Sólidos, a qual será utilizada pelo Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais, pelo Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental e pelo Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos, bem como por futuros sistemas informatizados do Ibama que possam vir a tratar de resíduos sólidos; a ABNT NBR 12.809/2013, que dispõe sobre resíduos de serviços de saúde — gerenciamento de resíduos de serviços de saúde intraestabelecimento.

É importante observar os preceitos das normas que promovem a segurança e proteção do trabalhador para que os acidentes, contaminações e outros riscos à saúde sejam minimizados. É obrigação do contratante fornecer equipamentos de proteção individual (EPIs), assegurando condições adequadas aos colaboradores, assim zelando pela integridade de sua equipe. Mas o colaborador também deve se comprometer a utilizar os EPIs adequadamente e sempre manusear resíduos com prudência e responsabilidade, conforme previsto na NR-6 do Manual de Segurança e Medicina do Trabalho, e também na NR-32, sobre Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde. No Brasil, a legislação abrange várias normas que garantem a saúde e a segurança do trabalhador que manuseia os resíduos. A RDC nº 222/2018 da Anvisa determina que as pessoas envolvidas diretamente com os processos de higienização, coleta, transporte, tratamento e armazenamento de resíduos devam ser submetidas a exame médico admissional, periódico, de retorno ao trabalho, de mudança de função, em conformidade com o estabelecido no PCMSO da Portaria nº 3214 do MTE (Ministério da Economia/Secretaria do Trabalho) (BRASIL, 2018).

A Anvisa cumpre missão de “regulamentar, controlar e fiscalizar os produtos e serviços que envolvam riscos à saúde pública” (Lei nº 9.782/99, capítulo II, art. 8º).

4 Considerações finais

Este estudo evidencia a complexidade da operacionalização da logística reversa e as características a serem observadas para planejamento, implementação e controle dos fluxos reversos. Questões como adequação à legislação, instrumentos de controle e indicadores de desempenho encorajam estudos e empenho dos *players* desse segmento.

Assegurar o descarte adequado de resíduos sólidos é algo desafiador não apenas para os geradores de resíduos, mas também para o governo. Apenas transferir a responsabilidade para o próximo elo da cadeia não é adequado e gera, portanto, a necessidade de promover uma sincronia entre os atores dessa cadeia reversa.

Observando elementos técnicos como classificação, processo de coleta, transporte, armazenamento e descarte, e os aspectos ambientais, são evidenciadas muitas características a serem gerenciadas. Diante da complexidade dessas variáveis, rastreabilidade, confiança e transparência são destacadas como fatores críticos para o processo de logística reversa.

Controlar o manuseio dos resíduos de forma efetiva, obedecendo à legislação e otimizando os recursos empenhados nesse processo é uma atividade essencial para o governo, meio ambiente e para os agentes da logística reversa.

A proposta de projeto integrado de logística reversa baseado em uma visão interdisciplinar, contemplando as perspectivas técnicas, jurídicas e ambientais, torna-se um desafio para os profissionais que atuam nessa área.

ABRELPE (São Paulo). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2021. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 16 fev. 2023.

REFERÊNCIAS

AGRAWAL, Saurabh; SINGH, Rajesh Kr. Analyzing disposition decisions for sustainable reverse logistics: triple bottom line approach. **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 150, p. 104448, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104448>.

BRASIL. Resolução RDC nº 222, de 28 de março de 2018. Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 228-233, 2018. ISSN: 1677-7042.

BRITO, Marisa P.; DEKKER, Rommert. A Framework for Reverse Logistics. *In*: DEKKER, Rommert *et al.* (org.). **Reverse Logistics**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004. p. 3–27. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-24803-3_1. Acesso em: 17 fev. 2023.

COUTO, Maria Claudia Lima; LANGE, Liséte Celina. Análise dos sistemas de logística reversa no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S. l.], v. 22, n. 5, p. 889-898, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522017149403>.

FERREIRA, M. S; RUIZ, R. C.; MATTARAIA, V. G. M. **Fundamentos para Gestão de Resíduos de Serviços de Saúde**. Comissão de Resíduos do

Butantã. 1. ed. São Paulo: Fundação Butantan, 2022. p. 14. Disponível em: <https://butantan.gov.br/assets/arquivos/Index/fundamentos.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2023.

FERRI, Giovane Lopes *et al.* Modelos de Localização de Facilidades na Gestão de Resíduos Sólidos: uma Revisão Bibliométrica. **Brazilian Journal of Production Engineering**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 40-56, 2017. Disponível em: https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/v3n2_4. Acesso em: 17 fev. 2023.

FONSECA, Emmily Caroline Cabral da; *et al.* Proposta de mapa de processos de logística reversa de pós-consumo sob a ótica da política nacional de resíduos sólidos. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 83-89, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15675/gepros.v12i1.1601>.

GONÇALVES, M. F. S. *et al.* Evaluation of thermal plasma process for treatment disposal of solid radioactive waste. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 311, p. 114895, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114895>.

GONÇALVES, Max Filipe Silva; CHAVES, Gisele de Lorena Diniz. Perspectiva do Óleo Residual de Cozinha (ORC) no Brasil e suas dimensões na Logística Reversa. **Revista ESPACIOS**, [S. l.], v. 35, n. 8, p. 16, 2014. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a14v35n08/14350816.html>. Acesso em: 17 fev. 2023.

GONÇALVES, Max Filipe Silva; CONCILIO, Alessandra Leite; SHIMADA, Rodrigo Daiske. Avaliação da estrutura da logística reversa do óleo residual de cozinha (ORC) em São Paulo. **Revista Gestão Industrial**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 70-86, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3895/gi.v14n4.7799>.

GONÇALVES, M. F. S.; PEREIRA, N. C.; TERENCE, M. C. Application of Reverse Logistics for the Recycling of Polypropylene Waste and Oyster Shell. **Defect and Diffusion Forum**, [S. l.], v. 391, p. 101-105, 2019. ISSN: 1662-9507. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/DDF.391.101>.

GU, Wei *et al.* Optimal strategies for reverse logistics network construction: A multi-criteria decision method for Chinese iron and steel industry. **Resources Policy**, [S. l.], v. 74, p. 101353, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.02.008>.

HAJI VAHABZADEH, Ali; ASIAEI, Arash; ZAILANI, Suhaiza. Reprint of "Green decision-making model in reverse logistics using FUZZY-VIKOR method". **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 104, p. 334-347, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.028>.

HOSSAIN, Md. Rajib; ISLAM, Md. Aminul; HASAN, Mehedi. Assessment of Medical Waste Management Practices: A Case Study in Gopalganj Sadar, Bangladesh. **European Journal of Medical and Health Sciences**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 62-71, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34104/ejmhs.021.062071>.

KANE, G. M.; BAKKER, C. A.; BALKENENDE, A. R. Towards design strategies for circular medical products. **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 135, p. 38-47, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.030>.

MARINKOVIĆ, Natalija *et al.* Management of hazardous medical waste in Croatia. **Waste Management**, [S. l.], v. 28, n. 6, p. 1049-1056, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.01.021>.

MELO JÚNIOR, Daniel de Sousa *et al.* Gestão De Resíduos Sólidos De Serviços De Saúde. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 7, n. 11, p. 1788-1812, 2021. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v7i11.3313>.

MOL, Marcos Paulo Gomes *et al.* **Manual de Regulamento Orientador para a Construção dos Indicadores de Monitoramento, Avaliação e Controle de Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS)**. Belo Horizonte: COPAGRESS, 2011. Disponível em: <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.19752.57604>. Acesso em: 17 fev. 2023.

MOL, Marcos Paulo Gomes *et al.* Healthcare waste generation in hospitals per continent: a systematic review. **Environmental Science and Pollution Research**, [S. l.], v. 29, n. 28, p. 42466–42475, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19995-1>.

NANAYAKKARA, Pamal R. *et al.* A circular reverse logistics framework for handling e-commerce returns. **Cleaner Logistics and Supply Chain**, [S. l.], v. 5, p. 100080, 2022. ISSN: 27723909. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100080>.

PISHVAEE, Mir Saman; FARAHANI, Reza Zanjirani; DULLAERT, Wout. A memetic algorithm for bi-objective integrated forward/reverse logistics network design. **Computers & Operations Research**, [S. l.], v. 37, n. 6, p. 1100-1112, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2009.09.018>.

PORTUGAL, Adilio Campos; MORAES, Luiz Roberto Santos. Aspectos Legais Quanto ao Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS): Estudo Comparado Entre a RDC Anvisa nº 222/2018 e a RDC Anvisa nº 306/2004. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 101, 2020. DOI: <https://doi.org/10.9771/gesta.v8i1.34517>.

SENTHIL, S.; MURUGANANTHAN, K.; RAMESH, A. Analysis and prioritisation of risks in a reverse logistics network using hybrid multi-criteria decision making methods. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 179, p. 716-730, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.095>.

SILVA, Rodrigo Cimas da *et al.* Study on the implementation of reverse logistics in medicines from health centers in Brazil. **Cleaner Waste Systems**, [S. l.], v. 2, p. 100015, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100015>.

WANG, Han *et al.* An integrated MCDM approach considering demands-matching for reverse logistics. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 208, p. 199-210, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.131>.

SOBRE OS AUTORES

Adalmario Neto Silva de Freitas

Técnico em Meio Ambiente pelo Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes – *Campus* Ibatiba), graduando em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo.

Aline de Souza Lopes

Engenheira Ambiental pela FAESA Centro Universitário.

Amanda Diniz de Moura

Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes – *Campus* Ibatiba).

Ana Luiza Kruger Velten Rodrigues Pinto

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes).

Aramis Cortes de Araújo Junior

Graduação em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); Especialista em Políticas Territoriais no Estado do Rio de Janeiro pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ); Mestre em Geografia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro; Doutor em Geografia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Atualmente é professor do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) – *Campus* de Alegre.

Arnaldo Henrique de Oliveira Carvalho

Professor no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - *Campus* Ibatiba. Licenciado em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1998). Mestre em Meio Ambiente e Sustentabilidade pelo Centro Universitário de Caratinga (2004). Doutorado em Produção Vegetal (Fitotecnia) pela Universidade Federal do Espírito Santo (2018).

Benvindo Sirtoli Gardiman Junior

Engenheiro Ambiental, Mestre em Ciências Florestais (2012) e Doutor em Produção Vegetal (2018), ambos pela Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes). Professor no Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes - *Campus* Ibatiba).

Beatriz Torezani Sacramento

Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes). Atuou como Diretora de Projetos no ciclo 2020-2021 no time Enactus Ifes Vitória, projeto de extensão vinculado ao Ifes *Campus* Vitória. É coautora do *e-book* “Lapassion Goiânia: como contribuir para uma sociedade inclusiva e sustentável” (Editora Alta Performance, 2021).

Breno Licerio Torquato

Engenheiro Ambiental pela FAESA Centro Universitário

Dayane Valentina Brumatti

Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (2010) e Mestrado em Meteorologia Agrícola, pela Universidade Federal de Viçosa (2012). Engenheira de Segurança do Trabalho, na Faculdade Pitágoras (2013), de Educação Ambiental, na Universidade Federal de Minas Gerais (2016) e Educação Ambiental e Sustentabilidade, no Instituto Federal do Espírito Santo - *Campus* Ibatiba (2019). Atuou como Engenheira Ambiental efetiva na Prefeitura Municipal de Ibatiba, entre os anos de 2012 e 2020. Atualmente é doutoranda em engenharia ambiental na Ufes.

Felipe Devens Costa

Engenheiro Civil formado pela Universidade Federal do Espírito Santo. Desenvolveu seu trabalho de conclusão de curso sobre a aplicação de coprodutos da indústria siderúrgica na técnica de microrrevestimento asfáltico a frio em obras de pavimentação e recuperação de superfícies de pavimentos.

Francisco de Assis Ferreira

Graduado em Tecnologia em Gestão Ambiental pela Unopar, especialista em Gestão e Educação Ambiental pela Multivix e mestrando em Tecnologias Sustentáveis pelo Ifes. Trabalha desde 2012 como técnico em química no Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas da Ufes. Atualmente atua como membro do Núcleo de Meio Ambiente e Sustentabilidade do CEUNES/UFES e coordena o projeto de extensão “Compostagem UFES”.

Glauber Henrique Rodrigues Dias

Engenheiro Civil e pós-graduado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG).

Isabella Macedo Menezes

Bióloga pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Especialista em Gestão da Qualidade Integrada ao Meio Ambiente pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG).

Jacqueline Rogéria Bringhenti

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo. Doutora em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP). Docente do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental e do Programa de Mestrado em Tecnologias Sustentáveis do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes).

Jônio Ferreira de Souza

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes). Mestre em Engenharia Ambiental pela Ufes. Doutor em Engenharia Civil, na área de Geotecnia Ambiental, pela COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Docente titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes).

Katia Broeto Miller

Designer pela Universidade Federal do Espírito Santo. Doutora

em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília. Docente do Curso de Design da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes) e participação no Programa de Mestrado em Tecnologias Sustentáveis do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes).

Larissa Rosario Babosa

Engenheira Sanitária e Ambiental pelo Instituto Federal do Espírito Santo. Atuação profissional na área de saneamento ambiental.

Lorrayne Oliveira de Souza

Engenheira Ambiental pela FAESA Centro Universitário. Analista em Gestão Ambiental na Prysmian Group Estácio Prysmian Group

Maiara Leite Zupeli

Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (2017), com experiência na área de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Consultoria Ambiental.

Marco Aurélio de Abreu Bortolini

Graduado em Engenharia Ambiental pelas Faculdades Integradas Espírito-Santenses (FAESA), com experiência na área de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Consultoria Ambiental.

Marcos Paulo Gomes Mol

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Mestre e Doutor em Saneamento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Pesquisador da Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Fundação Ezequiel Dias (Funed).

Maria Claudia Lima Couto

Engenheira Civil e Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais. Vice-diretora da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária

e Ambiental – Seção ES (2021-2023). Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - *Campus* Vitória.

Maria Eduarda Cecílio Lopes

Estudante de Engenharia de Produção na Universidade Presbiteriana Mackenzie. Experiência na área de Controladoria em empresa de gestão de resíduos sólidos. Atualmente atua na área de Qualidade de Projetos de Engenharia, em multinacional do segmento de energia. Pesquisa na área de energias renováveis e resíduos pela UPM (Universidade Presbiteriana Mackenzie).

Maria Luísa Ribeiro de Paiva Hubner

Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes – *Campus* Ibatiba).

Mariana Cerqueira de Miranda

Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes – *Campus* Ibatiba).

Mariana Nunes Catapano

Graduada em Engenharia Química pela FAESA Centro Universitário. Atuou em projetos na área de isolamento e quantificação de moléculas de alta massa molecular usando técnicas de HPLC, e em processos de escalonamento de produção de álcool pelo Laboratório de Biotecnologia Aplicada ao Agronegócio - Ufes. Atualmente possui o cargo de Analista de Prevenção a Fraudes.

Mariângela Dutra de Oliveira

Engenheira Civil pela Escola de Engenharia Kennedy (1987), Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (2003), Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (2014). Professora efetiva do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto Federal do Espírito Santo desde 2005.

Marisleide Garcia de Sousa

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Mestrado em Ciências em Engenharia Ambiental pela Ufes (2005). Engenheira de Segurança do Trabalho pela UCL (2010). Graduada em Engenharia Civil pela Ufes (2002). Professora do Instituto Federal do Espírito Santo - *Campus Ibatiba*.

Max Filipe Silva Gonçalves

Engenheiro de Produção, Mestre em Energia, Doutor em Engenharia de Materiais e Nanotecnologia. Pós-Doutorando no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Logística Reversa de Rejeitos Radioativos). Membro da Comissão de Direito Urbanístico da OAB – Ordem dos Advogados do Brasil - São Paulo. Professor Pesquisador na Universidade Presbiteriana Mackenzie.

Oeber de Freitas Quadros

Biólogo, Doutor em Biotecnologia (USP). Atualmente é pesquisador da Fundação Espírito-santense de Tecnologia (FEST) e participa do Núcleo de Estudos da Fotossíntese (NEF/UFES), com projetos financiados pelo MAPA e do Núcleo de Biotecnologia (UFES), onde atua em projetos financiados pela CAPES, CNPq e FAPES. Foi professor na FAESA Centro Universitário, onde ainda faz parte do Comitê de Ética e revisor da Revista Científica FAESA. Tem experiência em biologia molecular, melhoramento genético em microrganismos e plantas.

Patrício José Moreira Pires

Engenheiro Civil (UFPB-2002), doutor em Engenharia Civil/ Geotecnia (PUC-Rio-2009) e Professor Associado II da Universidade Federal do Espírito Santo (Desde 2011). Atua nas áreas de melhoramento de solos, investigações geotécnicas, modelagem geotécnica e monitoramento ambiental do meio físico.

Priscila do Nascimento

Mestre em engenharia civil pela Universidade Federal do Espírito Santo e engenheira civil formada na Universidade de Vila Velha. Seu trabalho de mestrado foi desenvolvido sobre uso de agregados siderúrgicos granulados de alto forno e aciaria do tipo Id na produção de microrrevestimento asfáltico a frio.

Rafaela Recla Cometti

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo (2008). Engenheira Ambiental (2014) com especialização em Educação Ambiental para Sustentabilidade pelo SENAC (2017). Mestre em Tecnologias Sustentáveis pelo Instituto Federal do Espírito Santo (2021). Já participou de campanhas de Educação Sanitária, com foco em Resíduos Sólidos Urbanos e Coleta Seletiva em comunidades, e escolas. Já atuou como professora da disciplina de Meio Ambiente para o SENAC.

Raphaela Gallo Carvalho Caldeira

Engenheira Ambiental pela FAESA Centro Universitário. Analista ambiental na CEPEMAR

Raquel Machado Borges

Engenheira química pela Universidade Federal de Uberlândia, doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Espírito Santo (2005) e pós-doutorado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (2018). Professora Titular do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes - *Campus* Vitória).

Vinícius Almeida de Oliveira

Engenheiro Ambiental pela Faculdade Pitágoras de Belo Horizonte, pós-graduado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG).