



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

SARA SOUZA CUTRIM DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UMA FÁBRICA DE
DUCHAS ELETRÔNICAS: UM ESTUDO DE CASO**

SÃO CRISTÓVÃO – SE

2026



SARA SOUZA CUTRIM DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UMA FÁBRICA DE
DUCHAS ELETRÔNICAS: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado à Universidade Federal de Sergipe
(UFS), Campus de São Cristóvão, como
requisito para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Inaura Carolina
Carneiro da Rocha

SÃO CRISTÓVÃO – SE

2026

SARA SOUZA CUTRIM DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UMA FÁBRICA DE
DUCHAS ELETRÔNICAS: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Sergipe – UFS,
Campus de São Cristóvão, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia
Ambiental e Sanitária.

Aprovada em: ____ de _____ _____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Inaura C. C. da Rocha
Universidade Federal de Sergipe

Prof. Dr. José Jailton Marques
Universidade Federal de Sergipe

Prof. Dr. Jefferson Arlen Freitas
Universidade Federal de Sergipe

RESUMO

Cada vez mais as indústrias têm gerado volumes significativos de resíduos sólidos, o que tem despertado uma crescente preocupação com a preservação ambiental e o uso consciente de recursos naturais. Nesse sentido, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) estabelece objetivos, princípios, instrumentos e metas para o gerenciamento eficiente dos resíduos, exigindo das empresas a implementação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). Assim, o presente estudo tem como objetivo analisar a gestão de resíduo sólidos de uma fábrica de duchas eletrônicas situada no estado de Sergipe, a fim de propor melhorias no sistema adotado. O estudo foi desenvolvido através de revisões bibliográficas sobre gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, complementada com visitas técnicas ao local e análise de documentos técnicos internos. De forma geral, foi possível identificar a necessidade de atualização do plano quanto à classificação dos resíduos sólidos, conforme a NBR 10.004:2004, bem como a implementação de melhorias nos processos de segregação, armazenamento, destinação e reaproveitamento dos materiais. Tais ações contribuem para a preservação do meio ambiente e promovem o aprimoramento da gestão ambiental da empresa.

Palavras-chave: Gestão de resíduos, Resíduos industriais, PGRS, Duchas eletrônicas.

ABSTRACT

Increasingly, industries have been generating significant volumes of solid waste, which has raised growing concerns regarding environmental preservation and the sustainable use of natural resources. In this context, the Brazilian National Solid Waste Policy (Law No. 12,305/2010) establishes objectives, principles, instruments, and targets for the efficient management of waste, requiring companies to implement a Solid Waste Management Plan (SWMP). Thus, this study aims to analyze the solid waste management practices of an electric shower manufacturing plant located in the state of Sergipe, Brazil, in order to propose improvements to the existing system. The research was conducted through a literature review on solid waste management, complemented by technical site visits and analysis of internal technical documents. Overall, the results indicated the need to update the management plan, particularly regarding solid waste classification in accordance with NBR 10.004:2004, as well as to implement improvements in the processes of segregation, storage, treatment, and material recovery. These actions contribute to environmental preservation and promote the enhancement of the company's environmental management practices.

Key-words: Waste management, Industrial waste, SWMP, Electronic showers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo de classificação de resíduos sólidos NBR 10.004:2004	10
Figura 2 - Fluxo de classificação de resíduos NBR 10.004:2024	11
Figura 3 - Descritivo da estrutura geral de códigos da LGR conforme NBR 10.004:2024 ...	12
Figura 4 - Padrão de cores CONAMA nº 275/2001	14
Figura 5 - Fluxo de um processo típico de produção de ducha eletrônica	17
Figura 6 - Setor de Injeção de uma dada fábrica	18
Figura 7 - Etapa de Montagem de uma dada fábrica.....	18
Figura 8 - Identificação de lixeiras nos setores de produção.....	26
Figura 9 - <i>Hacks/Big Bags</i> com peças plásticas	26
Figura 10 - Identificação de lixeiras nos setores de produção.....	27
Figura 11 - Lixeira de resíduos do refeitório.....	28
Figura 12 - Baia de resíduos	28
Figura 13 - Ganho x Custo com resíduos sólidos.....	32
Figura 14 - Sacos coletores	37
Figura 15 - Projeto separador água/óleo.....	38
Figura 16 - Resíduo de Latão	40
Figura 17 - Resíduo de Cobre.....	41
Figura 18 - Roldanas de madeira.....	41
Figura 19 - Régua de PVC e decape de fio	42
Figura 20 - Pano Fibertex	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Identificação e classificação dos resíduos sólidos gerados na fábrica presentes no PGRS.	25
Tabela 2 - Identificação de resíduos gerados, tratamento adotado e valor de venda/custo. ...	30
Tabela 3 - Identificação, classificação e código dos resíduos	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVOS	4
2.1	OBJETIVO GERAL.....	4
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3	REFERENCIAL TEÓRICO	5
3.1	GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO INDUSTRIAL	5
3.2	A PNRS E A NBR 10.004/ABNT NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL	7
3.3	PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PGRS)	12
3.4	COLETA SELETIVA E LOGÍSTICA REVERSA.....	13
3.5	A FABRICAÇÃO DE DUCHAS ELETRÔNICAS.....	14
3.6	RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE DUCHAS ELETRÔNICAS	19
4	METODOLOGIA.....	20
4.1	LEVANTAMENTO DE DADOS.....	20
4.2	MAPEAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA FÁBRICA	21
4.3	ANÁLISE E PROPOSTA DE MELHORIAS.....	21
4.4	DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5.1	ANÁLISE DO SISTEMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA FÁBRICA	24
5.1.1	Identificação e classificação dos resíduos sólidos.....	24
5.1.2	Segregação e acondicionamento dos resíduos sólidos.....	26
5.1.3	Tratamento e destinação final dos resíduos sólidos.....	30
5.2	PROPOSTAS AO SISTEMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA FÁBRICA	34
5.2.1	Identificação e classificação dos resíduos sólidos.....	34
5.2.2	Segregação e acondicionamento dos resíduos sólidos.....	37
5.2.3	Tratamento e destinação final dos resíduos sólidos.....	39
6	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

A avaliação da gestão de resíduos sólidos nas indústrias tem se tornado um tema relevante diante das crescentes preocupações relacionadas a preservação ambiental e ao uso racional de recursos naturais. Diante dessa necessidade, visa-se, aqui, por meio de um estudo de caso aplicado ao setor de duchas eletrônicas, compreender como se dão os processos de geração e classificação dos resíduos sólidos, a fim de esclarecer como a correta realização das etapas de segregação, acondicionamento, tratamento e destinação final podem corroborar com a mitigação dos impactos ambientais, sociais e econômicos, sem deixar de atender às exigências trazidas pelas normas vigentes (Galiazzi *et al.*, 2023).

Optou-se por abordar essas questões tendo como base um dos subsetores do contexto industrial pelo fato de que a fabricação de duchas eletrônicas se depara, diariamente, com um desafio que ainda carece de soluções mais sustentáveis, que é adotar meios que permitam gerenciar diversos tipos de resíduos sólidos para, assim, assegurar a destinação correta para cada um deles. Para além disso, sabe-se que a eficiência no gerenciamento de resíduos sólidos pode impactar positivamente tanto o meio ambiente quanto à própria economia. Pode, assim, corroborar com a diminuição de custos e desperdícios e com a melhora da imagem da empresa perante os clientes (Venzon *et al.*, 2018).

Dessa forma, torna-se fundamental a adoção de estratégias inovadoras que promovam a melhoria no sistema de gestão de resíduos sólidos, especialmente no setor industrial, área com a qual este trabalho de conclusão de curso deseja contribuir. Essa discussão é pertinente pelo fato de que, embora o gerenciamento de resíduos sólidos seja um aspecto essencial para que se possa efetivamente fomentar o desenvolvimento sustentável da indústria, foi apenas em 2010 que o Brasil desenvolveu seu marco regulatório para a gestão desses resíduos, ocasião na qual foi promulgada a Lei 12.305/2010. Nela, estabeleceram-se os objetivos, princípios, instrumentos e metas para o gerenciamento eficiente de tais componentes (Maiello; Britto; Valle, 2018).

Entre os instrumentos previstos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), há o plano de gerenciamento de resíduos sólidos e, sendo ele um item obrigatório, cabe, às empresas, utilizarem-se de tal mecanismo para administrar os grandes volumes de resíduos sólidos. Além disso, por meio dele, fomenta-se a gestão ambiental de todos os subsetores da indústria, uma vez que se realiza um diagnóstico cujos resultados permitem, ao gestor, identificar, classificar e compreender os fluxos que afetam, de maneira positiva ou negativa, o processo produtivo de seu negócio; pode-se muito mais do que planejar, visto que se viabiliza,

também, métodos para a implementação e controle desses resíduos, atentando-se às práticas que afetam desde a geração até a destinação final (Alves, 2019).

O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólido (PGRS) é o documento responsável por detalhar os resíduos gerados, bem como para classificá-los e estabelecer metas voltadas à sua redução, reciclagem e reutilização (Vieira, 2017). Nas fábricas de duchas eletrônicas, esse desafio é significativo, considerando o impacto ambiental e os custos voltados ao descarte inadequado de materiais. Nesse contexto, é fundamental analisar o PGRS vigente para, assim, identificar oportunidades de melhoria, com o objetivo de reduzir os impactos ambientais e econômicos negativos (Caus; Bertolini; Bulhões, 2024).

Considerando o panorama apresentado, o presente trabalho se justifica pela necessidade de evidenciar a importância de se aperfeiçoar a gestão de resíduos sólidos de uma fábrica de duchas eletrônicas, tendo em vista que muitos deles poderiam ser comercializados a um valor mais vantajoso, caso houvesse uma melhor triagem e negociação com outros fornecedores. Demonstrar-se-á, ao longo deste estudo de caso, que a valorização dos resíduos comumente representa não apenas um ganho econômico, mas também uma oportunidade para se promover práticas mais sustentáveis e alinhadas aos princípios da economia circular.

Além do aspecto econômico, o trabalho justifica a sua relevância por se comprometer com a atualização do PGRS vigente na empresa estudada, tendo em vista a revisão mais recente da norma ABNT NBR 10004:2024, publicada em 2024. Essa atualização se faz necessária devido à introdução de novos critérios relacionados à classificação e identificação dos resíduos sólidos, sendo essencial para garantir o atendimento à legislação vigente e promover uma gestão mais eficiente.

Apesar dos avanços na gestão de resíduos sólidos no cenário industrial, observa-se que ainda há lacunas significativas no que diz respeito à aplicação prática e à atualização dos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). Muitas empresas ainda operam com planos desatualizados ou com processos de segregação e destinação que não exploram plenamente o potencial de valorização dos resíduos gerados. Além disso, a recente atualização da norma ABNT NBR 10.004:2024 evidencia a necessidade de reavaliação dos critérios de classificação e gestão, o que nem sempre é incorporado de forma sistemática pelas organizações. Nesse sentido, este estudo busca contribuir ao realizar uma análise aplicada e atualizada do PGRS em uma indústria de duchas eletrônicas, propondo melhorias práticas voltadas à otimização da gestão de resíduos, à redução de impactos ambientais e ao aumento da eficiência econômica, preenchendo, assim, a lacuna entre a exigência normativa e sua efetiva implementação no ambiente industrial.

Assim, este Trabalho de Conclusão de Curso tem como foco inicial analisar o PGRS atual e as práticas adotadas por uma fábrica de duchas eletrônicas localizada em Aracaju/SE bem como o mapeamento das fontes de geração de resíduos sólidos do processo produtivo. A partir desse diagnóstico, identificar-se-ão as principais oportunidades de melhoria, para a devida proposição de ações voltadas à otimização na gestão de resíduos sólidos, de modo que possa vir a contribuir tanto para a mitigação de impactos ambientais quanto para a implementação de práticas sustentáveis.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos PGRS de uma fábrica de duchas eletrônicas, a fim de propor melhorias ao seu sistema de gestão de resíduos sólidos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar a literatura acerca da gestão de resíduos no contexto industrial de produção de duchas eletrônicas;
- Analisar o sistema de gestão de resíduos sólidos da fábrica, incluindo a identificação, classificação e as práticas adotadas para segregação, acondicionamento, tratamento e destinação dos resíduos gerados, com base na legislação e normas vigentes;
- Propor soluções ou estratégias para a gestão de resíduos sólidos na fábrica, de modo a minimizar impactos ao meio ambiente através da implementação de práticas economicamente viáveis e sustentáveis.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO INDUSTRIAL

A gestão de resíduos sólidos tem se consolidado como uma ferramenta fundamental para desenvolver estratégias que visam estimular a incorporação de práticas mais sustentáveis no ambiente industrial. Nesse contexto, há que se destacar que as ações voltadas para a gestão adequada de resíduos sólidos visam à incorporação, nessas práticas, de quatro fatores principais, sendo eles a redução, a reutilização, a reciclagem e o descarte ambientalmente adequado dos resíduos gerados durante o processo de produção (Azevedo, 2022a).

Ao explorar práticas sustentáveis relacionadas ao manuseio de resíduos sólidos, as indústrias tendem a melhorar sua imagem. Outros benefícios que se observa são a diminuição dos impactos ambientais, redução de custos com matéria-prima, prevenção de multas e sanções, além de se fomentar a conformidade com as legislações relevantes, como com a PNRS. Contudo, para compreender melhor a importância de se gerir esses recursos e de sua importância no contexto industrial, é preciso definir o conceito de forma clara e objetiva (Miranda Sobrinho *et al.*, 2020).

A gestão de resíduos sólidos consiste em um conjunto de ações e processos, visando ao monitoramento desde sua geração até a disposição final ou reaproveitamento, evitando qualquer impacto ambiental, social ou econômico. Nota-se, desse modo, que fazer a gestão de resíduos sólidos tem se tornado cada vez mais indispensável às indústrias de diferentes setores e subsetores, especialmente nos últimos anos, por sua capacidade, quando bem controlada e executada, de diminuir gastos com o descarte de resíduos sólidos, o que resulta no aumento da quantidade de resíduos que podem ser reaproveitados e na adequação aos critérios trazidos pelas legislações pertinentes (Alves, 2019).

Observa-se, nesse cenário, que o processo de industrialização trouxe avanços econômicos e tecnológicos significativos ao longo dos tempos. Entretanto, essa atividade antrópica também resultou na geração de grandes volumes de resíduos sólidos. Esse cenário despertou, no século XXI, o interesse pela busca pela sustentabilidade, em diversas esferas, inclusive pela área industrial. Um estudo realizado em 2023 pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), nove em cada dez empresas industriais adotam medidas para reduzir a geração de resíduos sólidos. Esse dado demonstra que cada vez mais as empresas estão comprometidas com a proteção ambiental (FIESC, 2023).

Por outro lado, a gestão ineficiente de resíduos sólidos pode gerar impactos negativos significativos sobre o solo, a água e o ar, comprometendo a biodiversidade e afetando a saúde das comunidades. Essa realidade contraria o art. 225 da Constituição Federal Brasileira de 1988, que assegura o dever de fomentar, por meio de práticas sustentáveis, a construção de um meio ambiente ecologicamente equilibrado, que é bem de uso comum do povo, essencial à qualidade de vida. Desse modo, impõe-se tanto ao Poder Público quanto à sociedade civil o dever de proteger e preservar esse ambiente para que o mesmo se mantenha acessível às gerações atuais e futuras (Carvalho, 2025).

No tocante à importância da gestão de resíduos sólidos industriais, cabe citar que implementar práticas eficazes proporciona um maior controle de desperdícios e contribui com o uso sustentável de matérias-primas e insumos, reduzindo a pegada ambiental da empresa. Nesse cenário, uma geração mais controlada representa a primeira etapa na gestão de resíduos sólidos estabelecida pela PNRS. Além disso, implementar um sistema de gerenciamento estruturado torna as empresas mais competitivas, ao possibilitar conquistas de selos reconhecidos pelo público, valorizando a marca e fortalecendo a responsabilidade social corporativa (Santos *et al.*, 2025).

Assim, diante do que tem sido verificado, fica claro que a implementação da gestão de resíduos sólidos nas indústrias é essencial para se estimular, simultaneamente, o desenvolvimento sustentável e o cumprimento das exigências legais, embora essas ações gerem diversos desafios práticos, econômicos, culturais e técnicos. Dentre dessas possíveis dificuldades, há que se destacar que um dos principais obstáculos está relacionado à falta de uma cultura organizacional que permita o entendimento de questões ambientais, pois, por muitas vezes, os temas são tratados como uma questão obrigatória. Essas práticas não são executadas de maneira espontânea (Rodrigues, 2024).

Adicionalmente, há que se frisar que a falta de conscientização ambiental nas empresas ainda é uma barreira que impede a adoção de práticas sustentáveis, dificultando a operacionalização de sistemas de gestão de resíduos sólidos eficientes. Dessa forma, ao se analisar as novas tendências e direções futuras relacionadas à gestão de resíduos sólidos, percebe-se que esta modalidade está evoluindo aos poucos, com o surgimento de novas tecnologias e metodologias que estão mudando a forma de lidar com os resíduos. Por tais motivos, as empresas têm investido em um modelo mais estratégico e integrado no qual a sustentabilidade se torna parte do processo decisório (Silva; Razzolini Filho, 2021).

Apesar dos desafios, a gestão de resíduos sólidos é algo crucial ao desenvolvimento sustentável de uma indústria. Por isso, o primeiro passo para iniciar esse processo é a

identificação e classificação dos resíduos sólidos gerados e a criação de um plano eficiente, seguindo a hierarquia estabelecida na PNRS: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada. Entretanto, para colocar essas ações em prática, é necessário desenvolver um planejamento estratégico estruturado (Trigo *et al.*, 2023).

Contudo, para que esse objetivo possa ser atingido, toda a organização deve estar comprometida, não apenas com a elaboração deste instrumento, mas com a sua efetiva implementação. Dessa forma, ao adotar uma postura proativa, os setores industriais não apenas atendem às exigências legais, mas a gestão passa a ser entendida como uma estratégia essencial para se promover a inovação e a responsabilidade corporativa em todas as práticas cotidianas, o que demanda aderir a um modelo mais estratégico e integrado (Silva; Razzolini Filho, 2021).

3.2 A PNRS E A NBR 10.004/ABNT NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL

A gestão de resíduos sólidos no Brasil é regida por um conjunto composto por leis, decretos e normas técnicas, que estabelecem diretrizes, responsabilidades, obrigações e penalidades. Contudo, nem sempre foi assim, pois, há algumas décadas, essa preocupação com a preservação do meio ambiente era inexistente. Foi apenas em 1973 que se criou o primeiro órgão federal com o objetivo de efetivamente preservar a natureza. Trata-se da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA). Entretanto, somente em 2010 foi publicada a lei nº 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), principal marco legal da gestão de resíduos (Bonaretto, 2023).

Essa lei estabelece os princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para o manejo adequado dos resíduos sólidos. Dessa forma, traz em seu texto um dos principais princípios, que é o da responsabilidade compartilhada pela manutenção do ciclo de vida dos produtos. Diante desse fim, entende-se que todos os envolvidos na cadeia de produção, comercialização, consumos e descarte tem uma corresponsabilidade ambiental. Ainda na PNRS, apresentam-se instrumentos importantes para pôr em prática seus objetivos, dentre eles, principalmente, a instituição da logística reversa (Silva *et al.*, 2024).

É importante mencionar a obrigatoriedade de elaboração do Plano de gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) para empresas geradoras de resíduos perigosos ou de grandes volumes. Adicionalmente, recomenda-se a realização da coleta seletiva e o investimento em estratégias que visem ao fomento da educação ambiental como instrumento de conscientização.

Ao tratar de gestão e gerenciamentos de resíduos sólidos deve-se ter em mente que todos os envolvidos na cadeia de produção, comercialização, consumo e descarte de um produto tem responsabilidades sobre os resíduos sólidos que são gerados nessa linha. Por isso, a PNRS traz um dos seus pilares fundamentais no art. 30 (Silva; Cardoso, 2021).

No art. 30 da PNRS, demonstra-se que a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos envolve a atuação integrada de diferentes agentes, incluindo fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos. Assim, a primeira etapa para a gestão de resíduos sólidos envolve a identificação dos resíduos gerados no processo e a classificação, de acordo com suas características. Esse processo orienta como deverão ser executadas as fases subsequentes, sendo elas as do armazenamento, transporte, tratamento e destinação final (Silva; Cardoso, 2021).

Como os resíduos sólidos industriais apresentam características diversas, dependendo do processo de operação, a classificação de cada resíduo gerado é essencial para a avaliação dos riscos associados ao material (Ferreira *et al.*, 2025). Dessa forma, a ABNT NBR 10.004 de 2004 classificava os resíduos sólidos de acordo com a sua periculosidade, sendo divididos em classes.

- a) Resíduos Classe I (Perigosos): Apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e/ou patogenicidade e, por isso, apresentam risco à saúde pública e ao meio ambiente;
- b) Resíduos Classe II A (Não Perigosos): São resíduos não inertes e não apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente;
- c) Resíduos Classe II B (Não Perigosos): São resíduos inertes, ou seja, não sofrem mudanças físico-químicas quando em contato com o meio ambiente e não se solubilizam em água. Além disso, não apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente.

Na versão de 2004, o fluxo de classificação dos resíduos sólidos inicia-se pela identificação do processo ou atividade de origem para a geração do resíduo. Em seguida, caso o material conste nos anexos A e B desta norma, eles já são classificados como resíduos perigosos. Entretanto, caso não tenha conhecimento da origem do material, são avaliados os constituintes e as características físico-químicas e biológicas, para, a partir desses resultados, realizar uma análise da periculosidade do material (Ferreira *et al.*, 2025).

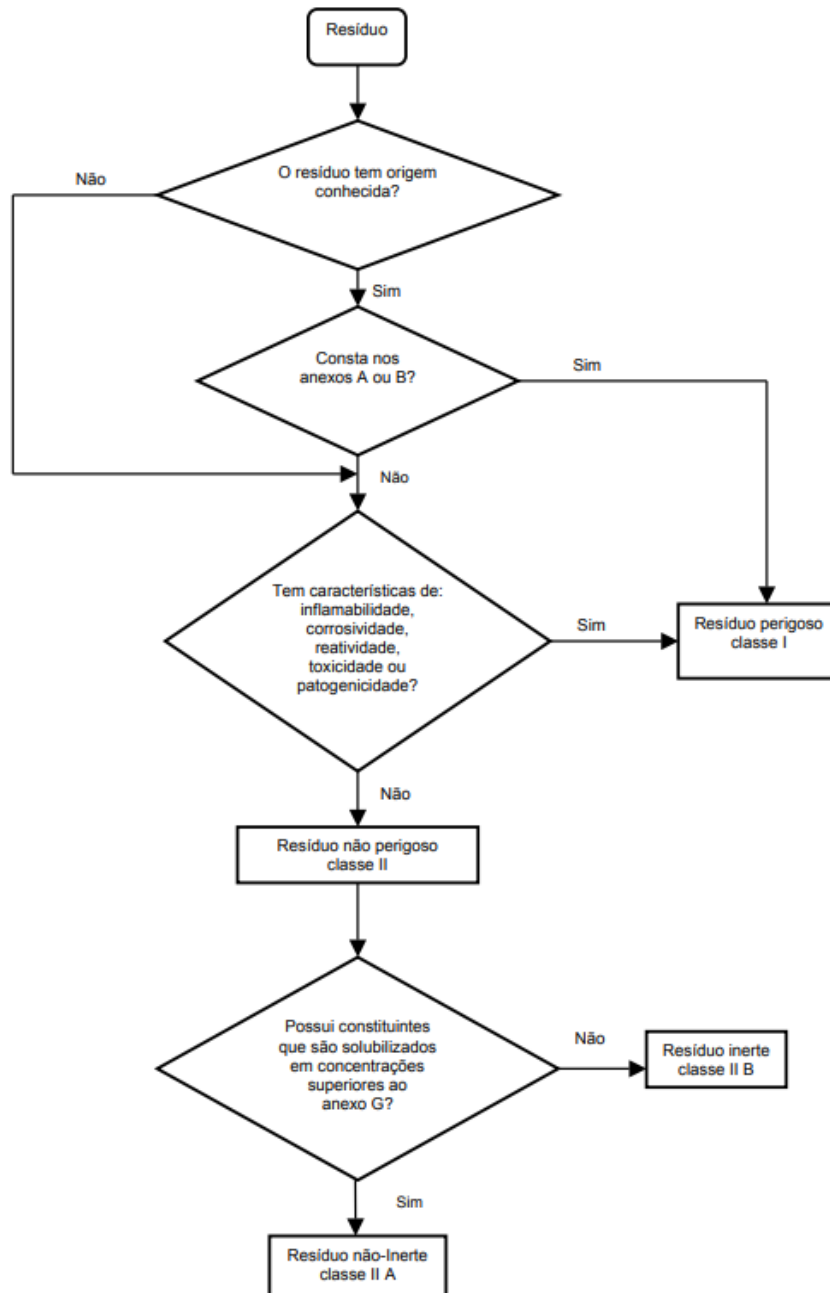
Assim, o material que apresentar alguma característica de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade é enquadrado como resíduo classe I,

se não, como resíduo classe II A ou II B (Silva, s.d). Nesse contexto, a Figura 1 demonstra o processo de classificação dos resíduos sólidos pela ABNT NBR 10.004:2004.

Porém, em novembro de 2024, uma versão revisada dessa norma foi publicada e a classificação dos resíduos sólidos passou a ser somente dividida entre resíduos perigosos (RP) e resíduos não perigosos (RNP). Desde sua publicação, a norma está em um período de transição, para adaptação das empresas ao novo sistema, que segue vigente até 31 de dezembro de 2026. A NBR 10004:2024 foi dividida em duas partes:

- Parte 1 — Requisitos de Classificação: define os critérios e procedimentos técnicos que devem ser seguidos para classificar resíduos de acordo com o nível de periculosidade.
- Parte 2 — Sistema Geral de Classificação de Resíduos (SGCR): estabelece o sistema de dados, listas e informações que suportam a classificação, como a Lista Geral de Resíduos (LGR) e bases de substâncias com perfis toxicológicos.

Figura 1 - Fluxo de classificação de resíduos sólidos NBR 10.004:2004



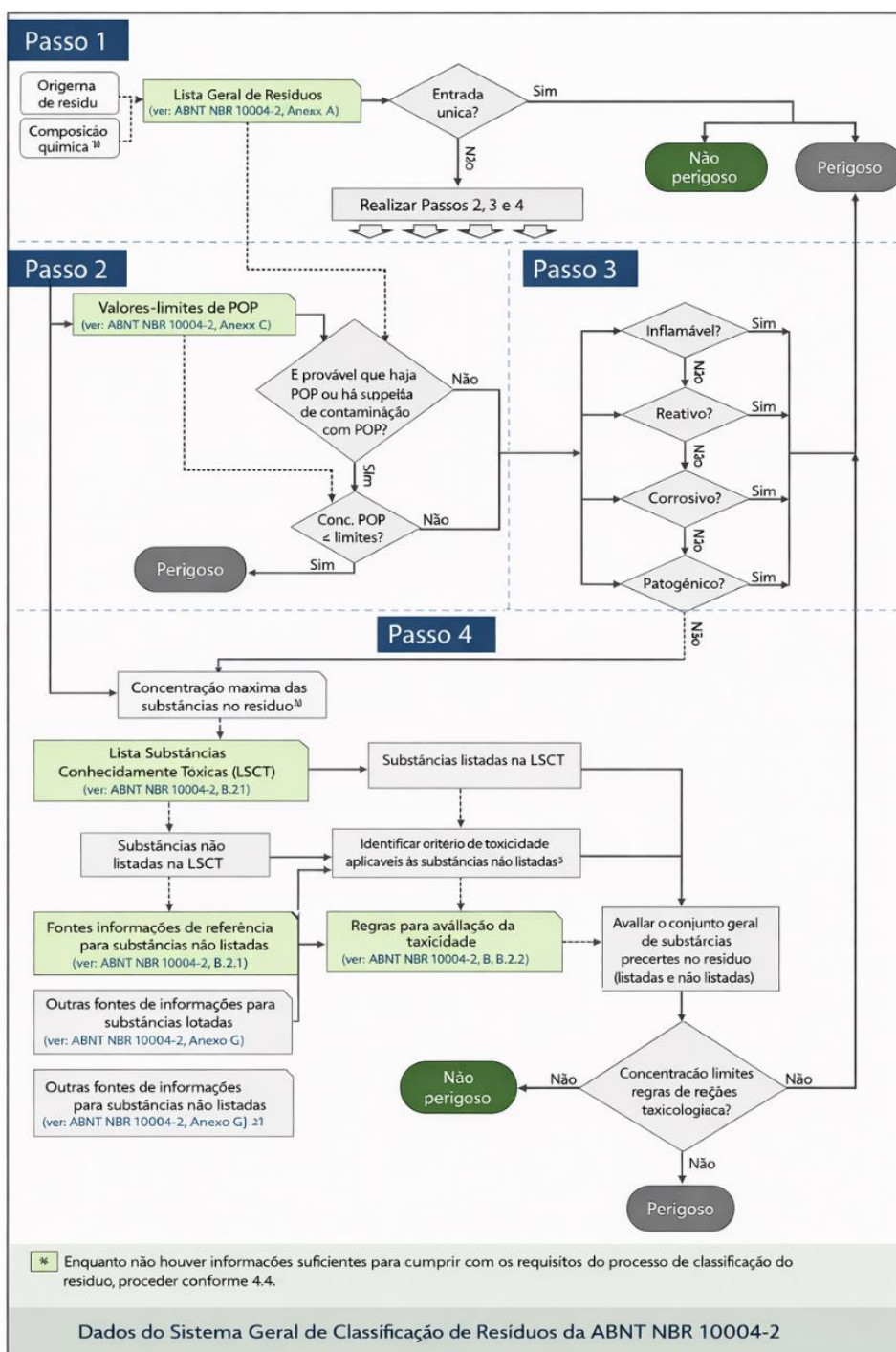
Fonte: ABNT NBR 10.004 (2004).

Dessa forma, com a nova publicação, o fluxo de classificação dos resíduos sólidos passa a ser atualizado, como se vê na Figura 2, deixando de ser utilizado o modelo estabelecido pela ABNT NBR 10.004:2004. Sob essa ótica, cabe destacar que a nova classificação dos resíduos, segundo a NBR 10.004:2024, inicia-se pela identificação do processo, bem como das concentrações dos constituintes presentes no material e das suas respectivas características. O fluxo de classificação de resíduos segue quatro passos (Rezende, 2026).

No passo 1, o resíduo que possui uma única entrada pode ser classificado diretamente como perigoso ou não perigoso, de modo que, caso se observe o contrário, deve-se prosseguir

para as próximas etapas. Diante disso, é importante destacar que os passos 2, 3 e 4 são independentes entre si, ou seja, os resultados obtidos em uma fase específica não necessariamente impactarão naqueles obtidos nas demais, pois são singulares àquela averiguação específica (Rezende, 2026), como demonstrado na Figura 2:

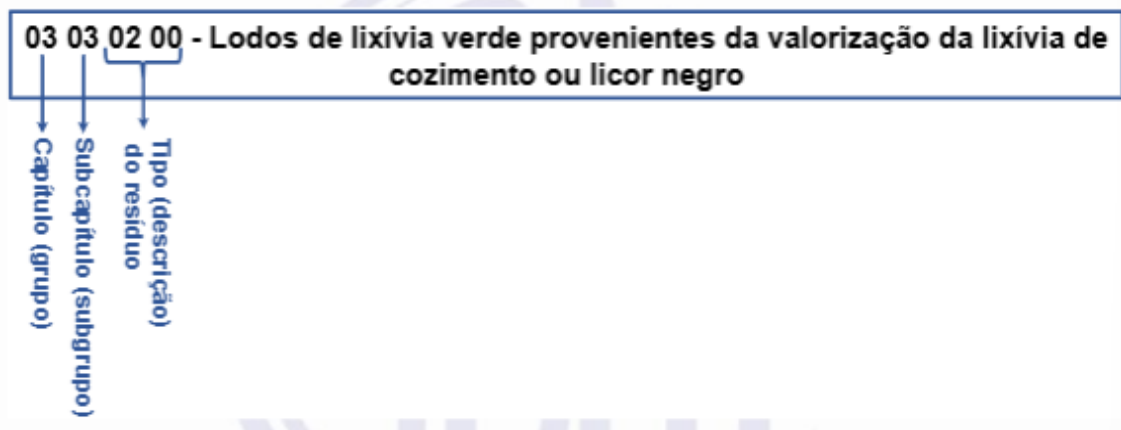
Figura 2 - Fluxo de classificação de resíduos NBR 10.004:2024



Fonte: ABNT NBR 10.004 (2024)

Ainda na primeira etapa do fluxo, todo material deve seguir com o enquadramento dos resíduos sólidos, como indica a lista geral de resíduos (LGR), disponível na segunda parte da norma. Cada resíduo terá um código de 8 (oito) dígitos correspondentes à lista, como ilustra a Figura 3. De acordo com a norma, o primeiro par indica a fonte geradora dos resíduos, ao passo que o segundo corresponde aos resíduos oriundos das atividades produtivas específicas e os últimos descrevem os tipos de resíduos (Rezende, 2026):

Figura 3 - Descritivo da estrutura geral de códigos da LGR conforme NBR 10.004:2024



Fonte: ABNT NBR 10.004 (2024)

Na avaliação do passo 2 do fluxo de classificação de resíduos sólidos, o resíduo será avaliado pela presença de POP (Poluentes orgânicos persistentes). Cabe registrar que, caso a concentração exceda o limite expresso no anexo C da norma, obrigatoriamente esse resíduo deve ser classificado como perigoso. Na sequência, no passo 3, avaliam-se as propriedades de inflamabilidade, reatividade, corrosividade e patogenicidade, e, caso alguma dessas características seja positiva, o material deverá ser classificado como perigoso. Por fim, o passo 4 avaliará a toxicidade e, em caso afirmativo, o resíduo se classifica também como perigoso (Bispo, 2025).

3.3 PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PGRS)

A Lei nº 12.305/2010, que institui a PNRS, estabelece o plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS) como um instrumento técnico e legal e tem como objetivo diagnosticar todo o processo de geração, segregação, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte e disposição final dos resíduos sólidos, além de propor ações de melhorias à empresa geradora (Galvão, 2025). Conforme estabelece o Art. 20 desta política, é obrigatório a elaboração do PGRS por parte dos geradores de resíduos incluindo aqueles oriundos de processos produtivos e instalações industriais. Esse plano possui conteúdo mínimo obrigatório, que deve ser seguido

pelas empresas e instituições que gerem resíduos sólidos, devendo estas se comprometer com a:

- Descrição do empreendimento ou atividade;
- Realização de um diagnóstico dos resíduos sólidos gerados;
- Observação das normas relacionadas;
- Identificação das soluções consorciadas ou compartilhadas com outros geradores;
- Estimular a realização de ações preventivas e corretivas;
- Instituir metas e ações que visem à minimização;
- Ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- Prezar pelo monitoramento e controle;
- Garantir que a revisão seja periódica.

O processo de gerenciamento dos resíduos sólidos é muito complexo no contexto industrial, e, por isso, o PGRS opera como uma ferramenta que propicia a realização de um diagnóstico e orientativo que fica à disposição dos colaboradores de uma instituição. Complementarmente, vale ressaltar que, em alguns processos administrativos, o plano de gerenciamento é obrigatório, para, por exemplo, obter o licenciamento ambiental. Além disso, é importante lembrar que a elaboração e implementação devem ser conduzidas por um profissional tecnicamente habilitado, sendo fundamental que o documento seja atualizado e disponível para consulta (Sousa, 2022).

3.4 COLETA SELETIVA E LOGÍSTICA REVERSA

Outro instrumento importante introduzido pela Política Nacional de Meio Ambiente é a coleta seletiva, que visa promover a separação do resíduo sólidos de acordo com a tipologia (Silva, 2020). Dessa forma, a resolução CONAMA nº 275/2001 define o código de cores para a coleta seletiva, operando como um facilitador desse processo que visa à correta separação dos resíduos. Cada cor de lixeira é determinada para um tipo de resíduo (Silva, 2021). A Figura 4 ilustra esse processo:

Figura 4 - Padrão de cores CONAMA nº 275/2001



Fonte: Autora (2025)

Já a logística reversa, também considerada um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, é definida como um conjunto composto por ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial. Seu principal objetivo é o de promover o retorno de produtos e embalagens desde o ponto de consumo até o local de origem para que haja, assim, o devido reaproveitamento do material em seus ciclos ou em outros ciclos produtivos (Barbosa *et al.*, 2025).

Nessa perspectiva, tem-se um modelo que impõe a responsabilidade coletiva a todos os envolvidos nesta cadeia, respeitando o ciclo de vida dos produtos. Por tais motivos, nos mais diversos setores a aplicação da logística reversa já é obrigatória, citando-se como exemplo as pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes, produtos eletroeletrônicos e embalagens, conforme previsto pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) (Pereira Filho *et al.*, 2024).

3.5 A FABRICAÇÃO DE DUCHAS ELETRÔNICAS

A fabricação das duchas eletrônicas evoluiu de modelos artesanais para produção

industrial em série a partir da década de 1940. Empresas passaram a desenvolver modelos com câmaras de aquecimento e mecanismos automáticos de acionamento ligados ao fluxo de água. Posteriormente, modificações estruturais e tecnológicas permitiram maior controle de temperatura e padronização produtiva nos equipamentos fabricados (Araújo; Silva; Andrade, 2023).

Nesse contexto, cabe mencionar que o desenvolvimento industrial das duchas eletrônicas no Brasil envolveu empresas que iniciaram a fabricação de equipamentos elétricos domésticos. A Fábrica de Aparelhos e Materiais Elétricos (FAME) produziu alguns dos primeiros modelos industrializados, incluindo versões com câmara de aquecimento em vidro. Posteriormente, a empresa Lorenzetti adquiriu a patente de modelos automáticos e ampliou a difusão desses equipamentos no mercado brasileiro (Araújo; Silva; Andrade, 2023).

No processo de fabricação das duchas eletrônicas utilizam-se materiais condutores e isolantes que compõem o sistema de aquecimento e o corpo do equipamento. A resistência elétrica é produzida com ligas metálicas de alto ponto de fusão, como níquel e cromo, responsáveis por aquecer a água quando percorridas por corrente elétrica. Os conectores podem utilizar cobre, enquanto componentes estruturais utilizam plásticos isolantes (Silva; Fonseca; Nunes, 2020).

Além do conjunto hidráulico, a ducha eletrônica depende de circuitos elétricos responsáveis pelo aquecimento da água. O equipamento opera a partir da passagem de corrente elétrica pela resistência, enquanto sensores ou circuitos de controle podem monitorar parâmetros como temperatura da água, tensão elétrica e corrente elétrica durante o funcionamento do dispositivo (Prezotto et al., 2025).

Sob essa ótica, há que se mencionar que a difusão das duchas elétricas consolidou esse equipamento como um dos sistemas mais utilizados para aquecimento de água em residências brasileiras. Pesquisas indicam que o chuveiro elétrico representa cerca de 99,6% dos sistemas de aquecimento residencial de água para banho no país, evidenciando amplo uso doméstico e grande presença desse equipamento no cotidiano das habitações brasileiras (Araújo; Silva; Andrade, 2023).

Tendo em vista esse cenário, há que se esclarecer que o mercado brasileiro de duchas elétricas é composto por diferentes fabricantes nacionais. Entre as empresas presentes no setor encontram-se Lorenzetti, Hydra Corona, Zagonel, Fame e Tramontina Elektrik, companhias associadas ao segmento de equipamentos elétricos domésticos. Essas empresas participam da produção e comercialização de duchas e chuveiros elétricos destinados ao mercado residencial brasileiro (ABRAS, 2016).

Entre os fabricantes atuantes no país, a empresa Lorenzetti ocupa posição de destaque no segmento de duchas e chuveiros elétricos. Pesquisas de lembrança de marca indicaram que a empresa foi apontada como líder do setor por cerca de 35% dos entrevistados em levantamento nacional. Além disso, a marca mantém presença recorrente entre as mais lembradas pelos consumidores brasileiros (Baptista, 2025).

Diante do conjunto de elementos apresentados, o processo de fabricação torna-se mais claro quando se observa a Figura 5, que explicita uma sequência típica desde a entrada de matéria-prima, passando por injeção de peças plásticas, extrusão, estamparia, inspeções de qualidade, soldagem, pintura, montagem de subconjuntos e testes em laboratório, até a expedição:

Figura 5 - Fluxo de um processo típico de produção de ducha eletrônica



Fonte: Autora (2025)

O processo de injeção plástica é a principal fase na fabricação do corpo da ducha eletrônica. Os termoplásticos granulados são fundidos e moldados sob pressão, sendo este processo responsável pela formação de toda parte externa da ducha, relacionada ao setor da injeção, como se observa na Figura 6. Parte da matéria-prima é direcionada ao setor da extrusão, destinado à produção de espaguete e mangueiras e ao setor da estamparia, onde são fabricados componentes como molas, contatos elétricos e cabos (HYDRA, 2023).

Figura 6 - Setor de Injeção de uma dada fábrica



Fonte: Autora (2025)

Em seguida as peças avançam para a etapa de montagem, como registra a Figura 7. Os produtos são integrados com componentes internos, resistência elétrica, vedantes, suportes e conexões hidráulicas. Dependendo da especificação do produto podem ocorrer processos adicionais, como pintura, metalização, gravação, soldagem. Somente após aprovação do setor da qualidade, o lote é enviado para expedição e distribuído para os clientes (HYDRA, 2023).

Figura 7- Etapa de Montagem de uma dada fábrica



Fonte: Autora (2025)

Os setores de apoio, como ferramentaria, manutenção e lean, desempenham papel essencial no suporte às operações produtivas, sendo responsáveis principalmente pela geração de resíduos como sucata ferrosa, cavaco de usinagem e retalhos contaminados. Por sua vez, as áreas produtivas principais, como injeção plástica e montagem, geram predominantemente resíduos plásticos provenientes de peças fora de especificação, além de sucata de latão, sucata

de cobre e fios (HYDRA, 2024). Esse cenário evidencia a diversidade de resíduos gerados ao longo do processo produtivo, reforçando a necessidade de um gerenciamento adequado conforme as diretrizes estabelecidas no plano de gerenciamento de resíduos sólidos.

3.6 RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE DUCHAS ELETRÔNICAS

A indústria de duchas eletrônicas no Brasil representa um segmento importante na fabricação de materiais elétricos e hidráulicos, contribuindo significativamente com o abastecimento do mercado interno ao mesmo tempo em que se estimulam as exportações (Adhana, 2023; Kumar *et al.*, 2024). Apesar da importância desse setor, nota-se uma escassez de dados públicos e consolidados sobre o número total de indústrias atuantes nesse segmento e, principalmente, sobre o volume de resíduos sólidos gerados por essas empresas, o que dificulta a realização de análises comparativas mais detalhadas entre diferentes unidades fabris (Jain *et al.*, 2023; Nandan *et al.*, 2023).

A ducha eletrônica é um equipamento que revolucionou o mercado brasileiro por se tratar de um produto diferente dos chuveiros elétricos convencionais. Ela permite a realização de um ajuste gradual da temperatura da água com o aparelho ainda ligado (Pandolfo, 2016). De modo geral, o processo produtivo desses equipamentos é composto, principalmente, pelas etapas de injeção plástica, montagem de componentes e testes de qualidade, integrando operações que demandam o uso de matérias-primas plásticas, metálicas e eletrônicas (Oliveira Neto *et al.*, 2022; Aquino, 2025). Embora não se tenha um panorama nacional detalhado sobre a geração de resíduos nesse segmento, é possível realizar estimativas com base em outra unidade da mesma fábrica objeto deste estudo, localizada na região sul do país.

Nesta unidade, estima-se que haja aproximadamente 1400 funcionários e que se gere 95 t/mês de resíduos sólidos. Esse dado evidencia a magnitude deste problema, pois, especialmente na produção de duchas eletrônicas, é urgente a adoção de práticas adequadas para uma melhor gestão desses resíduos. Nesse contexto, a indústria de duchas eletrônicas em Sergipe, objeto desse estudo, destaca-se por ser a única deste segmento no estado em atividade, o que a torna contributiva em termos econômicos, sociais e ambientais.

4 METODOLOGIA

Uma pesquisa sempre parte de um problema e, algumas vezes, a investigação gera uma via de mão dupla com o surgimento de novas teorias (Freitas *et al.*, 2014). Basicamente, pesquisar é adquirir conhecimento através de busca, de investigação e indagação. Ademais, "a pesquisa aplicada objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais" (Prodanov; Freitas, 2013, p. 51).

Nesse contexto, considerando que o presente estudo tem como objetivo propor melhorias ao sistema de gestão de resíduos sólidos de uma fábrica de duchas, a natureza desta pesquisa pode ser enquadrada como aplicada. Essa abordagem permite a aplicação de soluções práticas e inovadoras visando, neste caso, à melhoria no gerenciamento ambiental da unidade. Para melhor análise dos achados desta pesquisa sobre gestão de resíduos sólidos em ambientes industriais, esta investigação pôde ser classificada como exploratória e descritiva.

Isso se deu devido ao fato do uso de fontes bibliográficas, análise de documentos institucionais, como o PGRS, e da observação direta de uma situação prática (visto que se realizou um estudo de caso para analisar tais fenômenos). As pesquisas exploratórias buscam identificar práticas, desafios e oportunidades aqui, em relação ao gerenciamento de resíduos (Gil, 2008). Ademais, por ser um estudo descritivo, apresenta características de um fenômeno e explora a relação entre variáveis (Marconi; Lakatos, 2010).

4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Para a análise do sistema de gestão de resíduos sólidos da unidade foram realizadas, inicialmente, visitas técnicas com o objetivo de observar os processos produtivos, os resíduos sólidos gerados durante as operações e o fluxo desses materiais até sua destinação final. Além disso, foram analisados e verificados dados referentes à identificação dos resíduos, fluxo de destinação, quantidade gerada por setor, fornecedores, valores de comercialização e custos de destinação, com base nos Manifestos de Transporte de Resíduos (MTR) e no Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS).

Além das informações obtidas por meio das visitas técnicas e da análise documental, foram realizados registros fotográficos com o objetivo de comparar as informações observadas em campo. Complementarmente, foram realizadas conversas informais com colaboradores dos setores envolvidos, a fim de compreender a rotina operacional do sistema relacionado ao

manejo dos resíduos sólidos, bem como as dificuldades enfrentadas na identificação, segregação e destinação.

Na etapa de revisão bibliográfica, o estudo foi desenvolvido por meio da pesquisa de conceitos relacionados à gestão de resíduos sólidos, indústrias, sustentabilidade e classificação de resíduos, em fonte como artigos científicos, trabalhos acadêmicos e legislações pertinentes. Com base nessa pesquisa foi possível ter um embasamento teórico para compreender melhor o tema em diferentes contextos e compará-lo com o estudo em questão.

4.2 MAPEAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA FÁBRICA

Nesta etapa buscou-se identificar, caracterizar e quantificar os diferentes tipos de resíduos sólidos provenientes das etapas dos processos produtivos. Para isso, a partir das visitas técnicas e análise do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) da fábrica, foram identificados pontos de geração, os tipos de resíduos sólidos gerados e as práticas adotadas para sua segregação, acondicionamento, armazenamento e destinação final.

Com a conclusão do mapeamento, os resíduos foram classificados conforme os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 10.004:2024, sendo realizada a comparação com a versão anterior da norma.

Posteriormente, os dados foram organizados em tabelas, contemplando informações como tipo de resíduos, classificação, fonte geradora, quantidade gerada, empresa responsável pela coleta e tratamento bem como os custos e ganhos associados. Esse mapeamento permitiu a identificação de falhas e oportunidades de melhoria no sistema de gestão de resíduos, como a ausência de segregação adequada e o descarte incorreto de materiais.

4.3 ANÁLISE E PROPOSTA DE MELHORIAS

Após o reconhecimento do cenário da fábrica, a etapa seguinte foi a análise da classificação dos resíduos conforme os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 10.004:2024, possibilitando a identificação de resíduos perigosos e não perigosos bem como a verificação da conformidade em relação à norma vigente. Essa etapa permitiu avaliar os resíduos sólidos quanto à periculosidade e às características físico-químicas, além de possibilitar a atribuição de códigos para sua identificação.

Em seguida, foi realizada a análise dos fluxos de geração, segregação, acondicionamento e destinação dos resíduos sólidos com o objetivo de avaliar de forma

qualitativa e quantitativa, o sistema de gestão de resíduos sólidos adotado pela empresa. Dessa forma, os resultados obtidos foram comparados com as diretrizes estabelecidas na Lei nº 12.305/2010 e com as práticas descritas na literatura.

Além disso, após o diagnóstico do PGRS existente, foram feitas propostas de melhorias de caráter operacional e técnico, considerando a hierarquia dos resíduos, responsabilidade compartilhada e educação ambiental.

Adicionalmente, foi realizada uma análise dos aspectos ambientais e econômico das melhorias sugeridas, com o objetivo de avaliar a efetividade das propostas apresentadas. Essa avaliação considerou os custos de destinação e os valores obtidos com a comercialização de materiais recicláveis, permitindo identificar oportunidades de redução de custos, reaproveitamento interno e adoção de práticas de logística reversa.

Por fim, com base em todas as informações adquiridas a partir do diagnóstico e da análise do sistema de gestão de resíduos sólidos da unidade, foram definidos os principais pontos de melhorias em relação aos procedimentos atualmente adotados, considerando as não conformidades identificadas, as oportunidades de melhorias e as diretrizes estabelecidas na legislação ambiental vigente.

Dessa forma, os principais aspectos analisados, para a proposição de melhorias à gestão de resíduos sólidos, a serem discutidos na seção de Resultados e Discussão, foram:

- Identificação e classificação dos resíduos sólidos gerados;
- Segregação e acondicionamento dos resíduos sólidos gerados;
- Destinação dos resíduos sólidos gerados

4.4 DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO

Este trabalho foi desenvolvido sobre uma indústria de fabricação de duchas eletrônicas, cujos produtos são comercializados tanto no mercado nacional quanto internacional. A unidade está localizada no município de Aracaju/SE, em zona urbana, tendo iniciado suas atividades nessa localidade no início 2025, embora a marca já atue há 36 anos no mercado. A empresa conta com aproximadamente 1050 colaboradores, distribuídos entre os setores de Injeção, Montadora, Estamparia, Ferramentaria, Metalização, Qualidade, Almoxarifado, Refeitório, Salas ADM, Manutenção e Lean.

A unidade apresenta uma produção média mensal de aproximadamente 250.000 produtos com geração de cerca de 80 toneladas de resíduos por mês, distribuídos entre lixo comum, orgânicos, recicláveis e contaminados. Em sua planta industrial, são realizadas todas

as etapas do processo produtivo, incluindo o recebimento de matéria-prima, injeção de peças plásticas, estamparia, testes de qualidade, montagem de produto, embalagem e transporte externo.

No que se refere à gestão desses resíduos, o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) da unidade foi elaborado e implementado em janeiro de 2024, tendo sido desenvolvido por uma Empresa Júnior do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Sergipe. Entretanto, após a sua implementação, a unidade passou por mudanças significativas, especialmente em função da alteração de propriedade da fábrica e da reestruturação de seus processos produtivos e administrativos, o que evidencia a necessidade de revisão e atualização do referido plano.

Todas essas etapas contribuem para a geração de resíduos ao longo do processo produtivo, ainda que em diferentes proporções e tipologias.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão relatados e discutidos os dados obtidos junto à indústria em questão. Deve-se mencionar que a obtenção de dados foi feita através de visitas técnicas e uma revisão no plano de gerenciamento de resíduos sólidos da unidade.

5.1 ANÁLISE DO SISTEMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA FÁBRICA

O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) atual da fábrica foi elaborado e implementado em janeiro de 2024. Desde então, o sistema de gestão de resíduos sólidos da unidade passou por diversas mudanças, devido principalmente a mudança de proprietário da fábrica, que resultou na reformulação da política ambiental e em ajustes nos processos produtivos e administrativos. Ao analisar o documento vigente, verifica-se que nem todos os resíduos sólidos identificados *in loco* estão contemplados no PGRS, além de a classificação ainda estar baseada na versão anterior da norma NBR 10.004, sendo necessária sua atualização considerando a NBR 10.004:2024.

Apesar do sistema de gestão de resíduos sólidos estar passando pelo processo de adequação às novas diretrizes, foram identificadas falhas no processo de segregação na fonte e na destinação de alguns resíduos. Dessa forma, observou-se a necessidade de reforçar o treinamento dos colaboradores sobre a segregação correta e o descarte adequado dos materiais gerados.

Durante a pesquisa bibliográfica não foi possível encontrar exemplos de PGRS aplicado a fábricas no segmento de duchas eletrônicas. Contudo, foi possível realizar uma comparação com outra unidade da mesma empresa, localizada no Sul Brasil. Nota-se que cada unidade possui suas particularidades, quanto à tipologia e ao volume dos resíduos gerados. Entretanto, algumas práticas podem ser adaptadas para o novo sistema de gestão de resíduos da unidade de Aracaju no que se refere à segregação e ao reaproveitamento de materiais.

5.1.1 Identificação e classificação dos resíduos sólidos

Nas visitas técnicas realizadas, observou-se que a geração de resíduos sólidos em uma indústria não está ligada apenas ao processo produtivo, mas a outras atividades ligadas indiretamente ao processo. Após a análise do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) atualmente utilizado pela empresa, a tabela 1 sintetiza os resíduos gerados na fábrica, a classificação dos mesmos, bem como a identificação da fonte geradora de cada resíduo. Vale

ressaltar que a classificação adotada no PGRS atual da fábrica está conforme a classificação adotada pela ABNT NBR 10004:2004.

Tabela 1 – Identificação e classificação dos resíduos sólidos gerados na fábrica presentes no PGRS.

ITEM	RESÍDUO	CLASSE (NBR 10.004)	FONTE GERADORA
1	Materiais diversos contaminado*	I	Injeção e Montadora
2	Lâmpadas Fluorescentes	I	Geral fábrica
3	Óleo lubrificante usado	II – A	Injeção
4	Resíduos de serviço de saúde	I	Ambulatório
5	Restos alimentícios	II – A	Refeitório
6	Roldanas de madeira	II – A	Montadora
7	Pallet de madeira	II – A	Almoxarifado
8	Caixas pail pack	II – A	Montadora
9	Papel e papelão	II – A	Geral fábrica
10	Resíduo de construção civil	II – B	Manutenção
11	Plástico	II – B	Geral fábrica
12	Peças (PP, Nylon, ABS, Poliacetal)	II – B	Montadora e Injeção
13	Borra de injeção	II – B	Injeção
14	Ferro	II – B	Manutenção/Lean
15	Latão beneficiado	II – B	Estamparia
16	Cobre	II – B	Estamparia/Montadora
17	Cabo elétrico	II – B	Estamparia/Montadora
18	Resíduos não recicláveis	II – B	Geral fábrica
19	Sucata industrial	II – B	Montadora
20	Diafragma/ Plataforma**	II – B	Montadora

* Os resíduos contaminados englobam embalagens de produtos químicos, tintas, vernizes e solventes e materiais contaminados com óleo ou químicos;

** São resíduos e refugos de plástico.

Fonte: Adaptado do PGRS da fábrica (2024).

Ao todo, foram identificados 20 itens de resíduos sólidos gerados durante as diferentes etapas do processo produtivo da fabricação de duchas eletrônicas. Cada resíduo foi relacionado aos principais locais de geração, de modo que se tenha uma visão das áreas que contribuem para a formação de resíduos.

5.1.2 Segregação e acondicionamento dos resíduos sólidos

A etapa de segregação de resíduos é uma das mais importantes, pois cada resíduo sólido tem seu potencial econômico. Durante a visita foi identificado que a segregação de papelão, embalagem plástica, lixo comum e resíduo contaminados era realizada diretamente nas células de produção e recolhidas posteriormente pela equipe de serviços gerais. Cada célula possui lixeiras identificadas seguindo o padrão previsto na Resolução CONAMA nº 275/2001, como mostra a Figura 8.

Figura 8 - Identificação de lixeiras nos setores de produção



Fonte: Autora (2025)

No caso de peças plásticas ou qualquer outro material que faz parte do processo principal de fabricação de duchas eletrônicas, essas são enviadas em *hacks* ou *big bags* direto para a baia de resíduos externa (Figura 9) pelos setores geradores, montadora ou injeção.

Figura 9 - *Hacks/Big Bags* com peças plásticas



Fonte: Autora (2025)

Já para o óleo lubrificante usado, que é coletado nas máquinas injetoras, estes ficam armazenados em recipientes plásticos de 5 litros. Entretanto, pelo processo de condensação das máquinas ocorre a formação de mistura de óleo e água. Esse material é armazenado em caixas e posteriormente encaminhado para a baia de resíduos e acondicionado em um container do tipo IBC (Figura 10), aguardando a coleta por empresa especializada:

Figura 10 - Identificação de lixeiras nos setores de produção



Fonte: Autora (2025)

No refeitório, os resíduos sólidos mais gerados são os de origem orgânica (restos de alimentos), eles são acondicionados em coletores brancos e são devidamente posicionados para facilitar o descarte (Figura 11). A separação nesse setor é realizada em duas categorias: resíduos orgânicos e resíduos não recicláveis, compostos principalmente de copos plásticos, guardanapos e latas de refrigerante:

Figura 11 - Lixeira de resíduos do refeitório



Fonte: Autora (2025)

Depois de segregados, todos esses materiais são levados à baía de resíduos, onde são organizados de forma separada conforme sua tipologia, como mostra a Figuras 12. Assim depois de acondicionados na baía eles são coletados por empresas habilitadas e destinadas para reciclagem, blendagem ou aterro sanitário:

Figura 12 - Baía de resíduos



Fonte: Autora (2025)

Mediante ao exposto, observa-se que a estrutura já existente de segregação nas células produtivas constitui base concreta para ampliação do aproveitamento econômico dos resíduos

sólidos, especialmente papelão e embalagens plásticas, que apresentam valor de mercado quando corretamente separados e acondicionados. A identificação das lixeiras, em conformidade com a Resolução CONAMA nº 275/2001 permite consolidar programas internos de valorização, com mensuração por tipo de resíduo, estabelecimento de metas de redução e negociação direta com recicladores, reforçando a priorização da reutilização e reciclagem prevista na Lei nº 12.305/2010 (Silva; Cardoso, 2021).

O envio de peças plásticas em big bags diretamente à baía externa revela oportunidade estratégica de estruturar um fluxo específico de retorno à cadeia produtiva, seja por reciclagem interna, seja por logística reversa junto a parceiros industriais. Considerando que a PNRS estabelece a responsabilidade compartilhada ao longo do ciclo de vida dos produtos, o controle sistemático desses volumes pode viabilizar contratos mais vantajosos e reduzir custos com aquisição de matéria-prima, transformando resíduos do processo principal em insumo secundário economicamente aproveitável (Silva; Cardoso, 2021).

No caso do óleo lubrificante usado e da mistura óleo e água armazenada em IBC, a prática já adotada de acondicionamento adequado cria condições para formalização de rastreabilidade documental, ampliando segurança jurídica e potencial de negociação com empresas especializadas. A PNRS contempla a implementação de sistemas de logística reversa para óleos lubrificantes e suas embalagens, o que representa oportunidade de estruturar acordos que reduzam custos de destinação e reforcem a conformidade ambiental, integrando o gerenciamento ao conjunto de instrumentos da política nacional (Silva; Cardoso, 2021).

A separação no refeitório entre resíduos orgânicos e não recicláveis indica possibilidade de implementação de solução específica para a fração orgânica, como compostagem ou encaminhamento para tratamento diferenciado, reduzindo o volume destinado a aterro sanitário. A priorização do tratamento antes da disposição final encontra respaldo na hierarquia definida pela PNRS, que orienta as etapas de não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento, reservando a disposição final dos rejeitos como último recurso (Trigo *et al.*, 2023).

A centralização na baía de resíduos, com separação por tipologia e posterior coleta por empresas habilitadas, possibilita implantar sistema de indicadores internos de desempenho ambiental, com registro de quantidades enviadas para reciclagem, blendagem e aterro sanitário. Tal sistematização amplia a capacidade de planejamento, favorece decisões baseadas em dados e alinha o gerenciamento interno aos objetivos da PNRS de melhoria contínua da gestão e redução de impactos ambientais resultantes de práticas inadequadas no manejo de resíduos (Trigo *et al.*, 2023).

5.1.3 Tratamento e destinação final dos resíduos sólidos

Na última etapa do processo de gerenciamento de resíduos sólidos, os materiais são coletados na baía por empresas devidamente licenciadas e recebem o tratamento adequado para cada tipo de resíduo. A Tabela 2 apresenta a quantidade gerada de cada material, as empresas responsáveis pela coleta, tratamento e o valor pago ou recebido por cada resíduo.

Tabela 2 - Identificação de resíduos gerados, tratamento adotado e valor de venda/custo.

ITEM	RESÍDUO	QUANTIDADE GERADA/ANO	UNIDADE	EMPRESA RESPONSÁVEL	TRATAMENTO	VALOR
1	Materiais diversos contaminados *	43,83	toneladas	REMOLIX	Coprocessamento	R\$ 1470,00
2	Lâmpadas Fluorescentes	57	unidades	REMOLIX	Descontaminação	R\$ 2,20
3	Óleo lubrificante usado	490	litros	LWART	Rerrefino	R\$ 0,90
4	Resíduos de serviço de saúde	20	quilograma	REMOLIX	Coprocessamento	R\$ 120,00
5	Restos alimentícios	30,15	toneladas	L&M	Aterro Sanitário	R\$ 170,00
6	Roldanas de madeira	1140	unidades	L&M	Reciclagem	R\$ 0,60
7	Pallet de madeira	2491	unidades	L&M	Reciclagem	R\$ 0,95
8	Caixas pail pack	6,6	toneladas	L&M	Aterro Sanitário	R\$ 170,00
9	Papel e papelão	85,13	toneladas	L&M	Reciclagem	R\$ 200,00
10	Resíduo de construção civil	59,64	toneladas	L&M	Reciclagem	R\$ 70,00
11	Plástico	15,43	toneladas	L&M	Reciclagem	R\$ 790,00

ITEM	RESÍDUO	QUANTIDADE GERADA/ANO	UNIDADE	EMPRESA RESPONSÁVEL	TRATAMENTO	VALOR
12	Peças (PP, Nylon, ABS, Poliacetal)	51,38	toneladas	L&M	Reciclagem	R\$ 1.450,00
13	Borra de injeção	52,30	toneladas	L&M	Reciclagem	R\$ 880,00
14	Ferro	18,63	toneladas	L&M	Reciclagem	R\$ 370,00
15	Latão beneficiado	9,42	toneladas	L&M	Reciclagem	R\$ 10.160,00
16	Cobre	0,04	toneladas	L&M	Reciclagem	R\$ 12.840,00
17	Cabo elétrico	1,37	toneladas	L&M	Reciclagem	R\$ 10.90,00
18	Resíduos não recicláveis	206,87	toneladas	L&M	Aterro Sanitário	R\$ 170,00 + Frete R\$ 130,00/dia
19	Sucata industrial* *	91,73	toneladas	L&M	Reciclagem	R\$ 1.000,00
20	Diafragma/ Plataforma ***	0,60	toneladas	L&M	Reciclagem	R\$ 2.150,00

* Os resíduos contaminados englobam embalagens de produtos químicos, tintas, vernizes e solventes e materiais contaminados com óleo ou químicos;

** Peça completa das duchas eletrônicas

*** São resíduos e refugos de plástico.

Fonte: Adaptado do PGRS da fábrica (2024).

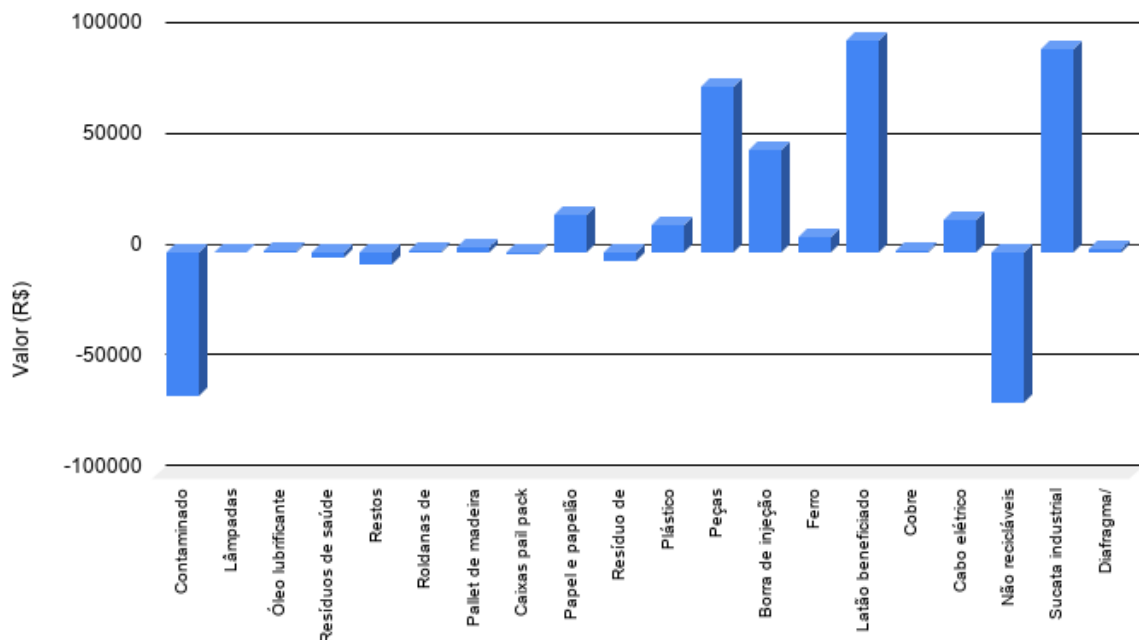
Os resíduos sólidos gerados no processo industrial são encaminhados para três empresas responsáveis por sua destinação: Remolix, L&M e LWART. Os resíduos contaminados, orgânico e lixo comum, a indústria tem um custo para que esse material seja descartado em aterro ou ir para coprocessamento. Já os outros materiais recicláveis, a empresa recebe o valor em relação ao kg do material destinado. Nota-se através da tabela que o maior quantitativo gerado corresponde a resíduos não recicláveis. No entanto, quando analisamos a quantidade de peças plásticas que são geradas como resíduos, esse valor se torna bastante expressivo.

Ao avaliar os itens 12,13 e 19 a quantidade gerada anualmente é em torno de 195,41 t. o que torna uma parcela considerável de todos os resíduos que são gerados durante o processo. Esse cenário se torna uma oportunidade para o reaproveitamento de material de volta ao

processo. Além disso, durante a visita à fábrica foi identificado o uso de estopas (retalhos) para diferentes finalidades, seja para limpar as peças, enxugar água do chão, ou conter vazamentos de óleo. Durante o processo os colaboradores descartavam as estopas na lixeira de resíduos contaminados, independentemente de estar apenas úmida só com água ou realmente suja com óleo ou produto químico.

Esse uso generalizado resulta no descarte desse item direto na lixeira de resíduos contaminado, o que contribui significativamente para a geração de 43,83 t/ano. Com os dados obtidos na Tabela 2, foi possível gerar a Figura 13, com o valor recebido ou pago de cada tipo de resíduo gerado por ano na indústria.

Figura 13 - Ganho x Custo com resíduos sólidos



Fonte: Autora (2025).

De acordo com o Figura 13 foi possível visualizar que os custos com o descarte de resíduos não recicláveis, contaminados, resíduos de saúde, construção civil e lâmpadas não supera os ganhos com a venda de materiais para a reciclagem. Esse cenário demonstra que a venda dos materiais recicláveis não apenas compensa as despesas com o custo para a destinação de resíduos não recicláveis, mas também contribui positivamente para a rentabilidade do processo. Dessa forma, reforça a importância da segregação correta dos materiais passíveis de reciclagem.

Entretanto, vale ressaltar que o valor econômico obtido com a comercialização desses materiais que são vendidos para a reciclagem, a exemplo, peças plásticas e sucatas industriais, é abaixo do valor agregado que poderiam representar caso fossem reaproveitados no próprio

processo produtivo. A reintegração desses materiais nos processos de fabricação de duchas, proporciona a diminuição de valores associados à aquisição de matéria-prima virgem e contribui para o cumprimento da economia circular e da sustentabilidade industrial.

A análise dos dados apresentados na Tabela 2 evidencia que o sistema atual de gerenciamento de resíduos sólidos dispõe de uma estrutura de destinação já consolidada, com definição de empresas responsáveis, tratamento adotado e valores pagos ou recebidos por tonelada, litro ou unidade. Contudo, ao observar que os resíduos não recicláveis somam 206,87 t./ano, com custo de R\$ 170,00/t acrescido de frete de R\$ 130,00/dia, identifica-se uma oportunidade objetiva de redução de despesas por meio do aprimoramento da segregação na fonte e da minimização da geração de rejeitos, conforme a hierarquia estabelecida pela Política Nacional de Resíduos Sólidos que prioriza não geração, redução e reutilização (Oliveira Neto *et al.*, 2022).

Além disso, a expressiva quantidade anual de resíduos plásticos e sucatas industriais, especialmente os itens 12, 13 e 19, que totalizam aproximadamente 195,41 t./ano, indica potencial técnico e econômico para reintegração desses materiais ao processo produtivo. A literatura aponta que a remanufatura e o reaproveitamento contribuem para conservação de recursos naturais, na diminuição da poluição e na ampliação do ciclo de vida dos produtos, configurando alternativa estratégica à simples comercialização como sucata (Oliveira Neto *et al.*, 2022). Assim, a proposta de retorno desses materiais à fabricação das duchas eletrônicas alinha-se às práticas de economia circular já discutidas em âmbito nacional.

No que se refere aos resíduos contaminados, que atingem 43,83 t./ano com custo de R\$ 1.470,00/t para coprocessamento, observa-se que parte desse volume decorre do descarte indiscriminado de estopas utilizadas na limpeza, independentemente do nível de contaminação. A experiência relatada em diagnósticos ambientais demonstra que identificar as fontes geradoras e a caracterizar adequadamente os resíduos, constituem etapa essencial para definir estratégias de manejo mais eficientes e ambientalmente adequadas (Ferreira *et al.*, 2025). Nesse sentido, a implementação de treinamentos específicos para diferenciação entre resíduos efetivamente contaminados e resíduos apenas úmidos representa medida concreta de redução de custos e de otimização operacional.

Ademais, a análise comparativa entre ganhos e custos, apresentada na Figura 13, demonstra que a comercialização de recicláveis supera as despesas com rejeitos e resíduos perigosos. Entretanto, a própria literatura evidencia que a simples destinação para reciclagem não esgota o potencial econômico dos materiais, sendo o reaproveitamento interno alternativa capaz de agregar maior valor ao resíduo gerado (Oliveira Neto *et al.*, 2022). Dessa forma, a

proposta de melhoria do sistema de gerenciamento de resíduos deve avançar da lógica de compensação financeira por venda para uma estratégia de reinserção produtiva, consolidando ganhos ambientais e econômicos simultaneamente.

Por fim, cabe citar que a consolidação dessas oportunidades requer a articulação entre diagnóstico quantitativo, classificação normativa e ações educativas. O diagnóstico detalhado das fontes geradoras e da caracterização conforme a NBR 10.004/2004 constitui ferramenta fundamental para planejamento da gestão e para definição de pontos críticos de intervenção (Ferreira *et al.*, 2025). Assim, a valorização da proposta apresentada não se limita à adequação normativa, mas se fundamenta na redução de custos operacionais, na ampliação da rentabilidade do processo e na incorporação de práticas de economia circular ao sistema produtivo da indústria.

5.2 PROPOSTAS AO SISTEMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA FÁBRICA

A partir do diagnóstico do gerenciamento de resíduos da fábrica de duchas eletrônicas, mudanças foram sugeridas, pois foram identificadas oportunidades de melhorias e adequações no plano.

5.2.1 Identificação e classificação dos resíduos sólidos

Tendo em vista que as empresas terão até dezembro de 2026 para se enquadrarem nas diretrizes estabelecidas pela NBR 10.004:2024, foi proposta, neste estudo, a classificação atualizada dos resíduos sólidos gerados na unidade. A adequação à norma é fundamental para garantir a conformidade legal e aprimorar o plano de gerenciamento de resíduos, uma vez que ela redefine critérios de periculosidade e simplifica o processo de classificação.

Dessa maneira, foi elaborada a Tabela 3 na qual são apresentados os resíduos sólidos identificados, sua classificação e os respectivos códigos, conforme os critérios estabelecidos pela NBR 10.004:2024. Além disso, durante a visita técnica, foram identificados resíduos sólidos não contemplados no plano de gerenciamento vigente da fábrica, os quais foram incluídos na referida tabela.

Tabela 3 - Identificação, classificação e código dos resíduos

ITEM	RESÍDUO	CLASSE (NBR 10.004/ 2024)	CÓDIGO
1	Estopas Contaminadas	Perigoso	15 02 02 00
2	Lâmpadas Fluorescentes	Perigoso	15 05 01 00
3	Óleo lubrificante usado	Perigoso	13 02 01 00
4	Resíduos de serviço de saúde	Perigoso	18 01 02 00
5	Restos alimentícios	Não Perigoso	20 01 08 00
6	Roldanas de madeira	Não Perigoso	15 01 03 00
7	Pallet de madeira	Não Perigoso	15 01 0300
8	Caixas pail pack	Não Perigoso	20 01 39 00
9	Papel e papelão	Não Perigoso	15 01 01 02
10	Resíduo de construção civil	Não Perigoso	17 01 01 00
11	Plástico	Não Perigoso	15 01 02 00
12	Peças (PP, Nylon, ABS, Poliacetal)	Não Perigoso	15 03 01 00
13	Borra de injeção	Não Perigoso	15 03 01 00
14	Ferro	Não Perigoso	15 03 02 01
15	Latão beneficiado	Não Perigoso	15 03 02 02
16	Cobre	Não Perigoso	15 03 02 02
17	Cabo elétrico	Não Perigoso	15 03 02 01
18	Resíduos não recicláveis	Não Perigoso	20 01 39 00
19	Sucata industrial	Não Perigoso	15 03 02 00
20	Diafragma/ Plataforma	Não Perigoso	15 03 01 00
21	Embalagem Produto Químico	Perigoso	15 01 10 00
22	Decape de fio	Não Perigoso	15 03 01 00
23	Régua de PVC	Não Perigoso	15 03 01 00
24	Estanho	Não Perigoso	15 03 02 02

Fonte: Autora (2025)

Considerando o prazo estabelecido até dezembro de 2026 para adequação à NBR 10.004:2024, a atualização da classificação dos 24 resíduos identificados na unidade não se restringe ao atendimento formal da norma, mas representa uma oportunidade estratégica de reestruturação do sistema de gerenciamento. A redefinição dos critérios de periculosidade e a simplificação do processo classificatório criam condições para padronização interna,

rastreabilidade por código e integração entre identificação, segregação e destinação final, fortalecendo a governança ambiental da unidade produtiva (Santos *et al.*, 2025).

Destaca-se, assim, que a identificação de cinco resíduos classificados como Perigosos, dentre os quais se destacam estopas contaminadas 15 02 02 00, lâmpadas fluorescentes 15 05 01 00, óleo lubrificante usado 13 02 01 00, resíduos de serviço de saúde 18 01 02 00 e embalagens de produto químico 15 01 10 00, evidencia oportunidade de estruturar protocolos específicos de armazenamento temporário, rotulagem e destinação diferenciada, reduzindo riscos ocupacionais e ambientais por meio da segregação técnica adequada (Ferreira *et al.*, 2025).

A predominância de resíduos classificados como Não Perigosos, totalizando 19 tipologias distintas, revela potencial concreto de ampliação de práticas de reciclagem e reaproveitamento. Materiais como papel e papelão 15 01 01 02, plástico 15 01 02 00, peças em PP, Nylon, ABS e Poliacetal 15 03 01 00, borra de injeção 15 03 01 00, ferro 15 03 02 01, latão beneficiado 15 03 02 02, cobre 15 03 02 02, cabo elétrico 15 03 02 01 e sucata industrial 15 03 02 00 indicam possibilidade de inserção em cadeias produtivas secundárias, reforçando a lógica de valorização material e eficiência no uso de recursos defendida no debate sobre economia circular (Santos *et al.*, 2025).

A identificação de resíduos sólidos não previstos no plano de gerenciamento anterior, incorporados após visita técnica, demonstra oportunidade de aprimoramento do diagnóstico institucional. O mapeamento e a caracterização evidenciam que a ausência de inventário atualizado compromete a efetividade da gestão, sobretudo quando múltiplas atividades geram resíduos de naturezas distintas. A atualização do inventário amplia a capacidade de planejamento, permitindo reorganização de pontos de coleta, definição de responsabilidades internas e redução de descarte inadequado (Ferreira *et al.*, 2025).

Dessa forma, compreende-se que a codificação detalhada de cada resíduo também favorece a implementação de indicadores internos de desempenho ambiental, como controle por tipologia e monitoramento da proporção entre resíduos perigosos e não perigosos. Essa estruturação técnica dialoga com a necessidade de transição para modelos produtivos mais eficientes, que reduzam desperdícios e promovam reaproveitamento sistemático de materiais, articulando gestão empresarial e sustentabilidade em perspectiva integrada (Santos *et al.*, 2025).

Portanto, os resultados evidenciam que a proposta de classificação atualizada à luz da NBR 10.004:2024 configura oportunidade de fortalecimento do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos ao integrar conformidade normativa, diagnóstico ampliado, rastreabilidade por

código e potencial de valorização dos materiais identificados, estruturando base técnica para práticas mais eficientes e ambientalmente alinhadas (Santos *et al.*, 2025; Ferreira *et al.*, 2025).

5.2.2 Segregação e acondicionamento dos resíduos sólidos

Considerando que a segregação dos resíduos sólidos constitui etapa fundamental para redução do volume destinado a tratamento específico, conforme determina o instrumento do plano de gerenciamento de resíduos sólidos estabelecido pela Lei nº 12.305/2010, os dados do diagnóstico reforçam a necessidade de aprimoramento dessa fase.

Outro ponto de melhoria refere-se à adoção de sacos coletores coloridos, em conformidade com o padrão de cores estabelecido pela Resolução CONAMA nº 275/2001, de modo a auxiliar na organização e na coleta dos diferentes tipos de resíduos, otimizando assim o trabalho dos funcionários responsáveis pela coleta e reduzindo falhas durante o manuseio dos resíduos. Conforme ilustrado na Figura 14:

Figura 14 - Sacos coletores



Fonte: Asterplás (2023)

Outra proposta de melhoria consiste na aquisição de um separador de água e óleo, para o tratamento dos resíduos líquidos proveniente das máquinas injetoras. Atualmente, esse material é armazenado diretamente em um único container. Com a instalação do equipamento, o processo será otimizado, proporcionando uma separação mais eficiente entre as fases. Dessa forma, haverá aumento no volume de óleo recuperado e, conseqüentemente, maior valor agregado com sua destinação para rerrefino, conforme observado na Figura 15.

No que se refere aos aspectos econômicos, o projeto envolve um investimento inicial estimado em R\$ 1.200,00. Entretanto, considera-se que o retorno desse investimento ocorre em aproximadamente dois anos, por meio da receita obtida com a venda do óleo usado e da redução

dos custos associados à destinação da fração aquosa contaminada. Assim, a proposta apresenta viabilidade econômica, aliada a benefícios ambientais decorrentes do tratamento mais adequado dos resíduos líquidos.

Figura 15 - Projeto separador água/óleo



Fonte: Autora (2025).

Além disso, ao se analisar a gestão de resíduos sólidos e efluentes em indústrias do setor de duchas eletrônicas, verifica-se que a adoção de dispositivos de controle e tratamento integra as diretrizes da PNRS, especialmente no que se refere à não geração, redução e tratamento adequado antes da disposição final. Nesse contexto, a implantação de um separador de água e óleo alinha-se à necessidade de manejo tecnicamente orientado dos efluentes, contribuindo para que o gerenciamento interno contemple desde o acondicionamento até a destinação ambientalmente adequada (Azevedo, 2022b).

Ademais, considerando que o inventário e a quantificação dos resíduos sólidos constituem instrumentos relevantes para o planejamento e a tomada de decisão no gerenciamento ambiental, a separação eficiente entre fração aquosa e óleo possibilita maior controle sobre o volume efetivamente recuperado. Essa medida fortalece o registro quantitativo dos resíduos líquidos gerados, amplia o potencial de reaproveitamento por meio do rerrefino e reduz a destinação inadequada, mantendo coerência com os procedimentos técnicos de gestão e disposição final apresentados no estudo (Azevedo, 2022b).

Outrossim, ao se considerar que a PNRS estabelece como prioridade a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos antes da disposição final, a aquisição do separador de água e óleo configura-se como medida compatível com a hierarquia legalmente prevista. A proposta amplia o controle técnico sobre os efluentes líquidos oriundos das atividades operacionais, reduz a mistura de frações distintas em um único recipiente e cria condições para tratamento prévio adequado, fortalecendo o sistema de gerenciamento interno e a conformidade com os instrumentos de gestão ambiental.

Além disso, tendo em vista que o inventário de resíduos constitui ferramenta essencial para a obtenção de dados quantitativos e para o direcionamento de ações corretivas no gerenciamento, a separação eficiente entre água e óleo representa oportunidade concreta de aprimoramento do sistema. A medida possibilita mensurar com maior precisão o volume de óleo recuperado para rerrefino, reduzir a carga potencialmente contaminante armazenada e estruturar indicadores de desempenho, promovendo integração entre controle operacional, destinação ambientalmente adequada e otimização econômica do processo.

5.2.3 Tratamento e destinação final dos resíduos sólidos

Para a etapa de destinação final, recomenda-se a reintrodução das peças plásticas no processo produtivo por meio da moagem e do reaproveitamento, evitando sua comercialização para reciclagem, a qual acarreta perda significativa de valor agregado. Conforme apresentado na Tabela 2, o valor médio obtido com a venda das peças plásticas para reciclagem é de aproximadamente R\$ 1,40/kg, entretanto, quando comparado ao valor da matéria-prima virgem, este pode atingir cerca de R\$ 13,00/kg.

Dessa forma, o uso do material reaproveitado mostra-se economicamente mais vantajoso, podendo ser aplicado na fabricação de componentes internos dos produtos, contribuindo para a redução do consumo de matéria-prima virgem e alinhando-se aos princípios da economia circular e da sustentabilidade industrial. Essa melhoria pode representar uma receita indireta estimada em R\$ 58.000,00 por mês, considerando um volume médio de 5.000 kg reaproveitados e um ganho unitário de R\$ 11,60/kg, correspondente à diferença entre o valor da matéria-prima virgem e o valor de comercialização para reciclagem.

De forma complementar, recomenda-se a aplicação da logística reversa para materiais como latão, cobre e roldanas de madeira, anteriormente, comercializados para a reciclagem por valores significativamente inferiores, conforme apresentado na Tabela 2.

Com o retorno desses materiais ao fornecedor original, esse processo permite a obtenção de valores mais vantajosos, sendo o latão (Figura 16) comercializado a aproximadamente R\$

30,00/kg, o cobre (Figura 17) R\$ 40,00/kg e as roldanas de madeira (Figura 18) passando a apresentar valor médio de R\$ 13,00/un. Essa iniciativa proporciona maior retorno financeiro, além de incentivar a adoção da logística reversa como um instrumento da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Considerando as quantidades anuais de 9,42 t de latão, 0,04 t de cobre e 1.140 unidades de roldanas, conforme dados do PGRA vigente, estimasse um ganho adicional de aproximadamente R\$ 202.115,20 por ano em comparação aos valores anteriormente praticados. Esse resultado evidencia o potencial de valorização dos resíduos quando inseridos em cadeias estruturadas de logística reversa. Dessa forma, promove não apenas aumento significativo da receita, mas também maior eficiência no uso dos recursos e alinhamento às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Figura 16 - Resíduo de Latão



Fonte: Autora (2025)

Além disso, os resultados demonstram que as empresas reconhecem a gestão de resíduos sólidos como elemento relevante para sua atuação no mercado, ainda que internamente essa prática nem sempre figura como prioridade permanente. Essa constatação abre espaço para valorizar propostas que reforcem o reaproveitamento interno e a reorganização dos fluxos de resíduos sólidos como estratégias estruturantes do sistema de gerenciamento. Ao alinhar inovação de processos, redução de desperdícios e conformidade legal, a proposta deixa de ser apenas medida operacional e passa a configurar instrumento de fortalecimento institucional da gestão ambiental (Miranda Sobrinho *et al.*, 2020).

Ademais, ao identificar dificuldades relacionadas aos custos de coleta e tratamento e à dependência de serviços terceirizados, o estudo evidencia oportunidades concretas de melhoria por meio da internalização de etapas do gerenciamento e da ampliação da logística reversa. Nesse cenário, a reintrodução de materiais no processo produtivo e o retorno estratégico de componentes metálicos contribuem para reduzir vulnerabilidades operacionais, otimizar recursos e responder às exigências normativas já reconhecidas pelas próprias empresas. Assim, a proposta consolida-se como alternativa coerente com os entraves identificados e com as possibilidades de aprimoramento do sistema de gestão de resíduos (Miranda Sobrinho *et al.*, 2020).

Figura 17 - Resíduo de Cobre



Fonte: Autora (2025)

Figura 18 - Roldanas de madeira



Fonte: Autora (2025)

Outro ponto identificado durante as visitas à unidade foi que alguns materiais com potencial de comercialização para reciclagem estavam sendo descartados incorretamente junto com resíduos comuns, como réguas de PVC e decapes de fio de cobre (Figura 19). Em consulta com a equipe responsável, foi informado que a empresa atualmente contratada para a coleta de recicláveis não aceita esse tipo de material.

Esse cenário evidencia uma oportunidade de aprimoramento no gerenciamento de resíduos sólidos, por meio da busca de novos fornecedores para a coleta e comercialização desses materiais. Após contato com empresas recicladoras, verificou-se a possibilidade de recolhimento desses resíduos por aproximadamente R\$ 0,50/kg. Dessa forma, além de gerar receita com a comercialização desses materiais, a empresa deixa de arcar com o custo de destinação anteriormente praticado, estimado em R\$ 170,00/t, o que reforça o potencial de otimização econômica associado à correta segregação e destinação dos resíduos.

Figura 19 - Régua de PVC e decape de fio



Fonte: Autora (2025)

Por fim, recomenda-se a substituição da estopa (retalho) pelo pano fibertex (Figura 20). Essa mudança proporciona redução dos custos tanto na aquisição quanto na destinação dos resíduos. Atualmente o processo de secagem das peças é realizado com panos de retalho, cujo custo médio é de R\$ 0,40/unidade. Com a substituição pelo pano fibertex esse valor passa para R\$ 0,20/unidade, representando uma economia de 50%.

Além dos custos de aquisição, há também despesas relacionadas com a destinação dos resíduos sólidos, cujo valor médio é de R\$ 1,47/kg. Considerando a diferença de peso entre os materiais, uma estopa apresenta aproximadamente 80g, enquanto um pano fibertex possui 8,5g. Nesse contexto, considerando a geração anual de aproximadamente 43,83 t de estopas, estima-se que o custo total com aquisição e destinação desse material seja da ordem de R\$ 283.580,10

POR ANO. Com a substituição pelo pano fibertex, esse valor é reduzido para aproximadamente R\$ 116.420,70 anuais, resultando em uma economia estimada de R\$ 167.159,40 por ano. Assim, a substituição do material torna o processo mais eficiente e econômico.

Entretanto, é importante destacar que o pano fibertex, por ser constituído de fibras sintéticas, pode atuar como fonte de microplásticos ao longo de seu uso, devido à fragmentação das fibras durante o processo. Embora a substituição das estopas represente ganhos econômicos e operacionais, estudos indicam que materiais têxteis sintéticos liberam partículas microscópicas durante sua utilização, contribuindo significativamente para a presença de microplásticos no meio ambiente (Browne et al., 2011). Dessa forma, torna-se fundamental que a gestão desse resíduo seja realizada de maneira adequada, priorizando sua correta destinação final ambientalmente adequada, de modo a minimizar potenciais impactos ambientais.

Figura 20 - Pano Fibertex



Fonte: Autora (2025)

Sendo assim, diante das observações realizadas e das propostas apresentadas, pode-se concluir que as melhorias sugeridas contribuem diretamente para a redução da geração de resíduos sólidos, a minimização do consumo de recursos naturais e a atuação em uma economia circular mais sustentável. A adoção dessas medidas, aliada ao comprometimento da equipe, tende a resultar em uma operação mais eficiente alinhada às legislações vigentes e capaz de gerar benefícios econômicos e ambientais.

Nesse cenário, os resultados obtidos reforçam a importância da análise contínua dos processos produtivos, com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria e manter o plano de gerenciamento de resíduos sólidos alinhado aos princípios de sustentabilidade. A proposta de reintrodução das peças plásticas no processo produtivo pode ser valorizada à luz da literatura

que enfatiza a recuperação de materiais como estratégia central para a redução de perdas ambientais e econômicas.

Ao comparar o valor de R\$ 1,40/kg obtido na venda para reciclagem com os R\$ 13,00/kg da matéria-prima virgem, evidencia-se retenção de valor dentro do próprio sistema produtivo. Essa lógica converge com a defesa de práticas de recuperação e reaproveitamento como alternativas à destinação inadequada e à perda de recursos, reforçando a necessidade de gestão estruturada e orientada à circularidade (Jain *et al.*, 2023).

De forma complementar, a ampliação da logística reversa para latão, cobre e roldanas de madeira, com valores de R\$ 30,00/kg, R\$ 40,00/kg e R\$ 13,00/un, respectivamente, dialoga com a abordagem integrada de gestão que articula governança, responsabilidade e recuperação de materiais. A literatura destaca que programas estruturados e mecanismos de responsabilidade ampliada favorecem a internalização de fluxos e o aumento da eficiência econômica, o que se alinha à reorganização proposta para o retorno ao fornecedor original (Nandan *et al.*, 2023).

Além disso, a identificação de materiais descartados incorretamente, como réguas de PVC e decapes de fio de cobre, com potencial de comercialização por R\$ 0,50/kg, evidencia oportunidade de aprimoramento da infraestrutura de coleta e destinação. Estudos apontam que a eficiência do sistema depende de redes organizadas de recolhimento e de canais adequados de reciclagem, de modo que a busca por novos recicladores se configura como ajuste estrutural coerente com recomendações de fortalecimento da cadeia de gerenciamento (Kumar *et al.*, 2024).

No que se refere à substituição da estopa pelo pano fibertex, a redução de custo de R\$ 0,40/unidade para R\$ 0,20/unidade, representando economia de 50%, associada ao menor peso de 8,5g em comparação a aproximadamente 80g, demonstra racionalização operacional e diminuição do volume destinado ao descarte, cujo custo médio é de R\$ 1,47/kg. Tal reorganização interna converge com a defesa de práticas que priorizam eficiência no uso de recursos e minimização de resíduos como eixo estruturante de sistemas sustentáveis de gerenciamento (Nandan *et al.*, 2023).

Assim, ao integrar reaproveitamento interno, logística reversa, reestruturação de fornecedores e substituição de insumos, a proposta consolida oportunidades objetivas de melhoria, fundamentadas na recuperação de valor, na redução de custos e na reorganização sistêmica do gerenciamento de resíduos sólidos, em consonância com abordagens que priorizam circularidade e eficiência material.

6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou analisar a estrutura e os processos atuais de gestão de resíduos sólidos de uma fábrica de duchas elétricas, bem como propor melhorias com vistas à otimização dos processos e à redução dos impactos econômicos e ambientais. Além disso, por meio do diagnóstico de resíduos nos processos produtivos foi possível compreender a dinâmica no fluxo de geração, segregação, armazenamento e destinação dos ao longo das etapas produtivas.

De modo geral, a etapa de mapeamento dos resíduos sólidos permitiu identificar, classificar e quantificar os resíduos gerados nas diferentes etapas do processo produtivo. Inicialmente, foi identificada a necessidade de atualização da classificação dos resíduos sólidos conforme a ABNT NBR 10.004:2024. Verificou-se, ainda, que a empresa possui um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) que contempla os requisitos mínimos exigidos pela Lei nº 12.305/2010, evidenciando que a fábrica já adota práticas estruturadas de segregação, acondicionamento e destinação de resíduos sólidos. No entanto, a análise do sistema de gestão evidenciou oportunidades significativas de melhoria, principalmente no reaproveitamento interno de materiais, na redução de desperdícios e na otimização dos custos associados à destinação final.

Os resultados obtidos indicam que a implementação das ações de melhoria propostas pode gerar ganhos econômicos expressivos. Medidas como a reintrodução plástica no processo produtivo, a ampliação da logística reversa, a substituição de insumos, a implementação de um separador de água/óleo e a capacitação dos colaboradores contribuem não apenas para o atendimento à legislação vigente, mas também para a geração de benefícios econômicos e ambientais relevantes, além do fortalecimento da imagem institucional da empresa perante clientes e parceiros.

Dada à importância do tema, recomenda-se a ampliação deste estudo por meio de análises mais detalhadas acerca do tipo e do volume de resíduos sólidos gerados, considerando a sazonalidade da produção. Sugere-se, ainda, a realização de estudos comparativos entre diferentes unidades industriais do mesmo segmento, a fim de analisar as práticas de gestão adotadas e identificar oportunidades adicionais de melhoria. Essa abordagem pode fornecer subsídios para a adoção de práticas mais eficientes e alinhadas aos princípios da sustentabilidade.

Nesse contexto, conclui-se que a implementação das propostas apresentadas neste trabalho pode contribuir significativamente para o aprimoramento do sistema de gestão de

resíduos sólidos. Quando adequadamente planejada e executada, a gestão de resíduos sólidos constitui uma ferramenta estratégica capaz de promover benefícios econômicos e ambientais fortalecendo a sustentabilidade no setor industrial.

REFERÊNCIAS

ADHANA, Deepak. E-waste generation, management and impacts: a review in present Indian scenario. **International Journal for Research in Engineering Application & Management (IJREAM)**, v. 9, n. 8, p. 88-96, 2023. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4786939. Acesso em: 14 fev. 2026.

ALVES, Andrieli de Souza. **PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ESTUDO DE CASO EM UMA AGROINDÚSTRIA**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agroindustrial Agroquímica.) - Universidade Federal do Rio Grande, [S. l.], 2019.

AQUINO, André. Processo de fabricação dos chuveiros e torneiras elétricas. Disponível em: https://www.instagram.com/andreaquino_eletricista/reel/DQTsXhdkfb_/. Acesso em: 27 de out. de 2025.

ARAÚJO, Felipe Silva de; SILVA, Magda dos Santos; ANDRADE, José Antônio Bento de. Chuveiro elétrico: história, funcionamento, instalação e manutenção do equipamento. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 8, p. 2470-2483, 2023. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/11057>. Acesso em: 10 mar. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.004:2004 Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.004-1:2024 Anexo B: Enquadramento dos resíduos na LGR**. Rio de Janeiro: ABNT, 2024. 25 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.004-2:2024 Anexo A: Lista Geral de Resíduos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2024. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SUPERMERCADOS - ABRAS. Frio impulsiona vendas de chuveiros. **ABRAS**, 15 ago. 2016. Disponível em: <https://www.abras.com.br/clipping/geral/57938/frio-impulsiona-vendas-de-chuveiros?utm>. Acesso em: 10 mar. 2026.

ASTERPLAS. Saco de lixo colorido: saiba como utilizar corretamente. 08 ago. 2023. Disponível em: <https://asterplas.com.br/saco-de-lixo-colorido-saiba-como-utilizar-corretamente/>. Acesso em: 20 ago. 2025.

AZEVEDO, Camila Calderano Ventura. **Diagnóstico e proposta de melhoria da gestão de resíduos sólidos (Classe II) no Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília/DF**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) - Universidade de Brasília, [S. l.], 2022a.

AZEVEDO, Valber de Souza. **Gestão de resíduos sólidos e efluentes em construção de subestações de alta tensão (138kV)**. 2022. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022b.

BAPTISTA, Caroline. Pela 10ª vez, Lorenzetti é Top of Mind na categoria Chuveiro Elétrico, segundo o maior estudo de lembrança de marca da América Latina. **Jornal do Brás**, 29 out. 2025. Disponível em: <https://jornaldobras.com.br/noticia/94912/pela-10-vez-lorenzetti-e-top-of-mind-na-categoria-chuveiro-eletrico-segundo-o-maior-estudo-de-lembranca-de-marca-da-america-latina?utm>. Acesso em: 10 mar. 2026.

BARBOSA, Jorge Wilke de Queiroz et al. A logística reversa no Brasil: reflexões bibliográficas. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 7, n. 1, p. 28-42, 2025. Disponível em: <https://meioambientebrasil.com.br/index.php/MABRA/article/view/503>. Acesso em: 14 fev. 2026.

BISPO, Maysa Rodrigues. **Análise da gestão de resíduos sólidos em uma propriedade rural do interior goiano**. 2025. 34f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2025. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/5187/1/tcc_Maysa%20Rodrigues%20Bispo.pdf. Acesso em: 14 fev. 2026.

BONARETTO, Cínthia Mara Vital. Análise da atuação do ministério público em relação à implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). 2023. 132f. Dissertação (Mestrado em Instituições, Cidadania e Políticas Sociais) – Faculdade de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Análise de Políticas Públicas, Franca, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/4a8c2c32-ca0b-4917-8feb-c9641d00e798/content>. Acesso em: 14 fev. 2026.

BRASIL, Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidente da República. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em 5 jun. 2021.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos; Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília 2010.

BROWNE, M. A.; CRUMP, P.; NIVEN, S. J.; TEUTEN, E.; TONKIN, A.; GALLOWAY, T.; THOMPSON, R. **Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks**. *Environmental Science & Technology*, v. 45, n. 21, p. 9175–9179, 2011

CARVALHO, Adson Bruno José de. O direito ao meio ambiente equilibrado na ótica do artigo 225, da Constituição Federal e o dever de sua proteção segundo o entendimento do STF. **Revista Ambientale**, v. 17, n. 1, p. 49-70, 2025. Disponível em: <https://periodicosuneal.emnuvens.com.br/ambientale/article/view/621>. Acesso em: 14 fev. 2026.

CAUS, Gabriel Delallo; BERTOLINI, Geysler Rogis Flor; BULHÕES, Ronaldo. Diagnóstico da gestão de resíduos sólidos: estudo de caso em uma indústria metalúrgica. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 18, n. 1, p. 178-196, 2024. Disponível em: <https://www.cc.faccamp.br/ojs-2.4.8-2/index.php/RMPE/article/view/1849>. Acesso em: 14 fev. 2026.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **9 em cada 10 médias e grandes indústrias evitam o desperdício de água e energia**. [S. l.], 29 out. 2021. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/sustentabilidade/pesquisa-sustentabilidade-na-industria-2021/>. Acesso em: 4 jun. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Atlas of Energy Efficiency – Brazil - 2023**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-788/Atlas%20of%20Energy%20Efficiency%20Brazil%202023.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2026.

FERREIRA, Douglas Pereira et al. Diagnóstico ambiental da geração de resíduos sólidos em fazenda experimental: implicações para a sustentabilidade. **Geoambiente On-line**, n. 52, p. 195-219, 2025. Disponível em: <https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/77029>. Acesso em: 14 fev. 2026.

FREITAS JÚNIOR, V et al. A pesquisa científica e tecnológica. **Espacios**, v. 35, n.9, 2014.

GALIAZZI, Luciano et al. Gestão ambiental dos resíduos sólidos de uma indústria do setor moveleiro. **Ágora: Revista de Divulgação Científica**, v. 28, p. 73-100, 2023. Disponível em: <https://www.periodicos.unc.br/index.php/agora/article/view/4300>. Acesso em: 14 fev. 2026.

GALVÃO, Genyze Gabrielle da Silva. **Proposta de plano de gerenciamento de resíduos sólidos para uma estação de tratamento de esgoto**. 2025. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/server/api/core/bitstreams/9b59d438-cdfc-4f45-b33a-05835e318ec4/content>. Acesso em: 14 fev. 2026.

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

GOOGLE MAPS. **Fábrica de duchas eletrônicas**. Disponível em: <https://www.google.com/maps>. Acesso em: 20 ago 2025.

HYDRA. **Memorial descritivo**. Aracaju: HYDRA, 2023. Relatório técnico interno.

HYDRA. **PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PGRS)**. Aracaju: HYDRA, 2023. Relatório técnico interno.

JAIN, Muskan et al. Review on E-waste management and its impact on the environment and society. **Waste Management Bulletin**, v. 1, n. 3, p. 34-44, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949750723000135>. Acesso em: 14 fev. 2026.

KUMAR, C. Sathish et al. Managing electronic waste: a comprehensive review of current state and challenges. **FMDB Transactions on Sustainable Environmental Sciences**, v. 1, n. 1, p. 10-18, 2024. Disponível em: <https://www.fmdbpub.com/uploads/articles/172029192480524.%20FTSESS-144-2024.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2026.

MAIELLO, Antonella; BRITTO, Ana Lucia Nogueira de Paiva; VALLE, Tatiana Freitas. Implementação da política nacional de resíduos sólidos. **Revista de Administração Pública**, v. 52, n. 1, p. 24-51, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rap/a/tn3MvKggXHXHfgxw7xZD9Xy/?lang=pt>. Acesso em: 14 fev. 2026.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos da metodologia científica. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MIRANDA SOBRINHO, Paulo Emílio Alves et al. Gestão de resíduos sólidos no polo industrial de Manaus, Amazônia, Brasil. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 10, n. 2, p. 212-234, 2020. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/rms/article/view/2233>. Acesso em: 14 fev. 2026.

NANDAN, Abhishek et al. An integrated approach for electronic waste management—overview of sources of generation, toxicological effects, assessment, governance, and mitigation approaches. **Sustainability**, v. 15, n. 24, p. 1-19, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/24/16946>. Acesso em: 14 fev. 2026.

OLIVEIRA NETO, José Francisco de et al. Household practices regarding e-waste management: a case study from Brazil. **Environmental Technology & Innovation**, v. 28, p. 1-11, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186422002358>. Acesso em: 14 fev. 2026.

PANDOLFO, Carlos Rodrigo. Projeto de ducha eletrônica: facilitando a troca da resistência elétrica. 2016. 111f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Design) – Centro de Ciências Humanas e Sociais, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2016. Disponível em: <https://files01.core.ac.uk/download/79834538.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2026.

PEREIRA FILHO, Albano Dias et al. Análise sobre a coleta seletiva de resíduos sólidos por meio da logística reversa durante a pandemia da Covid-19 no município de Porto Nacional—TO. **International Journal of Scientific Management and Tourism**, v. 10, n. 1, p. 50-70, 2024. Disponível em: <https://ojs.scientificmanagementjournal.com/ojs/index.php/smj/article/view/669>. Acesso em: 14 fev. 2026.

PREZOTTO, Helder Holanda et al. Shower–IoT: an internet of things system for monitoring electric showers. **IoT**, v. 6, n. 1, p. 1-22, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2624-831X/6/1/11>. Acesso em: 14 fev. 2026.

PRODANOV, C.; FREITAS, E. C. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo, RS: FEEVALE, 2013.

REZENDE, Helane. NBR 10004 atualizada: o que muda na classificação de resíduos sólidos. **Greenlegis**, 06 de fevereiro de 2026. Disponível em: <https://blog.greenlegis.com.br/artigos/nbr-10004-atualizada-o-que-muda-na-classificacao-de-residuos-solidos>. Acesso em: 14 fev. 2026.

RODRIGUES, Gustavo Innocencio. Mapeamento da conscientização da sustentabilidade ambiental aplicada à produção de uma indústria gráfica. 2024.

SANTOS, Antonio Nacilio Sousa dos et al. Resíduos sólidos e design sustentável - uma análise da reciclagem na “economia circular” à luz da agenda 2030. **Aracê**, v. 7, n. 2, p. 7365-7391, 2025. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/3335>. Acesso em: 14 fev. 2026.

SILVA, Aleson JA; FONSECA, José Erinaldo; NUNES, Bruno Moser. Análise físico-química da resistência do chuveiro elétrico através do processo de fadiga e corrosão. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 12, n. 3, p. 1-12, 2020. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/15162>. Acesso em: 10 mar. 2026.

SILVA, Bárbara Dias. **Estudo de caso sobre o gerenciamento de resíduos em uma indústria de tanques e pias localizada em Jequié – BA**. 2021. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Unidade Acadêmica Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/123456789/10422/1/Estudo%20de%20caso%20sobre%20o%20gerenciamento%20de%20res%20C3%ADduos%20em%20uma%20ind%20C3%BAstri%20de.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2026.

SILVA, Carla Colosso. Classificação dos resíduos na nova versão da NBR 10004:2024. **SMS Soluções**, s.d. Disponível em: <https://smsolucoes.eco.br/nova-versao-da-nbr-10004/>. Acesso em: 14 fev. 2026.

SILVA, Cássia Mara Alexandrino et al. Política nacional de resíduos sólidos (Lei 12.305/2010): desafios na implementação da logística reversa de medicamentos no Brasil. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 16, n. 5, p. 1-18, 2024. Disponível em: <https://cuadernoseducacion.com/ojs/index.php/ced/article/view/4265>. Acesso em: 14 fev. 2026.

SILVA, Jonathan Alessandro da Rosa. **Créditos de logística reversa**: atuação e impactos na logística reversa brasileira e cumprimento da política nacional de resíduos sólidos. 2020. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Centro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/220368/Creditos_de_Logistica_Reversa_a_Atuacao_e_Impactos_na_Logistica_Reversa_Brasileira_e_Cumprimento_da_Politica_Nacional_de_Residuos_Solidos.pdf?sequence=1. Acesso em: 14 fev. 2026.

SILVA, Marcelo Luis Lemos da; CARDOSO, Alexander Machado. A importância da Política Nacional de Resíduos Sólidos para o desenvolvimento sustentável. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. 1-0, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/22311>. Acesso em: 14 fev. 2026.

SILVA, Rafael Felix da; RAZZOLINI FILHO, Edelvino. O papel da informação sobre sustentabilidade nos processos de tomada de decisão. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 11, n. 1, p. 99-127, 2021. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/rms/article/view/2362>. Acesso em: 14 fev. 2026.

SOUSA, Hebert Medeiros de. **Modelo de plano de gerenciamento de resíduos sólidos para restaurantes de pequeno e médio porte**. 2022. 58f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/server/api/core/bitstreams/3ef56fd2-5458-4879-bcad-0a6ed3629bbc/content>. Acesso em: 14 fev. 2026.

TRIGO, Aline Guimarães Monteiro et al. A política nacional de resíduos sólidos e a redução de impactos ambientais negativos: viabilizando cidades e comunidades sustentáveis. **Revista Gestão e Desenvolvimento**, v. 20, n. 1, p. 130-149, 2023. Disponível em: <https://periodicos.feevale.br/seer/index.php/revistagestaoedesenvolvimento/article/view/2910>. Acesso em: 14 fev. 2026.

VENZON, Julia Santos et al. Resíduos sólidos industriais e seu potencial para a produção de compósitos – uma revisão de literatura. **Educação Ambiental em Ação**, v. 16, n. 62, p. 1-30, 2018. Disponível em: <https://www.revistaeea.org/artigo.php?idartigo=3024>. Acesso em: 14 fev. 2026.

VIEIRA, Irê de Souza. **ELABORAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UMA EMPRESA QUÍMICA DA REGIÃO SUL CATARINENSE**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, [S. l.], 2017.