

UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL E
MEIO AMBIENTE

AMANDA PAULA CARETTA TEIXEIRA

GESTÃO AMBIENTAL E PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM UMA INDÚSTRIA DE
UTENSÍLIOS DE LIMPEZA DOMÉSTICA

ARARAQUARA - SP
2025

AMANDA PAULA CARETTA TEIXEIRA

**GESTÃO AMBIENTAL E PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM UMA INDÚSTRIA DE
UTENSÍLIOS DE LIMPEZA DOMÉSTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, curso de Mestrado, na Universidade de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre/Doutor em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Desenvolvimento Territorial e Alternativas de Sustentabilidade.

Orientada: Amanda Paula Caretta Teixeira

Orientador: Prof. Dr. Nemésio Neves Batista
Salvador

**ARARAQUARA – SP
2025**

FICHA CATALOGRÁFICA

T264g Teixeira, Amanda Paula Caretta

Gestão ambiental e produção mais limpa em uma indústria de utensílios de limpeza doméstica/Amanda Paula Caretta Teixeira. – Araraquara: Universidade de Araraquara, 2025.
92f.

Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente- Universidade de Araraquara-UNIARA.

Orientador: Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador

1. Produção mais limpa. 2. Água. 3. Resíduos. 4. Sustentabilidade.
I. Título.

CDU 577.4

FOLHA DE APROVAÇÃO

NOME DO(A) ALUNO(A): **Amanda Paula Caretta Teixeira**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, curso de Mestrado, da Universidade de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Desenvolvimento Territorial e Alternativas de Sustentabilidade.

BANCA EXAMINADORA



*Prof. Dr. Nemesio Neves Batista Salvador UNIARA -
Araraquara*



*Prof. Dr. Marcus César Avezum Alves de Castro UNIARA –
Araraquara*



Documento assinado digitalmente

JOSE DA COSTA MARQUES NETO

Data: 16/07/2025 16:21:53-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

*Prof. Dr. José da Costa Marques Neto UFSCar –
São Carlos*

Araraquara – SP 10 de março de 2025.

DEDICATÓRIA

A ***Deus***, e aos meus pais, ***João e Márcia***, por estarem sempre ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor **Dr. Nemésio Neves Batista Salvador**, pela paciência, orientação e valiosos ensinamentos ao longo desta jornada. Com sua objetividade e sabedoria, direcionou cada passo, tornando possível a realização desta dissertação.

Aos meus **pais**, minha **irmã** e meus **avós**, que estiveram constantemente ao meu lado, oferecendo apoio e incentivo em cada passo da minha trajetória no mestrado.

Ao meu grande amigo **Lindomar**, que esteve presente desde o início, sempre me incentivando a manter a calma e a perseverança ao longo de toda a jornada acadêmica.

À **Indústria** objeto de estudo, que possibilitou a realização da pesquisa, fornecendo informações essenciais para o desenvolvimento do estudo.

A todos os **docentes**, que compartilharam conhecimento, experiências e contribuições essenciais ao longo de toda a minha trajetória no mestrado.

À **Silvia e Ivani**, que estiveram sempre presentes, com muita paciência, tirando dúvidas e oferecendo grande apoio nesta jornada.

“É justo que muito custe o que muito vale.”
(Santa Teresa d’Ávila)

RESUMO

Em 1989, a Produção Mais Limpa (P+L) foi criada pela Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), com o propósito de estabelecer uma estratégia de produção que promovesse o uso racional de matérias-primas, água e energia, além de buscar a redução de resíduos e a melhoria da eficiência dos processos produtivos. O objetivo deste trabalho foi realizar uma pesquisa sobre gestão e sustentabilidade em uma indústria de utensílios de limpeza doméstica, com foco nas estratégias da P+L nos processos produtivos, visando analisar alternativas para a redução de resíduos e os impactos ambientais causados, com ênfase nos resíduos líquidos e sólidos, além do consumo racional de água e uso racional de energia elétrica. A metodologia adotada consistiu em uma pesquisa bibliográfica com a utilização de materiais já publicados, além de pesquisa documental, com consulta aos arquivos internos da empresa, por meio de relatórios e/ou banco de dados, no período de 1 de novembro de 2023 a 30 de setembro de 2024. Foram também realizadas quatro visitas à área industrial, sendo aplicado um questionário semiestruturado à Coordenadora de Engenharia e à Analista de Engenharia com questões sobre as linhas de produção e realizada uma entrevista com o Diretor Industrial para compreender as dificuldades industriais e as possíveis melhorias segundo seu ponto de vista. Como resultado, foram identificados os resíduos gerados e suas causas, o que contribuiu para o desenvolvimento de diagramas de cada processo produtivo, com a indicação desses resíduos. Foi ainda desenvolvido um quadro com sugestões de medidas para a implantação da P+L na indústria estudada com melhorias que podem ser aplicadas aos seus processos industriais e servir como fonte de referência para empresas similares.

Palavras-chave: Produção Mais Limpa; Água; Resíduos; Sustentabilidade.

ABSTRACT

In 1989, the Cleaner Production (CP) was created by the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) and the United Nations Environment Programme (UNEP), with the aim of establishing a production strategy that promoted the rational use of raw materials such as water and energy, in addition to pursuing to reduce waste and improve the efficiency of production processes. The aim of this work was to carry out research about management and sustainability in a domestic cleaning tableware industry, focusing on CP strategies in production processes, analyzing alternatives for reducing waste and the environmental impacts caused, with an emphasis on liquids and solids, in addition to not only the rational consumption of water but also the rational use of electricity. The methodology adopted consisted of bibliographical research using previously published materials, besides documentary research, with counsel of the company's internal archives, through reports and/or databases, in the period from November 1st, 2023, to September 30th, 2024. Four visits were also carried out to the industrial area, with a semi-structured questionnaire being applied to the Engineering Coordinator and the Engineering Analyst with questions about the production lines and an interview was conducted with the Industrial Director to understand the industrial difficulties and possible improvements from his point of view. As a result, the waste generated and its causes were identified, which contributed to the development of diagrams for each production process, indicating this waste. A framework was also developed with suggested measures for implementing the CP in the studied industry, with improvements that can be applied to its industrial processes and also fit as a reference source.

Keywords: Cleaner Production; Water; Waste; Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Relação entre a planta industrial e a P+L. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 2** - Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 3** - Comparativo entre a Economia Linear e a Economia Circular.**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 4** - Esquema sobre os princípios da Economia Circular.**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 5**- Níveis de atuação da P+L **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 6** - Principais usos da água em uma indústria. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 7**- Diagrama do processo produtivo dos fios (I, Quadro 12). **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 8** - Diagrama do processo produtivo dos moldes e produtos plásticos (II, Quadro 12).
..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 9** - Diagrama do processo produtivo dos cabos metálicos (III, Quadro 12). **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 10** - Diagrama do processo produtivo das mantas abrasivas (IV, Quadro 12). **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 11**- Diagrama do processo produtivo de esponjas (V, Quadro 12).**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 12** - Diagrama do processo produtivo dos rodos (VI, Quadro 12).**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 13** - Diagrama do processo produtivo da tufagem de vassouras (VII, Quadro 12).**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 14** - Diagrama do processo produtivo da tufagem de escovas de beleza (VIII, Quadro 12). **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 15** - Diagrama do processo produtivo de saneantes (IX, Quadro 12). ..**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 16** - Diagrama do processo de reciclagem utilizando o moinho (X, Quadro 12). . **Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1-** Comparativo entre ações de fim-de-tubo e P+L. **Erro! Indicador não definido.**
- Quadro 2-** Roteiro de implementação da P+L..... **Erro! Indicador não definido.**
- Quadro 3 -** Exemplos de aplicação da Produção Mais Limpa. **Erro! Indicador não definido.**
- Quadro 4 -** As dimensões da gestão ambiental..... **Erro! Indicador não definido.**
- Quadro 5 -** Benefícios da adesão da Economia Circular. **Erro! Indicador não definido.**
- Quadro 6 -** Setores econômicos e os impactos por meio de atividades humana em corpos hídricos. **Erro! Indicador não definido.**
- Quadro 7 -** Classificação do Resíduos Sólidos de acordo com a ABNT NBR 10.004/2024. **Erro! Indicador não definido.**
- Quadro 8 -** A classificação dos resíduos e sua origem de acordo com o PNRS..... **Erro! Indicador não definido.**
- Quadro 9 -** Relação entre geradores de resíduos e suas responsabilidades ambientais..... **Erro! Indicador não definido.**
- Quadro 10 -** Componentes economizadores e suas características. **Erro! Indicador não definido.**
- Quadro 11 -** Resumo das Visitas *In Loco*. **Erro! Indicador não definido.**
- Quadro 12 -** Processos Produtivos com os *Inputs e Outputs*.... **Erro! Indicador não definido.**
- Quadro 13 -** Síntese das Medidas de P+L. **Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz

CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica

EC – Economia Circular

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

EVA – Etileno Acetato de Vinila

kW – Quilowatt

l – Litro

l/s – Litros por segundo

mca – Metros de coluna d'água

ml – Mililitros

MWh – Megawatt-hora

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

P+L – Produção Mais Limpa

PP – Polipropileno

PU – Poliuretano

PET – Polietileno Tereftalato

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

UNIDO – Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial

3R's – Reduzir, Reutilizar e Reciclar

LISTA DE SÍMBOLOS

\$ – Cifrão

% – Porcentagem

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 Apresentação/Delimitação do Tema e do Problema de Pesquisa.....	16
1.2 Justificativa.....	17
1.3 Objetivos da Pesquisa	18
<i>1.3.1 Objetivo geral.....</i>	<i>18</i>
<i>1.3.2 Objetivos específicos.....</i>	<i>18</i>
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 Breve Histórico sobre a Produção Mais Limpa	19
<i>2.1.1 Casos da implementação da produção mais limpa.....</i>	<i>24</i>
2.2 P+L e Gestão Ambiental	26
2.3 P+L e Economia Circular	29
2.4 Fatores Principais a Considerar na P+L	31
<i>2.4.1 Resíduos líquidos.....</i>	<i>33</i>
<i>2.4.2 Resíduos sólidos.....</i>	<i>34</i>
<i>2.4.3 Consumo de energia elétrica na indústria.....</i>	<i>38</i>
2.5 Uso Racional da Água na Indústria	39
3. METODOLOGIA.....	45
3.1 Objeto de Estudo.....	45
3.2 Aplicação do Questionário	46
3.3 Visita <i>In Loco</i>.....	46
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48

4.1 Caracterização da Indústria Estudada	48
4.2 Linhas Produtivas e Diagramas de Processo	50
4.3 Implementação da P+L na Indústria de Utensílios de Limpeza Doméstica	62
<i>4.3.1 Uso racional de matérias-primas/insumos.....</i>	<i>62</i>
<i>4.3.2 Uso racional da água.....</i>	<i>63</i>
<i>4.3.3 Minimização de resíduos líquidos.....</i>	<i>63</i>
<i>4.3.4 Minimização de resíduos sólidos.....</i>	<i>64</i>
<i>4.3.5 Uso racional de energia.....</i>	<i>64</i>
<i>4.3.6 Outras medidas de P+L.....</i>	<i>65</i>
<i>4.3.7 Síntese das medidas de P+L.....</i>	<i>66</i>
5. CONCLUSÃO.....	72
REFERÊNCIAS	74
APÊNDICES	80
APÊNDICE A - Entrevista – Questões Técnicas Produtivas na Unidade Industrial de Ituverava	80
ANEXOS	83
ANEXO A – Fluxograma de Distribuição de água.	83

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação/Delimitação do Tema e do Problema de Pesquisa

As questões ambientais vêm sendo discutidas há anos, com o objetivo de minimizar as emissões de gases de efeito estufa e a geração de resíduos em suas diversas formas: líquidos, sólidos e gasosos. Nos últimos anos, o aumento da produção industrial e a grande quantidade de resíduos gerados têm sido motivo de grande preocupação entre pesquisadores e governos de vários países. A alta demanda por produtos de consumo impulsiona as indústrias a produzirem de forma mais eficaz para atender às necessidades, mas, ao mesmo tempo, é fundamental que as empresas se preocupem com o destino dos resíduos gerados.

As indústrias têm se preocupado cada vez mais em adotar estratégias que aumentem a eficiência produtiva, além de investir em novas tecnologias para melhorias no desempenho de suas máquinas e equipamentos. No entanto, também têm sido cada vez mais exigidas a implementar medidas de gestão ambiental para reduzir os impactos causados ao meio ambiente devido aos resíduos gerados. Nesse contexto, estratégias produtivas estão sendo cada vez mais implementadas nas indústrias, auxiliando os gestores na escolha de alternativas e na identificação de possíveis mudanças nas atividades produtivas que tragam benefícios tanto para as empresas quanto para o meio ambiente.

A empresa estudada está localizada no interior do estado de São Paulo e se dedica à produção de utensílios de limpeza doméstica, com aproximadamente 60 anos de atuação no mercado brasileiro. Sua principal atividade econômica é a produção de escovas, pincéis e vassouras, e suas atividades secundárias incluem a fabricação de produtos de limpeza e polimento. A empresa produz uma ampla gama de itens, como vassouras, rodos, esponjas, escovas de beleza, produtos saneantes, entre outros de uso doméstico.

Na fabricação de produtos moldados, como cabides, escovas e rodos, a indústria utiliza o termoplástico Polipropileno (PP), que é aquecido a altas temperaturas para ser moldado. O processo de fabricação consiste na fusão do material, que é pressionado no interior do molde, resfriado e solidificado, permitindo a retirada da peça final. Já para a produção de esponjas de limpeza são empregados materiais como espuma de Poliuretano (PU) e fibras abrasivas.

Na fabricação de produtos saneantes, como detergentes, amaciantes e desinfetantes, entre outros, a água desempenha um papel crucial, sendo um dos elementos principais. Ela é utilizada tanto na formulação dos produtos quanto no processo de limpeza dos tanques para evitar contaminações durante a fabricação.

A produção dos diversos produtos gera resíduos que precisam ser corretamente destinados, considerando os tipos de matérias-primas utilizadas. Atualmente, a empresa gera resíduos sólidos provenientes do processo produtivo de cabos metálicos, da fabricação de esponjas, mantas abrasivas, moldes e produtos plásticos, tufagem de vassouras, escovas de beleza e da produção de fios.

Além disso, a indústria gera resíduos líquidos provenientes tanto do processo produtivo de cabos metálicos quanto da fabricação de produtos saneantes. Esses resíduos podem conter substâncias que necessitam de tratamento adequado antes do descarte ou reutilização.

O objetivo deste trabalho consistiu em analisar a gestão ambiental e a sustentabilidade da empresa em questão, por meio da metodologia P+L, focando na redução de resíduos e na minimização dos impactos ambientais, com ênfase nos resíduos sólidos e líquidos e no consumo racional de água. Para isso, foram estudados e analisados o uso eficiente da água, a minimização dos resíduos líquidos, sólidos e atmosféricos, o aproveitamento racional do consumo de energia e a redução dos ruídos gerados no ambiente industrial.

1.2 Justificativa

A problemática identificada é referente à geração de resíduos oriundos do processo produtivo industrial e à necessidade de práticas sustentáveis de gestão ambiental em empresas produtoras de utensílios de limpeza doméstica, utilizando a P+L.

A ideia é contribuir para que a planta industrial se torne cada vez mais sustentável, utilizando as técnicas da P+L como estratégias de produção, principalmente para a minimização dos resíduos gerados, bem como para a sua destinação correta, evitando impactos ao meio ambiente. Com isso, a colaboração com a empresa será uma nova forma de produção: a utilização de indicadores de sustentabilidade e o alcance de uma gestão ambiental mais sustentável. Os resultados obtidos foram úteis também como referência para a gestão ambiental de outras empresas do mesmo ramo ou com operações industriais similares que desejarem implementar medidas de P+L.

Ainda que a pesquisa contribua para empresas do mesmo ramo produtivo, uma vez que não foram encontrados na pesquisa bibliográfica do presente trabalho casos de procedimento de P+L em indústria de utensílios (similares) com a implementação da metodologia e estratégias de P+L em indústrias produtoras de utensílios de limpeza doméstica.

Estudos realizados indicam que o uso de P+L reduziu, por exemplo, o consumo de água em uma indústria têxtil, com economia de 6.750 litros por tingimento (ZANGONEL;

SCHULTZ, 2009) e, em outra indústria, P+L ajudou a reduzir o consumo de energia e água por meio do reuso de águas de transbordo e sistemas de resfriamento (FERREIRA, 2019).

Ainda de acordo com Ruihui, Xinmei e Yu (2023), a implementação de práticas de P+L em indústrias, associada à aquisição de máquinas e equipamentos com tecnologias avançadas e à formação de equipes produtivas qualificadas, resulta em um aumento considerável na produtividade das atividades de produção.

1.3 Objetivos da Pesquisa

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar a gestão ambiental e as práticas produtivas de uma indústria de utensílios de limpeza doméstica por meio de procedimentos de P+L, propondo possíveis alternativas para a minimização de seus resíduos e impactos ambientais.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Identificar o uso e o aproveitamento racional da água nos processos produtivos;
- b) Realizar levantamento visando à minimização de resíduos líquidos e sólidos;
- c) Identificar o uso e o aproveitamento racional de energia;
- d) Caracterizar e identificar oportunidades de redução da poluição sonora;
- e) Definir e propor procedimentos de monitoramento de P+L nos processos produtivos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Breve Histórico sobre a Produção Mais Limpa

Nas últimas décadas, o crescimento do consumo e o aumento da capacidade produtiva das indústrias foram motivos de entusiasmo para muitos países industrializados, impulsionados pelos ganhos econômicos associados. Entretanto, esse processo também ocasionou uma degradação ambiental sem precedentes, evidenciando os impactos negativos de um modelo de desenvolvimento centrado na exploração dos recursos naturais (FONSECA *et al.*, 2013).

A palavra resíduo descreve os materiais, sejam eles líquidos, gasosos ou sólidos, os quais provindos do sistema final da produção industrial, podendo não serem previstos durante a produção, como também podem não ser utilizados no processo final da produção de produtos (FURTADO *et al.*, 1998).

Em 1989, a Produção Mais Limpa (P+L) foi criada por intermédio da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), com o intuito de ser uma estratégia de produção na qual seja realizado o uso racional da matéria-prima, água e energia, reduzindo a geração de resíduos e deixando o processo produtivo cada vez mais eficiente (KANNO *et al.*, 2017).

Com a intensificação da industrialização dos países para a produção de bens de consumo, houve uma elevada produção em massa sem levar em consideração os impactos causados ao meio ambiente. Nas décadas passadas, as empresas acreditavam que o meio ambiente teria a capacidade de absorver as inúmeras gerações de resíduos oriundos destas produções.

Nos anos 90, iniciou-se discussões referentes aos impactos ambientais provenientes das atividades de produção industrial. O objetivo destas discussões era o entendimento para a criação de soluções referentes à diminuição dos impactos ambientais oriundos da geração de resíduos industriais, tais impactos tendo como efeitos a contaminação das águas, poluição dos rios e do solo devido à não destinação correta dos resíduos gerados no processo produtivo (PIMENTA; GOUVINHAS, 2007).

Com isso, Dias (2017) expõe que os problemas relacionados à industrialização consistem no destino correto dos diferentes tipos de resíduos — líquidos, sólidos e gasosos — que restaram das atividades produtivas e prejudicam a natureza e o ser humano. Os problemas ambientais são oriundos das atividades humanas para adquirir meios para a produção de bens e serviços necessários, onde tais materiais, quando não aproveitados, são

descartados. Tal situação nem sempre foi causadora de degradações ao meio ambiente, pois havia baixa produção e consumo de recursos, sendo **vista** a exploração de recursos como forma de relacionamento entre o ser humano e o meio ambiente. Entretanto, a elevada demanda por produção aumenta a exploração dos recursos naturais e a geração de resíduos (BARBIERI, 2023).

Além disso, Araújo (2002) relata que a P+L leva em consideração os mais diversos aspectos e posicionamentos das empresas, embora as práticas estejam mais presentes no processo de produção, pois o foco consiste em aumento da produtividade com processos mais eficazes, gerando menos resíduos devido à utilização correta da matéria-prima. Já Pereira (2003) menciona que a metodologia da P+L consiste em prática econômica, uma vez que os resíduos oriundos de sistemas produtivos provêm dos insumos e das matérias-primas. Logo, há aumento da produção e redução no número de resíduos gerados, de modo que a empresa obtém retorno financeiro. Além disso, no quesito ambiental, a vantagem do emprego dessa metodologia consiste na redução dos resíduos gerados durante a produção.

O Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) faz um comparativo entre as práticas chamadas fim-de-tubo (*end-of-pipe*) e a P+L, em que as práticas fim-de-tubo têm como objetivo solucionar os problemas sem discussão e análise do processo, enquanto a P+L realiza uma análise com o intuito de entender e identificar as razões da origem e geração de resíduos (CNTL, 2003).

No Quadro 1 apresenta-se um comparativo entre as técnicas de fim-de-tubo e a P+L, em que observa-se que a técnica de fim-de-tubo se preocupa em dispor e tratar o resíduo, com soluções ambientais mais restritas e custos elevados devido ao processo produtivo. Já com a utilização da P+L, a redução e a prevenção são os pontos principais, focando-se em processos mais eficientes que não resultem na geração de resíduos.

Quadro 1- Comparativo entre ações de fim-de-tubo e P+L.

TÉCNICAS DE FIM-DE-TUBO	PRODUÇÃO MAIS LIMPA
Relacionada a reação.	Relacionada a ação.
Os resíduos, os efluentes e as emissões são controlados através de equipamentos de tratamento.	Prevenção da geração de resíduos, efluentes e emissões na fonte. Procura evitar matérias-primas potencialmente tóxicas.
Proteção ambiental é um assunto para especialistas competentes.	Proteção ambiental é tarefa para todos.
A proteção ambiental atua depois do desenvolvimento dos processos e produtos.	A proteção ambiental atua como uma parte integrante do <i>design</i> do produto e da engenharia de processo.
Os problemas ambientais são resolvidos a partir de um ponto de vista tecnológico.	Os problemas ambientais são resolvidos em todos os níveis e em todos os campos.

Não tem a preocupação com o uso eficiente de matérias-primas, água e energia.	Uso eficiente de matérias-primas, água e energia
Leva a custos adicionais.	Ajuda a reduzir os custos.

Fonte: Adaptado de CNTL (2003).

Conforme apontado ainda pela CNTL (2003), inúmeros benefícios ambientais e econômicos podem ser apresentados com a utilização da P+L, os quais tornam o processo produtivo cada vez mais eficiente; como, por exemplo, a redução e eliminação dos desperdícios; a redução e eliminação de matérias-primas que causam impactos ao meio ambiente; a diminuição dos resíduos sólidos, das emissões atmosféricas e dos efluentes líquidos; e a redução dos custos relacionados ao gerenciamento de resíduos, entre outros.

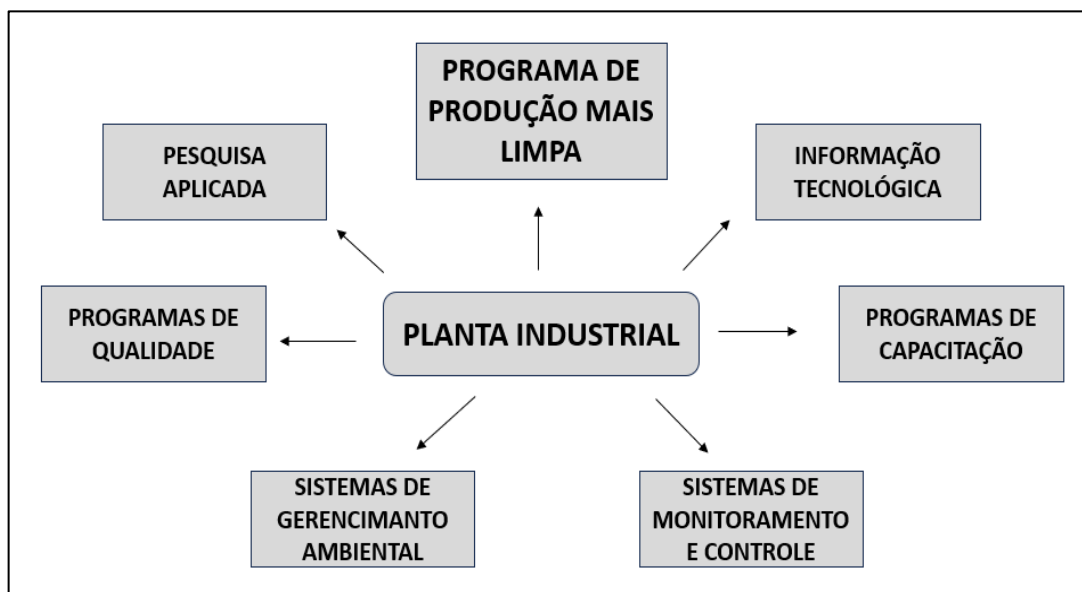
Ainda, Pereira (2003) afirma que a planta industrial precisa estar em constante desenvolvimento e melhoria contínua quanto ao monitoramento da produção de efluentes líquidos e sólidos, bem como quanto à geração de emissões atmosféricas provenientes do processo de produção.

Conforme exposto por Dias (2017), as práticas fim-de-tubo constituem métodos que monitoram apenas a fase final do processo, ou seja, são tecnologias que não diminuem a contaminação, mas sim a toxicidade do poluente — sendo exemplo os filtros de contenção dos poluentes oriundos das atividades industriais. Por outro lado, a P+L preocupa-se desde o início do processo produtivo, no momento da geração da fonte poluidora.

A implementação da P+L no processo produtivo concede às empresas o conhecimento da linha produtiva e do processo de produção, pois, conforme descrito pela CNTL (2003), promoverá o controle do desenvolvimento ecoeficiente do sistema, com a criação de indicadores ambientais e de produção, permitindo identificar questões relacionadas à informação tecnológica, pesquisas aplicadas e programas de capacitação, além de integrar o sistema de qualidade com a gestão ambiental.

A Figura 1 ilustra a relação de uma planta industrial com a implantação da P+L, bem como sua integração nas diversas áreas industriais. A P+L está ligada a programas de capacitação e conscientização dos colaboradores e demais interessados na produção; auxilia no monitoramento e controle da fabricação do produto, bem como dos resíduos a serem evitados; contribui para um melhor sistema de gestão ambiental e para os programas de qualidade; e torna os dados de pesquisas de melhorias contínuas ainda mais eficientes.

Figura 1 - Relação entre a planta industrial e a P+L.



Fonte: Adaptado de CNTL (2003).

Giannetti (2006) explica que a P+L tem por objetivo a melhoria da eficiência, do lucro e da competitividade das organizações, uma vez que a adoção de práticas de minimização de matéria-prima e de uso de energia, bem como a diminuição da geração de resíduos, melhora e eleva a produtividade, além de trazer vantagens econômicas para as empresas.

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2011), a implementação da P+L nem sempre traz resultados financeiros rápidos, mas sim a médio e longo prazo; porém, as aplicações da metodologia trazem melhorias em diversos processos, por exemplo na redução do consumo de água, na redução do consumo de energia elétrica, na diminuição do número de resíduos gerados mediante aplicação dos 3R's (Reduzir, Reutilizar e Reciclar), na diminuição dos índices de refugo, em processos mais eficientes e na redução da necessidade de manutenções corretivas.

Com a implantação de metodologia que reduza a geração de resíduos, é necessário estabelecer indicadores que possam avaliar e medir esse fato. São necessários meios que auxiliem os gestores nas estratégias e tomadas de decisão diante dos impactos causados pela produção em relação ao meio ambiente (Viñas, 2012).

Atualmente, um dos grandes desafios enfrentados pelas empresas é a implantação e o desenvolvimento de novos métodos e tecnologias nos processos de produção, de forma que a redução dos impactos ambientais seja significativa em relação às tarefas executadas, sem prejuízo da lucratividade da organização. Com isso, ambos precisam estar alinhados às estratégias da empresa (Fonseca *et al.*, 2013).

O Quadro 2 exemplifica um roteiro de implementação da P+L em empresas, de acordo com o manual Guia de P+L elaborado pelo Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), conforme exposto por Fernandes *et al.* (2015).

Quadro 2- Roteiro de implementação da P+L.

PLANEJAMENTO E ORGANIZAÇÃO	PRÉ-AVALIAÇÃO E DIAGNÓSTICO	AVALIAÇÃO
Comprometimento da direção da empresa	Pré-avaliação	Balanços de massas e energia
	Elaboração dos fluxogramas	Avaliação das causas de geração dos resíduos
Sensibilização dos funcionários	Elaboração dos fluxogramas	Geração das opções de Produção Mais Limpa
	Definição dos indicadores	Avaliação técnica, ambiental e econômica
Formação do Ecotime	Avaliação dos dados coletados	Seleção da opção
	Barreiras	Implementação e Plano de Continuidade
Apresentação da metodologia	Seleção do foco de avaliação e priorização	Implementação
		Plano de monitoramento e continuidade

Fonte: Adaptado de Fernandes *et al.* (2015).

Dias (2017) argumenta que a P+L corresponde a uma aplicação contínua que diz respeito à P+L, atuando nos processos, produtos e serviços de forma preventiva, minimizando problemas de curto e longo prazo que podem comprometer o ser humano e o meio ambiente.

Ainda Dias (2017) complementa que a P+L constitui um método ambiental de prevenção, podendo ser utilizada em serviços, processos e produtos, tornando cada vez mais efetiva a utilização dos recursos e minimizando os efeitos envolvendo o ser humano e o meio ambiente. Com relação aos processos de produção, a ideia é diminuir todas as toxicidades relacionadas às emissões e à geração de resíduos; quanto aos produtos, o objetivo é reduzir os impactos relacionados ao ciclo de vida do produto; e com relação aos serviços, que as questões ambientais sejam levadas em consideração durante a realização das atividades.

Ferreira (2019) menciona que a P+L é um procedimento estratégico com o objetivo de minimizar os problemas gerados ao meio ambiente durante o processo de produção, levando as empresas a se tornarem competitivas no mercado devido à mudança de paradigmas, além de ser um meio ambiental preventivo a ser utilizado.

2.1.1 Casos da implementação da produção mais limpa

Diversas empresas adotaram a metodologia da P+L em seus processos produtivos, obtendo resultados positivos. O Quadro 3 apresenta exemplos práticos de setores que adotaram estratégias da Produção Mais Limpa. Como se observa, foi identificado o problema do consumo de água na lavagem de peças pela empresa Freios Varga S.A. Após a substituição por dispositivos de medição de condutividade, houve redução de até 50 % no consumo de água, além da diminuição dos custos das operações de tratamento de efluentes. Ou seja, a implementação de estratégias de P+L traz resultados importantes para as empresas.

Quadro 3 - Exemplos de aplicação da Produção Mais Limpa.

EMPRESA	PROBLEMA	MEDIDAS IMPLANTADAS	RESULTADOS
Cermatex Indústria de Tecidos Ltda.	Elevada carga orgânica no efluente gerado no processo de engomagem.	- Substituição do amido natural bruto por amido solúvel. - Instalação de tanques de armazenagem de goma para recozimento. - Reestudo geral das formulações de gomas.	- Redução de 50% na carga orgânica do efluente gerado. - Diminuição no consumo de amidos. - Redução de 10% no consumo de água e de energia no processo de beneficiamento. - Redução de 1,5% no custo final do produto.
Freios Vargas S.A.	Consumo alto de água na lavagem das peças.	- Instalação de dispositivo de medição da condutividade, que controla a reposição da água de lavagem.	- Redução de 50% no consumo de água. - Redução dos custos de operação do sistema de tratamento de efluentes.
Ferro Enamel do Brasil S.A.	Resíduos sólidos classe I na fábrica de pigmentos de São Bernardo do Campo.	- Reincorporação do lodo proveniente da ETE ao processo produtivo.	- Eliminação da necessidade de dispor o lodo classe I. - Redução de 2% no consumo de matéria-prima.

Fonte: Adaptado de Giannetti (2006).

O caso apresentado pela CETESB (2006), no estudo sobre abate de bovinos e suínos, aborda o processo de abate e processamento da carne desses animais e os impactos ambientais relativos ao consumo de água e de energia, à utilização de produtos químicos, à geração de efluentes líquidos e resíduos sólidos, e às emissões atmosféricas, de odor e de ruído. O estudo relata, por exemplo, que as medidas de P+L, como o uso racional e o reúso da água, estão relacionadas a diversas etapas do processo de abate. Relata também medidas de racionalização de energia, como a instalação de motores de alto rendimento e a utilização de luz natural;

processos de planejamento de recepção dos animais e operações para reduzir ruídos e transtornos à vizinhança; bem como a diminuição de sua alimentação antes do abate, a fim de gerar menos resíduos sólidos e líquidos.

Na indústria de papel e celulose, a P+L pode ser utilizada em diversas etapas de produção para reduzir o consumo de água e a geração de efluentes industriais, sendo que a ideia é utilizar a água em ciclo ou circuito fechado por meio de seu reuso. Por exemplo, algumas medidas de conservação são realizadas, como a redução de seu consumo por meio de volumes adequados às etapas de fabricação dos diferentes tipos de papel, melhorando seu reuso e gestão durante o processo; também o emprego de equipamentos e instalações com menor consumo de água; o controle de vazamentos e derramamentos; melhores controles relacionados a contaminações que possam impedir o fechamento do ciclo, entre outras medidas (CETESB, 2008).

Já na indústria de tintas e vernizes, a aplicação da P+L nos processos produtivos foi direcionada às boas práticas durante a fabricação, utilizando os recursos de maneira racional, melhorias nos processos e na formulação, de modo a pensar na reciclagem dos resíduos e no reaproveitamento dos solventes durante os processos. Com isso, na atividade de gradação de cores e formulações compatíveis, o propósito é minimizar a limpeza dos equipamentos entre os lotes e, conseqüentemente, a minimização do uso da água, dos solventes e dos efluentes gerados. Com isso, a equipe de planejamento e controle deve ordenar os lotes por especificações de cores, iniciando pelas claras e progredindo às escuras, a fim de evitar que os resíduos das cores anteriores afetem as tonalidades seguintes (CETESB, 2008).

Silva (2011) apresenta em sua pesquisa as estratégias da P+L em uma indústria de refrigerante, onde diversas etapas do processo de produção, como, por exemplo, nas esteiras da linha de produção, foram aplicados a água e o detergente neutro como lubrificantes para o deslizamento das garrafas; o problema identificado foi que essa água, acrescida de detergente, escorre no local e é encaminhada para a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Desta forma, uma alternativa proposta pelo autor foi a realização de testes utilizando apenas água como lubrificante e a instalação de canaletas próximas à área, com o objetivo de direcionar a água para a caixa d'água, reserva que poderá ser aplicada na limpeza das dependências da indústria.

Ainda, a CETESB (2015) apresenta, sobre a implementação da P+L em indústrias de curtumes no processo de conservação de peles, a redução do uso de sal (cloreto de sódio), proporcionando benefícios na redução da poluição e contaminação da água, apontando o uso de menos sal ou de conservantes alternativos com menor impacto ambiental.

Ferreira (2019) apresenta em seu estudo a utilização da P+L em uma indústria têxtil situada no interior de SP, onde analisa o uso sustentável da água no processo de tingimento, bem como a geração de efluentes, tratando o uso e reuso da água com o intuito de obter estratégias de gerenciamento hídrico por meio da metodologia P+L. Além disso, foram avaliadas a redução do consumo de água, de energia e a geração de águas residuais, obtendo resultados positivos na redução do consumo de água no processo de tingimento quando utilizadas as técnicas de P+L.

Jawij *et al.* (2024) demonstram, em seu estudo sobre a indústria de madeira serrada de seringueira, a eficácia da aplicação das estratégias de P+L na melhoria do consumo de recursos e na minimização dos impactos ambientais, além de promover maior eficiência produtiva. O estudo também destaca a economia circular (EC), em que a reutilização da serragem como combustível para caldeiras contribuiu significativamente para a redução do consumo de combustíveis, promovendo uma produção mais sustentável.

2.2 P+L e Gestão Ambiental

Fresner (1998) afirma que a análise de sistemas de gestão ambiental, baseada nos conceitos de P+L, demonstra que esta oferece tanto à gestão quanto aos colaboradores estratégias e ferramentas sistemáticas para a redução de impactos ambientais. Essas ferramentas contribuem simultaneamente para a diminuição de custos desnecessários relacionados ao consumo de matérias-primas e de energia. Portanto, a aplicação da P+L não apenas promove a sustentabilidade, mas também otimiza os processos produtivos.

A norma NBR ISO 14001:2015 da ABNT, sobre sistemas de gestão ambiental, tem como propósito estabelecer uma estrutura sistemática que auxilie as empresas na proteção do meio ambiente, ao mesmo tempo em que proporciona mecanismos para responder às mudanças nas condições ambientais, promovendo o equilíbrio com as demandas socioeconômicas (ABNT, 2015).

De acordo com o item 4.1 da NBR ISO 14001:2015, é fundamental que as organizações identifiquem e analisem os fatores internos e externos pertinentes ao seu objetivo e que possam influenciar sua capacidade de atingir os propósitos estabelecidos por meio do sistema de gestão ambiental. Um exemplo desse item é que as empresas que possuem a água como base em seus processos precisam considerar a escassez hídrica como condição externa importante; por outro lado, como fator interno, devem avaliar se dispõem de equipes treinadas e de tecnologias adequadas para a economia de água.

Já o item 4.2 da referida norma estabelece que as organizações devem compreender as necessidades e expectativas das partes interessadas, identificando quem são esses interessados relevantes para o sistema de gestão ambiental, quais são seus requisitos, necessidades e expectativas e, dentre as quais, aquelas que configuram exigências legais ou outros tipos de requisitos aplicáveis (ABNT, 2015).

Pela perspectiva corporativa, a denominação gestão ambiental consiste em uma orientação para diminuir e até mesmo impedir problemas envolvendo o meio ambiente, isto é, realizar uma gestão com a finalidade de alcançar o menor impacto ambiental possível e para que tal impacto não exceda a capacidade de absorção do meio onde está localizada a empresa; dessa forma, a intenção é atingir o desenvolvimento sustentável (DIAS, 2017).

Ainda, Barbieri (2023) apresenta que o termo gestão ambiental está relacionado a um conjunto de ações voltadas a qualquer necessidade ou problemática ambiental. A princípio, tais ações visam enfrentar a insuficiência de recursos; posteriormente, novas indagações ambientais são levantadas e discutidos alcances distintos.

O Quadro 4 apresenta as três dimensões envolvendo a gestão ambiental: a dimensão temática, relacionada à determinação de assuntos ambientais e aos tipos de ações atribuídas, para os quais é preciso analisar que, ao atuar sobre um caso, outros podem ser afetados; a dimensão espacial, associada à extensão em que se espera que tais procedimentos e atividades de gestão tenham resultados positivos; e a dimensão institucional, ligada aos agentes responsáveis pela execução das ações relacionadas à gestão ambiental.

Quadro 4 - As dimensões da gestão ambiental.

DIMENSÃO TEMÁTICA	DIMENSÃO ESPACIAL	DIMENSÃO INSTITUCIONAL
Controle de poluição Consumo de recursos naturais Mudança do clima Resíduos urbanos Espécies ameaçadas Desertificação Educação ambiental Inovações ambientais Investimentos ambientais	Global Regional Nacional Estadual Bacia e sub-bacia hidrográfica Municipal Bairro urbano ou rural Comunidade Fábricas, armazéns, lojas Domicílios	Organizmos intergovernamentais multilaterais, regionais e bilaterais Governos centrais Governos estaduais Governos municipais Comunidades Órgãos de classe e profissionais ONGs Cooperativas Empresa

Fonte: Adaptado de Barbieri (2023).

A gestão ambiental das empresas envolve sua sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável. Barbosa (2008) afirma que o desenvolvimento sustentável se deu por meio de estudos desenvolvidos pela Organização das Nações Unidas com relação às mudanças climáticas. O objetivo deste estudo era dar explicações para a humanidade sobre as diversas questões ambientais e sociais que ocorriam no mundo. A ideia ainda era buscar o equilíbrio econômico, social e ambiental, sem comprometer as gerações futuras.

A procura por modelos de desenvolvimento sustentável impulsionou, de forma global, movimentos e debates sobre o assunto, a começar pela ONU e suas agências, com o intuito de criar recomendações e respostas como instrumentos de ação. A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, aprovada em 2015, foi resposta a esta mobilização, consistindo em um plano de ação de 2016 a 2030 com o objetivo de proporcionar o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Tal plano de ação é constituído por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com a associação de 169 metas que deverão ser atingidas até o ano de 2030 (BARBIERI, 2023).

A Figura 2 apresenta os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pela Agenda 2030, como forma de orientação em ações que possuem o objetivo de diminuir a pobreza, proteger o meio ambiente e o planeta, e permitir que a humanidade usufrua de paz e prosperidade.

Figura 2 - Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).



Fonte: Adaptado de Nações Unidas (s.d.).

Com isso, para o estudo em questão, dentre os 17 ODS, podem ser citados três objetivos importantes que se relacionam com o tema proposto: objetivo 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura, que tem como ideia central a promoção da industrialização inclusiva e

sustentável; objetivo 12 – Consumo e Produção Responsáveis, que tem por finalidade garantir padrões de produção e consumo responsáveis, ou seja, realizar produções melhores utilizando menos recursos; e objetivo 13 – Ação contra a Mudança Global do Clima, que visa iniciativas urgentes para combater as mudanças climáticas.

2.3 P+L e Economia Circular

As origens do processo de produção e economia, por muito tempo, foram atreladas à definição em grande escala, devido à Revolução Industrial, considerando-se o método de produção denominado economia linear como modelo tradicional. A economia linear consiste em extrair a matéria-prima, processar e transformar em produto para bens de consumo e, em seguida, descartá-lo, gerando inúmeros impactos ambientais (BERARDI; ECCARD, [s.d.]).

O Quadro 5 apresenta alguns benefícios obtidos pela EC, onde são apontadas três áreas que se beneficiam desse conceito: no caso da economia, há diminuição dos valores gastos com a obtenção de matérias, bem como surgimento de oportunidades de negócios; para os consumidores, a EC oferece melhores oportunidades de escolha de produtos, além de maior qualidade; e, para as empresas, inúmeros fatores podem trazer vantagens, incluindo inovação, novos modelos de negócios e até mesmo oportunidades de interação com o cliente.

Quadro 5 - Benefícios da adesão da Economia Circular.

BENEFÍCIOS PARA A ECONOMIA
- Reduções de custo com matéria-prima. - Redução de riscos na volatilidade e suprimento de materiais no mercado. - Criação de oportunidades de novos negócios e crescimento nos setores primário, secundário e terciário. - Redução das externalidades. - Estabelecimento de sistemas econômicos mais resilientes.
BENEFÍCIOS PARA CONSUMIDORES
- Melhoria da qualidade dos produtos. - Redução da obsolescência programada. - Maior possibilidade de escolha. - Benefícios secundários – por exemplo, novas funções dos produtos.
BENEFÍCIOS PARA AS EMPRESAS
- Potencial de lucro em novos negócios – por exemplo, atividades dos ciclos reversos. - Novas formas de relacionamento com clientes. - Oportunidades em novos modelos de negócio – por exemplo, remanufatura, reforma etc. - Novas oportunidades de financiamento. - Criação de resiliência e vantagem competitiva. - Redução custos e riscos com matérias-primas. - Ganhos diretos com recuperação/reciclagem dos materiais que eram descartados. - Redução da complexidade dos produtos e ciclos de vidas mais gerenciáveis. - Estímulo à inovação e ecodesign.

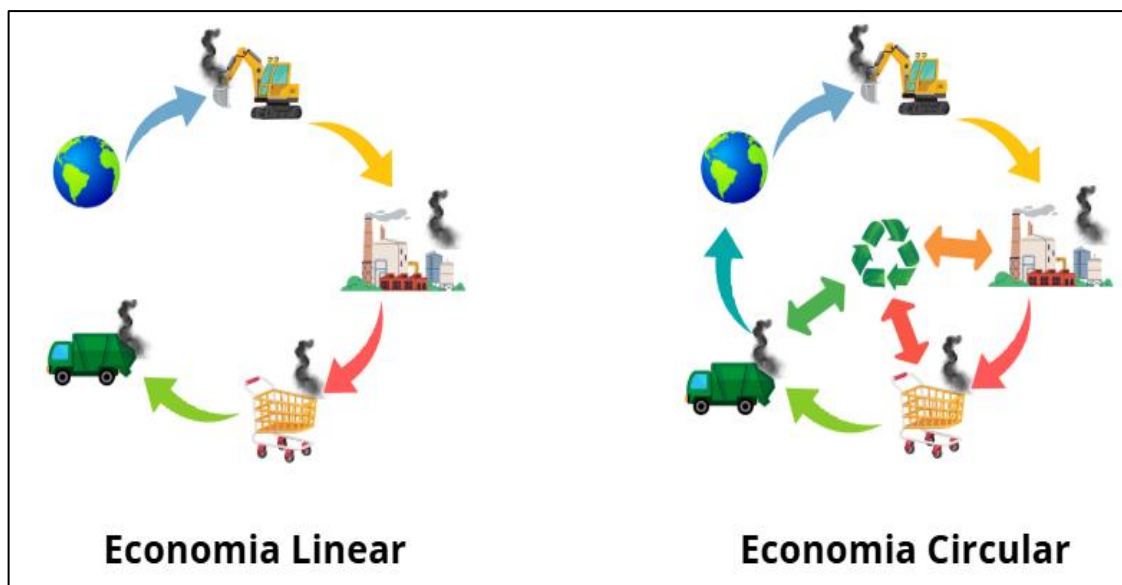
Fonte: Adaptado de Ribeiro e Kruglianskas (2014).

A ideia da economia circular é dar importância à disposição dos resíduos de modo que envolva todo o processo de produção e não somente às opções de descarte final, introduzindo novamente os materiais nas atividades produtivas, a fim de reduzir tal destinação ao meio ambiente e a geração de novos problemas ambientais. Ainda, o fechamento do ciclo por meio da EC está sendo cada vez mais praticado nos processos de produção, demonstrando ser uma nova metodologia de gestão ambiental (FOSTER; ROBERTO; IGARI, 2016).

O conceito de economia linear está atrelado ao modo de produção das revoluções industriais do passado, em que o objetivo principal estava ligado à extração de recursos, à produção e ao descarte dos resíduos, sendo alterado para um novo pensamento de produção, chamado de economia circular, visando reduzir os diversos tipos de resíduos por meio da utilização cada vez mais ativa dos recursos (WEETMAN, 2019).

A Figura 3 faz um comparativo entre a economia linear e a economia circular, em que nota-se que a economia linear não possui preocupação em reprocessar o produto a fim de exaurir todas as suas alternativas, mas sim preocupa-se em extrair os recursos para produção, realizar o produto e, ao final, descartar os resíduos. Já ao lado apresenta-se a economia circular, na qual se preocupa em exaurir todos os recursos dentro do ciclo produtivo, evitando ao máximo o descarte de resíduos no meio ambiente.

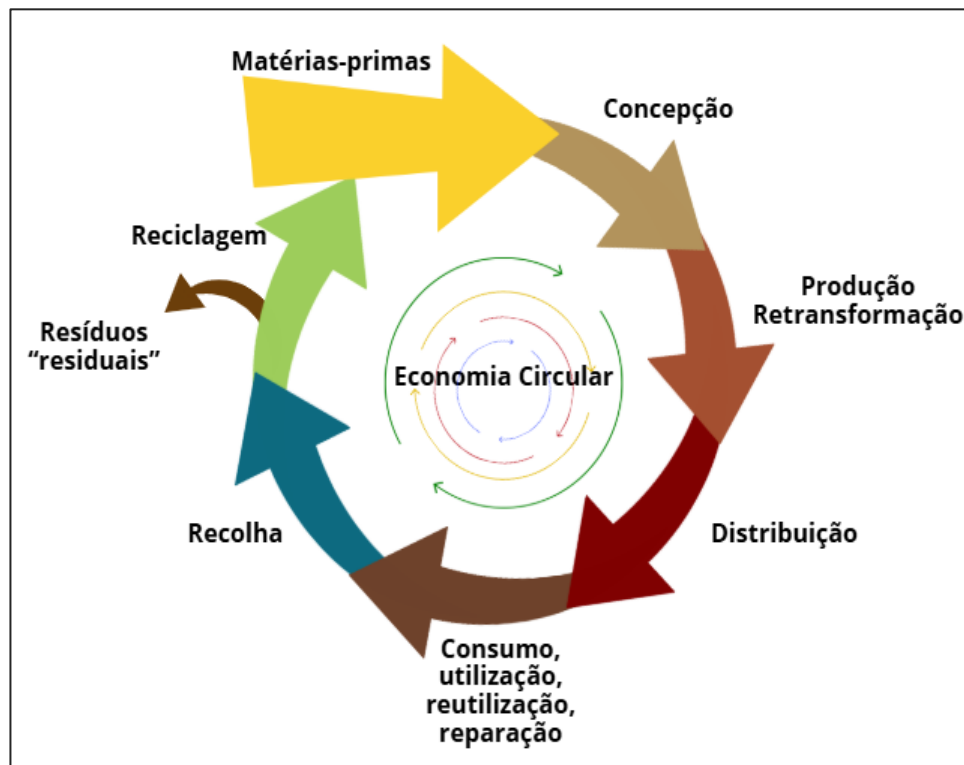
Figura 3 - Comparativo entre a Economia Linear e a Economia Circular.



Fonte: Adaptado de Borschiver e Tavares (2022).

A Figura 4 apresenta um esquema que ilustra o funcionamento da metodologia e dos princípios da EC, com o objetivo principal de maximizar a aplicação dos recursos. O processo inicia-se com a concepção do produto, passando pela produção e pela retransformação, onde a ideia é que seja processado quantas vezes forem necessárias, utilizando-se menos recursos. Em seguida, o produto segue para a distribuição e o consumo, etapa em que sua vida útil deve ser aproveitada ao máximo. Após esse período, chega-se à etapa de reciclagem, que ocorre quando o produto já foi utilizado por completo. Por fim, quando não houver alternativas de reprocessamento, o produto é efetivamente descartado.

Figura 4 - Esquema sobre os princípios da Economia Circular.



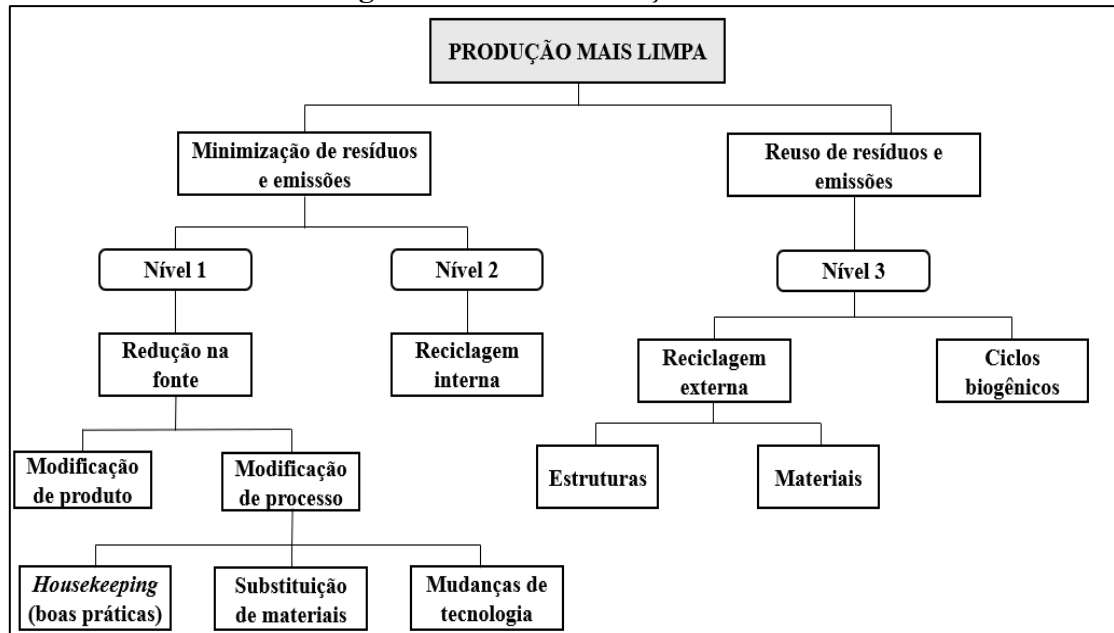
Fonte: Adaptado de Berardi e Eccard (s.d.).

2.4 Fatores Principais a Considerar na P+L

A Figura 5 evidencia os diferentes níveis propostos pela P+L, nos quais o nível 1 apresenta a prioridade e indica alterações que podem ocorrer nas etapas produtivas e nos produtos, com o intuito de diminuir os lançamentos e emissões de resíduos na fonte, bem como reduzir ao máximo seu dano ao meio ambiente. A ideia de realizar modificações nas etapas e nos próprios produtos é tornar benévola à natureza, realizar revisões nas informações dos

produtos sobre redução de massa/volume, garantir o aumento da vida útil e diminuir o emprego de matéria-prima e o consumo de energia no processo produtivo.

Figura 5- Níveis de atuação da P+L



Fonte: Adaptado de CNTL (2003.a).

Ainda, conforme a Figura 5, o nível 2 indica que, mesmo havendo geração de resíduos, sempre que possível deve-se tentar reutilizá-los internamente no processo, sem afetar as características do produto final. Já no nível 3 ocorrem emissões e gerações de resíduos que não podem ser reaproveitados internamente, sendo, nessa situação, a opção a reciclagem externa, que consiste na doação ou venda desses resíduos para utilização em outros fins. Entretanto, os resíduos que, por alguma restrição técnica, não podem passar por processos de reciclagem devem ser encaminhados ao processo de compostagem ou à destinação final de forma segura — para aterros ou mesmo incineradores.

Como vantagens da adoção da metodologia P+L, têm-se:

- a diminuição da quantidade de matéria-prima utilizada e do consumo de energia;
- inovações nos processos produtivos;
- redução dos resíduos gerados e sua correta disposição final;
- o olhar para o processo produtivo como um todo, e não apenas para a última etapa, tornando possível identificar as causas dos problemas, dar-lhes o devido tratamento e evitar complicações adiante (Medeiros et al., 2007).

Nascimento (2021) aponta que a P+L consiste em tomadas de decisões e investimentos ligados ao custo-benefício, pois muitas vezes a falta de recursos financeiros faz com que

gestores optem por tratamentos apenas ao final do processo produtivo. Entretanto, comparando-se custos totais, o investimento na metodologia P+L reduz despesas ao longo do tempo, aumenta a produtividade e diminui o consumo excessivo de matérias-primas e energia, bem como a geração de resíduos ao final das etapas produtivas.

2.4.1 Resíduos líquidos

Moraes e Jordão (2002) argumentam que, após o uso, a água sofre alterações em sua composição por meio de substâncias oriundas de atividades humanas, sejam elas de uso doméstico ou industrial. Diante disso, devido às modificações em suas características químicas, físicas ou biológicas, a água passa a ser designada como efluente líquido ou água residuária. O lançamento desse efluente sem nenhum tipo de tratamento em nascentes, rios ou oceanos pode acarretar problemas ao meio ambiente, por meio de contaminação por metais pesados e outros contaminantes oriundos de processos industriais.

Do ponto de vista de Calijuri e Cunha (2019), a poluição da água acontece devido ao lançamento de resíduos, sejam eles diretos ou indiretos, por meio de atividades realizadas pelo ser humano. O lançamento direto ocorre quando os efluentes industriais e o esgoto doméstico são lançados no corpo hídrico sem receber nenhum tipo de tratamento, o que é problemático, pois a remoção de matéria orgânica é reduzida; vale lembrar que esse tipo de poluição também pode ocorrer com o despejo de resíduos sólidos. Já o lançamento indireto acontece por meio de detritos no solo que, em seguida, são carregados pela água pluvial até chegarem aos corpos hídricos superficiais ou subterrâneos.

O Quadro 6 apresenta as principais consequências geradas pelos ramos econômicos no meio aquático, onde é possível observar que o setor industrial e o uso urbano são os maiores causadores de impactos nos corpos hídricos.

Quadro 6 - Setores econômicos e os impactos por meio de atividades humana em corpos hídricos.

Consequências	Sedimentação	Eutrofização	Poliuição térmica	Oxigênio dissolvido	Acidificação	Contaminação por microrganismos	Salinização	Contaminação por metais pesados	Mercurio	Toxinas não metálicas	Pesticidas	Hidrocarbonetos	Redução de micronutrientes
Agricultura	X	X	X			X	X	X	X		X		
Uso urbano	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	
Silvicultura	X	X	X								X		
Geração de energia hidrelétrica e estocagem de água	X	X	X						X				X
Mineração	X	X	X	X	X			X		X			
Indústrias	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	

Fonte: Adaptado de Calijuri e Cunha (2019).

Ainda Calijuri e Cunha (2019) apontam que a qualidade da água só melhora em relação ao efluente quando são realizados tratamentos adequados, que estejam dentro dos requisitos legais de conformidade. O intuito é que esse efluente, após o devido tratamento, esteja dentro dos padrões numéricos de qualidade, de modo que seja lançado sem nenhuma adversidade ao corpo receptor. Outro fator é possibilitar a ocorrência de fiscalizações aos poluidores e penalizações, se for o caso, aos responsáveis pela geração de problemas ambientais.

2.4.2 Resíduos sólidos

A ABNT NBR 10004:2024 consiste em norma técnica que determina os parâmetros para a classificação dos resíduos sólidos em relação aos riscos que podem acometer o meio

ambiente e a saúde da sociedade, sendo dividida em duas classes, conforme exposto no Quadro 7.

Quadro 7 - Classificação do Resíduos Sólidos de acordo com a ABNT NBR 10.004/2024.

CLASSE I – PERIGOSOS	Apresentam risco à saúde pública e também ao meio ambiente, com características relacionadas a inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.
CLASSE II – NÃO PERIGOSOS	São resíduos que não possuem características de periculosidade, e que, quando devidamente gerenciados, não representam riscos relevantes à saúde humana ou ao meio ambiente.

Fonte: Adaptado de ABNT (2024).

A Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 faz menção à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que apresenta os diversos objetivos que visam à preservação do meio ambiente e à saúde pública, sendo alguns deles: proteção à saúde pública e à qualidade do meio ambiente; redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, com a devida destinação final; adoção de estratégias sustentáveis; adoção de tecnologias limpas para redução de impactos ambientais; redução de resíduos perigosos; incentivo à reciclagem e ao uso de matérias-primas recicláveis e recicladas; e gestão integrada de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

O Quadro 8 ilustra a classificação dos tipos de resíduos e suas fontes de origem, sendo possível observar que existe uma variedade de resíduos gerados pelas atividades humanas, os quais são classificados conforme suas características. Nota-se que, no caso de resíduos industriais, os tipos estão relacionados aos materiais provenientes das etapas do processo produtivo.

Quadro 8 - A classificação dos resíduos e sua origem de acordo com o PNRS.

Resíduos sólidos e domiciliares	Resíduos seco: embalagens plásticas, papéis, metais, vidros, metais diversos e embalagens longa vida.
	Resíduos úmidos: restos de alimentos, folhas, cascas, sementes e outros resíduos orgânicos industrializados.
Resíduos de limpeza pública	Varrição, limpeza de patrimônios públicos, bueiros, bocas de lobo, feiras livres, eventos públicos, parques, cemitérios etc.
Resíduos da construção civil	Restos de alvenarias, argamassas, concreto, asfalto, solo, gesso e detritos como madeira, fiação elétrica, tubos, metais etc.
Resíduos dos serviços de saúde	Produtos biológicos e infectantes, rejeitos radioativos, materiais perfurocortantes etc.
Resíduos industriais	Provenientes das atividades industriais e processos produtivos.
Resíduos dos serviços transportes	Atividades dos transportes rodoviário, ferroviário, aéreo, aquaviário, e também das instalações de trânsito de usuários, como rodoviárias, portos, aeroportos e passagens de fronteiras
Resíduos de mineração	Provenientes do beneficia- mento, da pesquisa e extração de minérios, inclusive das atividades de suporte, como desmonte de rochas, manutenção de equipamentos e de veículos pesados e atividades administrativas
Resíduos agrossilvopastoris	Orgânicos: resíduos das plantações, abate nas criações de animais (bovinos, caprinos, ovinos, suínos, aves etc.), gerados nas pastagens e outras atividades florestais.
	Inorgânicos: agrotóxicos, fertilizantes, produtos farmacêuticos e diversas formas de embalagens.

Fonte: Adaptado de Brasil (2010).

Para a classificação dos resíduos, deve-se levar em consideração sua origem e o grau de periculosidade existente; assim, é possível entender quais problemas ambientais podem ser gerados. Esta medida de análise dos variados tipos de resíduos e das ameaças que podem causar ao meio ambiente é essencial para reduzir os impactos ambientais, além de auxiliar as etapas operacionais de separação, armazenamento, transporte e descarte, de modo a considerar a segurança das atividades, a contaminação e as perdas econômicas devido ao não entendimento técnico dos materiais produzidos (BARBOSA; IBRAHIN, 2014).

De acordo com Barbosa e Ibrahim (2014), a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS compreende a gestão de resíduos, sejam eles sólidos ou semissólidos, além dos gases contidos em recipientes e dos líquidos que possuem características impossíveis de lançamento na rede pública de esgoto ou em qualquer corpo d'água, os quais, devido às composições químicas e físicas, configuram riscos ao solo, à atmosfera e às reservas hídricas.

Conforme exposto por Calijuri e Cunha (2019), grande parte das ações e atividades desenvolvidas pelo ser humano gera resíduos sólidos, havendo elevada variedade de materiais, como, por exemplo, plásticos, papéis, entulhos de construção, materiais radioativos, metal, produtos químicos, galhos de árvores, dentre outros tipos. Porém, apesar de tal diversidade, os tipos de resíduos podem sofrer mudanças ao longo dos anos quanto à sua qualidade e quantidade—isso acontece devido às transformações tecnológicas, ao aumento da população e ao crescimento da economia, em que são produzidos cada vez mais materiais.

Ainda Calijuri e Cunha (2019) apontam que não existe uma resposta única para todos os tipos de resíduos gerados, uma vez que cada resíduo possui particularidades distintas e precisa receber tratamento conforme suas características. Por exemplo, não é correto afirmar que um aterro sanitário é a melhor opção, em comparação a um incinerador, para a destinação de certo material; é preciso entender o tipo de resíduo, suas características e, em seguida, definir o destino mais adequado.

Telles (2022) argumenta que, na década de 1970, houve alerta sobre o alto índice de rejeitos produzidos pelo ser humano, o que chamou a atenção de profissionais focados em questões ambientais devido aos problemas gerados pela poluição, já que tais resíduos poderiam ser descartados e reaproveitados em outras atividades.

Por outro lado, Telles (2022) expõe a importância da responsabilidade ambiental, que consiste no agrupamento de ações, sejam elas individuais ou empresariais, direcionadas ao desenvolvimento sustentável. Tais ações estão relacionadas ao crescimento econômico, juntamente com práticas que visam conservar os recursos naturais, preservar a biodiversidade e garantir a sustentabilidade para as futuras gerações.

O Quadro 9 apresenta a relação entre os geradores de resíduos sólidos e suas responsabilidades ambientais. Nota-se que, quando se trata de resíduos domiciliares e de limpeza urbana, a responsabilidade é da prefeitura de cada município. Entretanto, no caso de indústrias, por exemplo, a responsabilidade é inteiramente da empresa industrial que gerou tais resíduos, de recolher e oferecer o descarte final adequado do material.

Quadro 9 - Relação entre geradores de resíduos e suas responsabilidades ambientais.

RESÍDUOS	RESPONSÁVEL
Domiciliares/Limpeza Urbana	Prefeitura
Comerciais e Prestadores de Serviços	Gerador
Serviços de Saúde	Gerador
Industriais	Gerador
Transportes (portos, aeroportos e terminais ferroviários e rodoviários)	Gerador
Agrossilvopastoris	Gerador
Construção Civil	Gerador
Mineração	Gerador

Fonte: Adaptado de Telles (2022).

Um estudo realizado por Zanquetta (2022) apresentou que o emprego de resíduos de esponjas de Poliuretano e de fibra abrasiva em blocos de concreto apresentou propriedades superiores às do concreto convencional, podendo ser confeccionados blocos de vedação e, quando se empregam tais materiais e se considera o tempo de cura, aumentar ainda mais a resistência desses blocos. Dessa forma, é possível dar destino correto a esses resíduos, evitando impactos ambientais e ampliando sua circulação em outros produtos.

2.4.3 Consumo de energia elétrica na indústria

Reis e Santos (2014) explicam que existe uma grande variedade de opções de geração de energia elétrica, cada uma com características diferentes em relação a custos e tecnologias. Além disso, pode-se classificar as formas de geração em renováveis e não renováveis; as renováveis estão ligadas a sistemas sustentáveis com menor impacto ambiental, enquanto as não renováveis podem ocasionar impactos significativos ao meio ambiente.

Ainda segundo Reis e Santos (2014), as usinas hidrelétricas são responsáveis por muitos problemas ambientais, como o desmatamento de áreas para construção de reservatórios — causando alagamento de terras férteis e perda da biodiversidade local —, o deslocamento de populações residentes e impactos geológicos e biológicos.

No Brasil, a geração de energia elétrica é, em sua maior parte, proveniente de usinas hidrelétricas. Essas usinas são construídas próximas a rios para que a força da água movimente as turbinas, produzindo energia; em seguida, ocorre a conversão de energia mecânica em energia elétrica (Raduns, 2020).

Borges (2021) expõe que, em 2001, o Brasil passou por um “apagão”, um dos maiores obstáculos no setor energético enfrentado no país, ocasionando diversos problemas econômicos e sociais. Houve insuficiência de investimentos e falta de planejamento, em razão da grande exploração dos recursos hídricos e da alta dependência de hidrelétricas; o evento foi causado por uma longa seca que acometeu o país.

Em 2021, o Brasil enfrentou novamente um período negativo no setor hídrico, além de um cenário social e econômico ainda não totalmente superado pela população e pelo ramo elétrico em decorrência da pandemia da COVID-19. O país vivia um momento de reabilitação econômica e aumento da demanda por energia, sentindo-se ameaçado pela incapacidade de suprir essas demandas, o que elevou a pressão sobre o setor elétrico, resultando em aumento de tarifas e inseguranças na sociedade e na indústria quanto à possibilidade de racionamento (SOARES; COSTA, 2022).

Conforme exposto por Tenfen (2023), o uso de energia nas indústrias envolve inúmeros fatores, como as atividades específicas (usos finais) e o porte de cada instalação — pequeno, médio ou grande. Ainda segundo o autor, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) realizou, até 2018, o Projeto Meta com o propósito de atualizar os parâmetros de eficiência energética nos segmentos em que o uso de energia é mais comum nas indústrias: sistemas de iluminação, bombas e exaustores, caldeiras e fornos, motores elétricos, compressores de ar e sistemas de refrigeração.

2.5 Uso Racional da Água na Indústria

Mierzwa (2002) argumenta que as pessoas enfrentam muitos problemas com relação a poluição e contaminação das águas devido aos inúmeros componentes químicos produzidos

atualmente, sendo muitas substâncias químicas descartadas nos cursos hídricos, prejudicando e comprometendo o uso desta água para as atividades humanas.

Mierzwa (2002) argumenta que as pessoas enfrentam muitos problemas com relação à poluição e à contaminação das águas, devido aos inúmeros componentes químicos produzidos atualmente, sendo muitas substâncias químicas descartadas nos cursos hídricos, prejudicando e comprometendo o uso dessa água para as atividades humanas.

Ainda, Mierzwa (2002) relata a qualidade da água a ser utilizada na indústria, destacando que as atividades industriais desenvolvidas são fatores determinantes para a qualidade dessa água, uma vez que podem ser utilizados vários tipos de água em diferentes níveis de qualidade. Tais níveis estão relacionados às características físicas, químicas e biológicas que essa água apresenta. Além disso, o autor argumenta que a capacidade industrial determinará a demanda e a necessidade para os diversos casos de utilização.

Além disso, pode-se fazer um comparativo entre o uso racional da água em diversas situações e atividades humanas, como, por exemplo, em uma residência unifamiliar. Uchida e Oliveira (2006) apresentam que as bacias sanitárias são responsáveis por boa parte do consumo de água em residências unifamiliares. Citam ainda um estudo realizado pela *American Water Works Association*, no qual foi considerado um consumo per capita de 280 l/pessoa.dia, e as bacias sanitárias representaram 28 % desse valor, mas, com o uso de equipamentos redutores, o consumo reduz para 196 l/pessoa.dia, uma diminuição de 19 %.

Lamberts *et al.* (2010), em seu estudo *Casa Eficiente – Uso Racional da Água*, apontam o consumo de água em uma residência, comparando diversos dispositivos convencionais inseridos na edificação e como podem ser substituídos por aparelhos hidráulicos economizadores de água. Essas substituições vêm sendo adotadas não somente em residências, mas também em edifícios públicos, com o intuito de reduzir o consumo e as despesas em contas de água e esgoto. Os autores ressaltam que os componentes hidráulicos adotados devem atender aos padrões de uso, uma vez que alguns recomendados para edificações públicas não são compatíveis com edificações residenciais.

Com isso, o ideal é a substituição de bacias sanitárias convencionais por bacias com acionamento de descarga seletivo, que possuem sistema duplo de descarga, dando ao usuário a escolha do volume aplicado: 3,4 l no acionamento para resíduos líquidos e 6,8 l no acionamento para resíduos sólidos (Lamberts *et al.*, 2010).

No caso de torneiras convencionais, o ideal é a substituição por torneiras com componentes economizadores de água, pois elas controlam a vazão e a dispersão do jato. Componentes como arejadores, pulverizadores e prolongadores são os mais utilizados em

residências, enquanto torneiras com acionamento por sensor (também chamadas de eletrônicas) e torneiras hidromecânicas são as mais utilizadas em edifícios públicos (Lamberts *et al.*, 2010).

O Quadro 10 apresenta os aparelhos sanitários utilizados em edificações relacionados aos componentes economizadores e suas principais características em relação à vazão de água.

Quadro 10 - Componentes economizadores e suas características.

APARELHO SANITÁRIO	COMPONENTE ECONOMIZADOR	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
Torneiras	Arejador	Dispositivo regulador e abrandador do fluxo de saída de água, geralmente montado na extremidade de torneiras e bicas em geral, destinado a promover o direcionamento do escoamento de água, evitando dispersões laterais e amortecendo o impacto do jato de água contra as partes que estão sendo lavadas. É também um componente que propicia a redução de consumo de água sem comprometimento de Venturi, incorporando considerável quantidade de ar ao fluxo de água e reduzindo a vazão e o volume de água utilizado.
Torneiras	Pulverizador	Dispositivo fixado na saída da torneira, porém não tem orifícios laterais para a introdução de ar. Transforma o jato de água em um feixe de pequenos jatos semelhante ao que ocorre em um chuveiro. Reduz a vazão para valores entre 0,06 l/s e 0,12 l/s, podendo chegar até a 0,3 l/s, sem reduzir a satisfação do usuário.
Torneiras	Prolongador	Dispositivo fixado na extremidade da torneira para aproximar e direcionar melhor o jato ao objeto a ser lavado. Prolongadores bem projetados podem representar economia de água. Cuidados devem ser tomados com a correta vedação da conexão à torneira.
Chuveiro ou ducha	Registro regulador de vazão	É empregado para reduzir vazões excessivas, normalmente existente em condições de alta

		pressão. Tais componentes podem ser aplicados em chuveiros e duchas e possibilitam a regulação da vazão a níveis de conforto e economia de acordo com o tipo de chuveiro empregado, a pressão existente no ponto e hábitos dos usuários. Outro procedimento também pode ser a instalação de um dispositivo restritor de vazão. Uma das vantagens do uso do restritor de vazão é que a mesma permanece constante dentro de uma faixa de pressão, geralmente de 10 mca a 40 mca. Existem restritores de vazão com os mais diferentes valores de vazão, por exemplo, para 6, 8, 10, 12 e 14 litros/minuto. Ressalta-as que são recomendados para valores de pressão hidráulica superiores a 10 mca.
Bacia sanitário	Válvula de descarga com acionamento seletivo	Dispositivo conhecido como “<i>duo-flush</i>” ou dual é utilizado para possibilitar o acionamento seletivo da válvula de descarga. A válvula de descarga contém dois botões: um deles, quando acionado, resulta em uma descarga completa para o arraste de efluente com sólidos. O acionamento do outro botão resulta em uma meia descarga, geralmente de 3,4 litros, para limpeza apenas do efluente líquido no vaso sanitário.

Fonte: Adaptado de Lamberts *et al.* (2010).

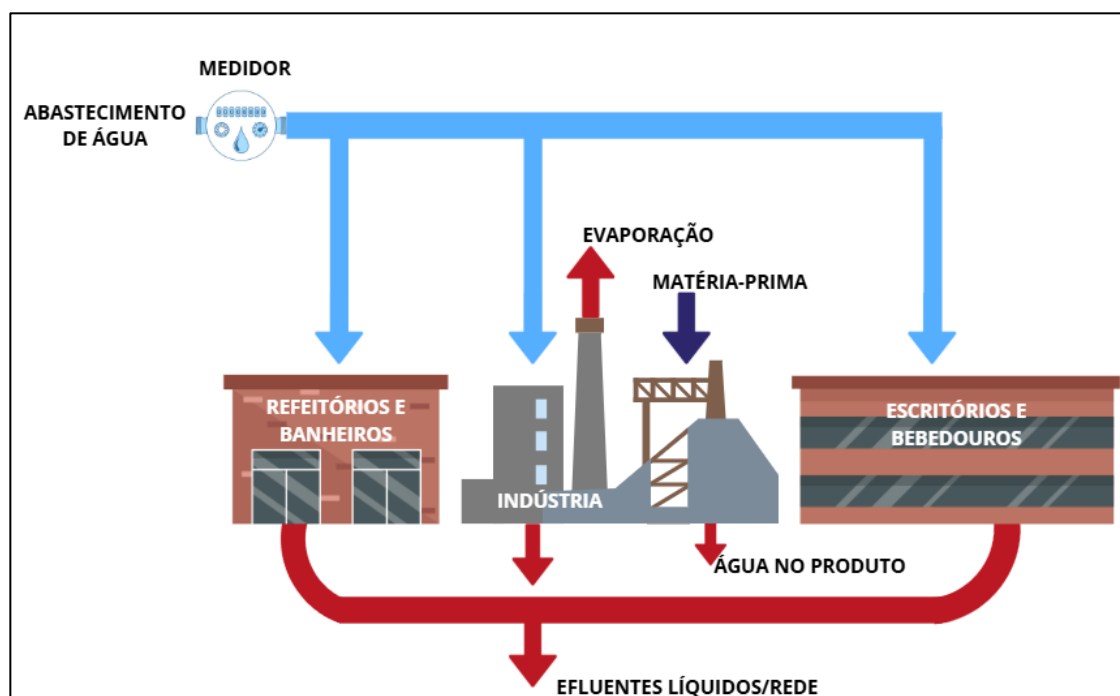
Silva e Silva (2017) apresentam os dispositivos com acionamento por gatilho instalados em mangueiras, que permitem o interrompimento do fluxo de água de modo a diminuir e até mesmo evitar o desperdício em momentos de não utilização nas atividades de lavagem de quintais e pátios industriais. Este tipo de componente permite que a pessoa tenha o controle e, consequentemente, promova economia de água.

De acordo com a CNI (2017), inúmeras variáveis influenciam a quantidade e o consumo de água necessário ao atendimento das indústrias nas diversas áreas de produção, podendo ser citados o porte industrial e a capacidade de produção; os métodos utilizados durante a produção

e as práticas produtivas; a cultura local da indústria; a idade das instalações; as condições climáticas da localidade; a disponibilidade e o fornecimento de água; as inovações tecnológicas, dentre outras.

A Figura 6 representa um exemplo dos locais de uso e aplicação da água em uma indústria. É possível observar o abastecimento de água na planta, distribuída para pontos específicos, como banheiros, refeitórios, planta industrial, escritórios e bebedouros. Entretanto, essa água será descartada na forma de efluente líquido — proveniente do uso sanitário e dos resíduos gerados durante o processo produtivo — e também poderá ser liberada por evaporação.

Figura 6 - Principais usos da água em uma indústria.



Fonte: Adaptado de CNI (2017).

Ainda a CNI (2017) explica que a utilização da água na indústria se faz presente em diversos setores, por exemplo, na parte sanitária, com o emprego da água em contato humano por meio de banheiros, refeitórios, bebedouros, cozinhas etc. Já na área de matéria-prima, o uso da água se dá por meio do produto, para produção de itens de higiene pessoal e limpeza, cervejas, refrigerantes, sucos, alimentos etc. Na área de fluidos auxiliares, em diversas atividades, ela é utilizada para suspensão de soluções químicas, reagentes, veículos e operações de lavagem. Como fluido de aquecimento e/ou resfriamento, seu emprego está relacionado ao transporte de calor para remoção de energia em misturas reativas e em dispositivos que

necessitam de resfriamento; além de outros casos de aplicação, como irrigação de áreas verdes e combate a incêndios.

De acordo com Dias (2017), alguns dos problemas mais evidentes gerados pela industrialização devem-se à forma como é tratado o destino dos diversos tipos de resíduos, independentemente de seu estado (líquido, sólido ou gasoso), que, de certa forma, extrapolam as etapas de produção. Durante o século XX, diversas contaminações industriais alertaram a opinião pública para as questões ambientais. Conforme exposto pelo mesmo autor, o relatório “O Estado Real das Águas no Brasil” (2003–2004), desenvolvido pela Defensoria das Águas, revelou que, nos dez anos anteriores, a contaminação e a poluição de rios, lagos e lagoas aumentaram cinco vezes. Tal relatório indicou que esse agravamento resultou de resíduos tóxicos provenientes de práticas agroindustriais e industriais, que utilizam aproximadamente 90 % dessas águas e, ao final, as devolvem à rede hídrica contaminadas

Outro exemplo sobre o uso racional da água em indústrias foi o exposto pela CETESB (2006), cujo objetivo é evitar o derrame ou transbordamento da água dos bebedouros em currais e pocilgas, nos pisos, esclarecendo que o ideal é que os bebedouros sejam instalados sobre bases de concreto, de forma a ficarem protegidos contra possíveis danos e tombamentos causados pelos animais, evitando o desperdício de água e a geração de resíduos líquidos.

Outro ponto é a limpeza dos pátios industriais, principalmente em locais sem derramamento de óleo; o ideal é a utilização de ar comprimido, com o objetivo de reduzir o consumo de água potável nesses ambientes. Ademais, os exemplos anteriores sobre torneiras, bacias sanitárias e dispositivos com acionamento por gatilho, além de serem utilizados em residências, representam uma boa alternativa para implementação em indústrias, desde que compatíveis com as instalações industriais.

3. METODOLOGIA

3.1 Objeto de Estudo

A empresa objeto de estudo da pesquisa está localizada no interior do Estado de São Paulo e integra o segmento de utensílios de limpeza doméstica. Em sua unidade industrial, a empresa possui diversos processos produtivos, como, por exemplo, esponjas para lavar louças e de banho; vassouras; rodos; pás para rejeitos; saneantes (detergentes, flotadores, amaciantes, desinfetantes); escovas para cabelo; dentre outros produtos.

Foram realizadas pesquisas bibliográfica e documental, sendo que esta, conforme exposto por Gil (2022), possui grande semelhança com a pesquisa bibliográfica. Entretanto, os meios consultados foram arquivos internos da empresa, por meio de relatórios e de seu banco de dados. Os documentos institucionais consultados são de grande importância, uma vez que permitem o tratamento e a análise de dados reais.

Neste trabalho, foi realizada uma pesquisa dos resíduos gerados durante o processo produtivo, com foco principal no uso racional e na redução da água e de resíduos líquidos nos processos da linha de produção, além do consumo de energia e da poluição sonora (ruídos), em uma empresa produtora de utensílios de limpeza doméstica, sendo realizado um estudo sobre a gestão ambiental em toda a planta industrial.

Os pontos estudados estão relacionados aos materiais incorporados ao processo produtivo das operações unitárias, como, por exemplo, matérias-primas, insumos, água e energia, com a geração de resíduos, sejam eles decorrentes de desperdícios na produção ou resíduos pós-produção, devido à falta de estratégias produtivas sustentáveis, como, por exemplo, derramamento de óleo de máquinas, desperdícios de água nas etapas, resíduos de plástico (Polipropileno), resíduos de espuma, dentre outros

Os documentos fornecidos pela empresa contêm dados relativos a: contas de consumo de energia elétrica; contas de consumo de água; indicadores de desempenho de produção; laudos sobre a qualidade da água; controle de consumo e geração de resíduos; fichas dos produtos utilizados no processo produtivo; formulários referentes à limpeza e higienização das áreas (rejeitos e lixeiras); higienização da caixa d'água e identificação de produtos químicos; certificados de destinação final de resíduos; e documentos de uso de produtos controlados para fins industriais.

3.2 Aplicação do Questionário

Os sujeitos selecionados para a pesquisa foram o diretor industrial, a coordenadora de engenharia e a analista de engenharia, responsáveis por planejar, organizar e acompanhar estrategicamente todas as linhas produtivas, realizar a gestão e a dinâmica do processo de fabricação da empresa, bem como sua análise, e coordenar os departamentos de suprimento e de desempenho das máquinas de produção.

Foi aplicado, em conjunto com a coordenadora de engenharia e a analista de engenharia, um questionário semiestruturado — versão final apresentada no Apêndice A — contendo questões técnicas relacionadas às linhas de produção. O objetivo do questionário era entender como acontecem as etapas do processo produtivo; as linhas produtivas que consomem água em suas atividades e as perdas de água durante o processo; as matérias-primas utilizadas em cada fluxo; os tipos de resíduos gerados; as perdas de materiais durante a produção; e a identificação dos processos produtivos que necessitam de melhorias e de planejamentos mais eficazes para uma melhor produtividade do ponto de vista estratégico.

Posteriormente, foi realizada uma entrevista com o diretor industrial para compreender melhor quais problemas são enfrentados no processo de produção e quais possíveis mudanças ele identifica como capazes de trazer benefícios em questões relacionadas à produtividade, à redução de resíduos e às melhorias no processo produtivo.

3.3 Visita *In Loco*

Além disso, foram realizadas quatro visitas à planta da empresa, juntamente com os encarregados de cada setor dos processos produtivos e com a analista de engenharia, para a realização de registros em campo que serviram de base ao desenvolvimento de diagramas sobre as linhas de produção de fios; moldes e produtos plásticos; cabos metálicos; mantas abrasivas; esponjas; rodos; tufagem de vassouras e escovas de beleza; produtos saneantes; e processo de reciclagem – moinho, conforme apresentado no Quadro 11.

Os diagramas ajudam a identificar visualmente as entradas de matéria-prima, o consumo de água, a geração de resíduos de cada processo e operação unitária industrial, e a relação de um fluxo produtivo com outro até a finalização do produto.

Quadro 11 - Resumo das Visitas *In Loco*.

Primeira visita	- Conhecimento de toda a planta industrial juntamente com a Analista de Engenharia.
Segunda visita	- Conhecimento das linhas produtivas da tufagem das vassouras, produção de moldes e produtos plásticos, tufagem de escovas de beleza e processo dos rodos; - Troca de informações com os encarregados dos setores e a Analista de Engenharia para entendimento de cada processo.
Terceira visita	- Conhecimento das linhas produtivas dos fios, saneantes, produção de esponjas, mantas abrasivas e cabos metálicos; - Troca de informações com os encarregados dos setores e a Analista de Engenharia para entendimento de cada processo.
Quarta visita	- Conhecimento do setor reciclagem – moinho; - Troca de informações com o encarregado do setor e a Analista de Engenharia para entendimento do processo.

Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

As informações e dados obtidos na empresa sobre o uso da água, o consumo de energia e a geração de resíduos referem-se ao período de 1º de novembro de 2023 a 30 de setembro de 2024, e foram sistematizados e analisados. Os resultados foram apresentados na forma de diagramas de processos, com as entradas de água e de energia e a saída de resíduos, que embasaram propostas de medidas de P+L. Como resultado, também foi elaborado um quadro com propostas de medidas de P+L para a indústria estudada e para outras similares.

Ainda será proposto à empresa o desenvolvimento de indicadores quantitativos sobre o uso da água, a geração de resíduos e o consumo de energia elétrica, para que os gestores consigam entender o quanto consomem e até mesmo o quanto perdem durante a produção. Esses indicadores têm o objetivo de auxiliá-los na redução dos resíduos e no planejamento estratégico produtivo da indústria.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da Indústria Estudada

A empresa estudada possui sua matriz localizada no interior do estado de São Paulo, sendo produtora de produtos relacionados à limpeza doméstica.

Com base em informações da analista de engenharia e dos encarregados de cada processo produtivo, foi possível levantar as matérias-primas utilizadas na fabricação dos produtos. O Quadro 12 apresenta as matérias-primas e insumos utilizados nos processos produtivos, separados por famílias, para melhor entendimento e identificação dos resíduos oriundos de cada produção.

Quadro 12 - Processos Produtivos com os *Inputs* e *Outputs*.

PRODUTOS	<i>INPUTS:</i> MATÉRIA-PRIMA E INSUMOS	<i>OUTPUTS:</i> RESÍDUOS
I. Fios	• Energia elétrica • Água • PET (Polietileno de Tereftalato) - Polímero termoplástico • Pigmento • Polipropileno • Silicone	• Resíduos de fios não conformes.
II. Moldes e produtos plásticos	• Energia elétrica • Água para refrigerar o molde • Polipropileno • Pigmento • Embalagens e etiquetas	• Moldes não conformes. • Resíduos plásticos - arestas dos moldes plásticos.
III. Cabos metálicos	• Energia elétrica • Chapa metálica • Polipropileno (PP) + pigmento para plastificar o cabo • Óleo solúvel e água para lubrificar	• Resíduos das chapas metálicas. • Perdas das ponteiros plásticas que retorna para o processo. • Plastificação incorreta dos cabos. • Mistura do óleo solúvel e água.
IV. Mantas abrasivas	• Energia elétrica • Água • Gás • Fibras sintéticas - Poliamida e Poliéster • Pigmento	• Limpeza da máquina utilizando álcool. • Gás proveniente do forno da manta abrasiva. • Pó da manta abrasiva devido ao agulhamento no processo.

	• Grãos minerais - Carbonato de Cálcio e Óxido de Alumínio/<i>spray</i>	
V. Esponjas	• Energia elétrica • Poliuretano (PU) – espuma • Cola • Manta abrasiva • Embalagens plásticas	• Resíduos de espuma. • Resíduos de manta abrasiva quando está colada com a espuma. • Resíduos de embalagens plásticas.
VI. Rodos	• Energia elétrica para a prensa • Polipropileno (PP) - molde produzido na injetora • Eva (Etil Vinil Acetato) • Cabo metálico	• Sem geração de resíduos – O EVA (Etil Vinil Acetato) não conforme é devolvido ao fornecedor.
VII. Tufagem de vassouras	• Energia elétrica • Polipropileno (PP) - moldes produzidos na injetora • Fio • Cabo metálico - chapa metálica + PP + pigmento (para plastificar) • Ponteiros de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) • Arame galvanizado • Etiquetas • Caixas	• Arestas de Polipropileno - resíduos dos moldes plásticos. • Resíduos de fios • Ruído da máquina.
VIII. Tufagem de escovas de beleza	• Energia elétrica • <i>Nylon</i> preto • Fios • Pino de Polipropileno (PP)	• Resíduos do fio.
IX. Saneantes	• Energia elétrica • Água • Sal refinado (Cloreto de Sódio sem Iodo) • Ácido Sulfônico • Lauril - Sulfato de Sódio • Corante • Fragrância • Bactericida • Glicerina • Conservante • Espessante	• Frascos de 500 ml e 2 l que estoura - irá para o moinho e pode ser utilizado no processo do fio. • Resíduos líquidos de cada produto confeccionado. • Os componentes: Ácido Sulfônico, bactericida e glicerina são classificados como resíduos Classe I.
X. Reciclagem - moinho	• Energia elétrica • Produto a ser moído	• Ruído elevado.

Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

O Anexo A apresenta um fluxograma da distribuição de água na indústria estudada, que não é abastecida pela rede pública. Dois poços atendem às demandas: um destinado exclusivamente ao uso industrial básico e sanitário e o outro ao processo produtivo de produtos saneantes, que necessita de água como elemento principal, além de abastecer a rede de combate a incêndio. O tratamento da água para consumo humano é realizado internamente, sob supervisão do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE).

4.2 Linhas Produtivas e Diagramas de Processo

Com a realização das visitas no campo industrial, foi possível conhecer as etapas de cada processo produtivo e entender melhor a relação entre cada etapa e os materiais empregados na confecção dos produtos. Ainda, as visitas proporcionaram aprofundamento sobre os tipos de resíduos gerados em cada atividade e os tratamentos realizados após a finalização dos processos.

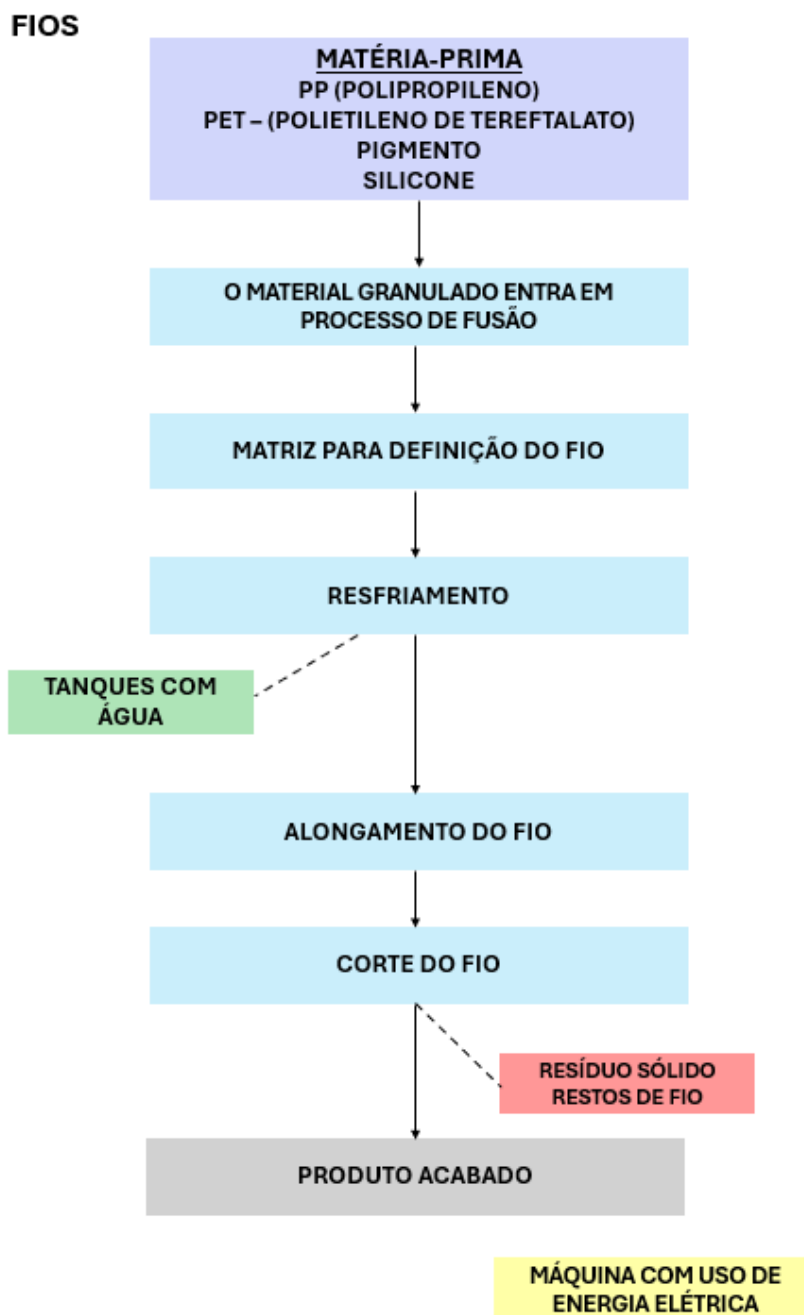
Algumas linhas de produção exigem o uso de água para as etapas do processo, o que pode gerar resíduos líquidos, enquanto outras produzem resíduos sólidos. No entanto, todos os processos demandam consumo de energia elétrica.

Para melhor visualização e compreensão do processo produtivo, foram elaborados diagramas representando as atividades de produção por famílias, identificando as gerações de resíduos após cada etapa. Observa-se também que muitos resíduos retornam ao processo produtivo, enquanto outros são descartados por empresas terceirizadas ou vendidos.

A Figura 7 apresenta o esquema produtivo de fios de Polipropileno (PP) e de Polietileno Tereftalato (PET) utilizados na confecção das cerdas de vassouras, escovas e espanadeiras, sendo materiais selecionados por sua resistência e flexibilidade.

O PP é um material granulado inserido nas extrusoras, onde é aquecido até se dissolver. Após essa etapa, o material é moldado por uma matriz que define a espessura do fio. Em seguida, o fio passa por um processo de resfriamento em tanques de água até estabilizar. Depois, é submetido ao alongamento (estiramento) para ser cortado nos tamanhos necessários à fabricação de vassouras, escovas e outros produtos que utilizam esse material.

Figura 7- Diagrama do processo produtivo dos fios (I, Quadro 12).



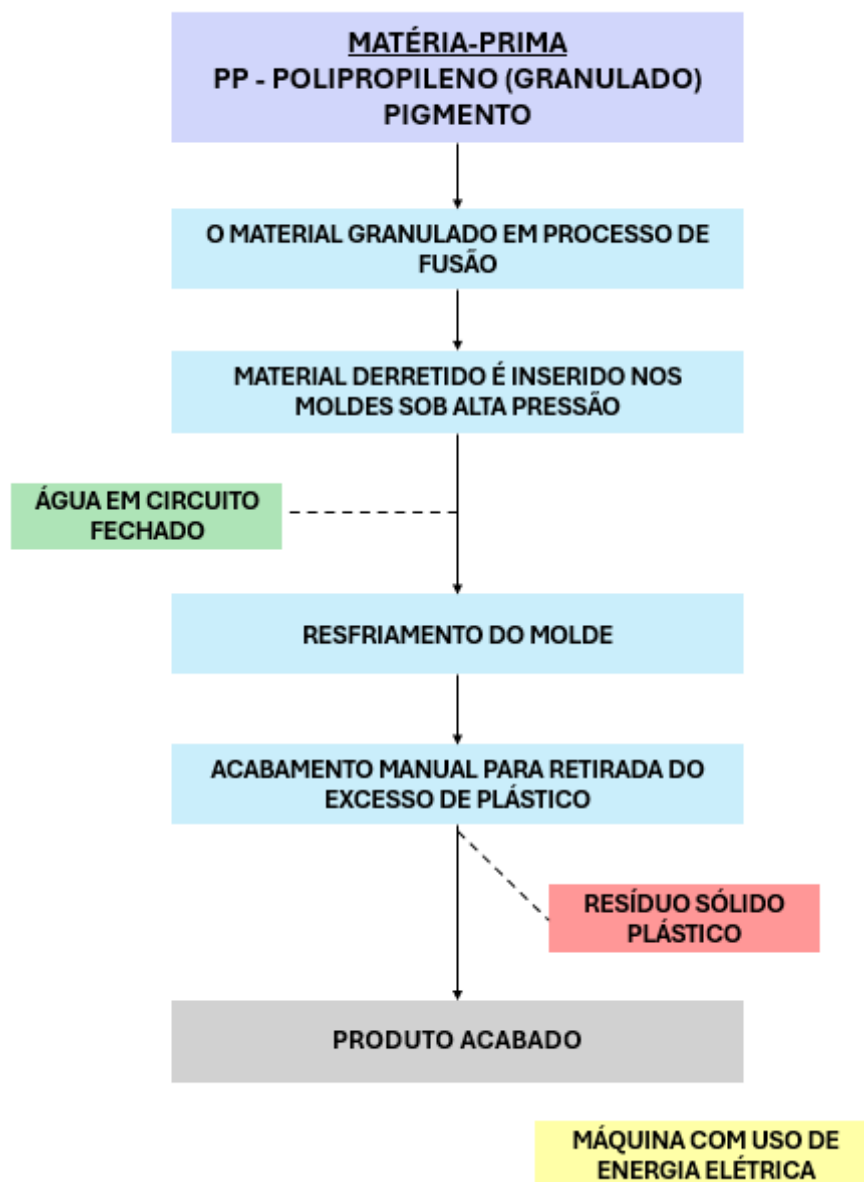
Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

No processo de produção dos fios podem ser gerados resíduos sólidos oriundos do corte dos fios ao final do processo. Neste caso, os resíduos dos fios são separados e enviados para a reciclagem – moinho, para serem fracionados e retornarem posteriormente ao processo produtivo. A contribuição desse processo com relação à P+L deve-se aos resíduos do corte do fio e a outros resíduos plásticos de diversos setores, como, por exemplo, as embalagens que estouram no processo de saneantes, podendo ser trituradas e reaproveitadas na fabricação dos fios.

A Figura 8 mostra o esquema produtivo dos moldes relacionados a produtos plásticos que irão produzir moldes de vassouras e rodos, bases para escovas, tábuas de corte e, dentre outros materiais, do mesmo segmento. O material utilizado é o Polipropileno granulado, juntamente com pigmento, que são inseridos nas máquinas injetoras, derretidos e injetados nos moldes por meio de alta pressão até preencher todos os espaços. Em seguida, ocorre o resfriamento desse molde, utilizando água em circuito fechado para acelerar o processo. Ao final, realiza-se o acabamento manual para retirar todo o excesso de plástico.

Figura 8 - Diagrama do processo produtivo dos moldes e produtos plásticos (II, Quadro 12).

MOLDES E PRODUTOS PLÁSTICOS



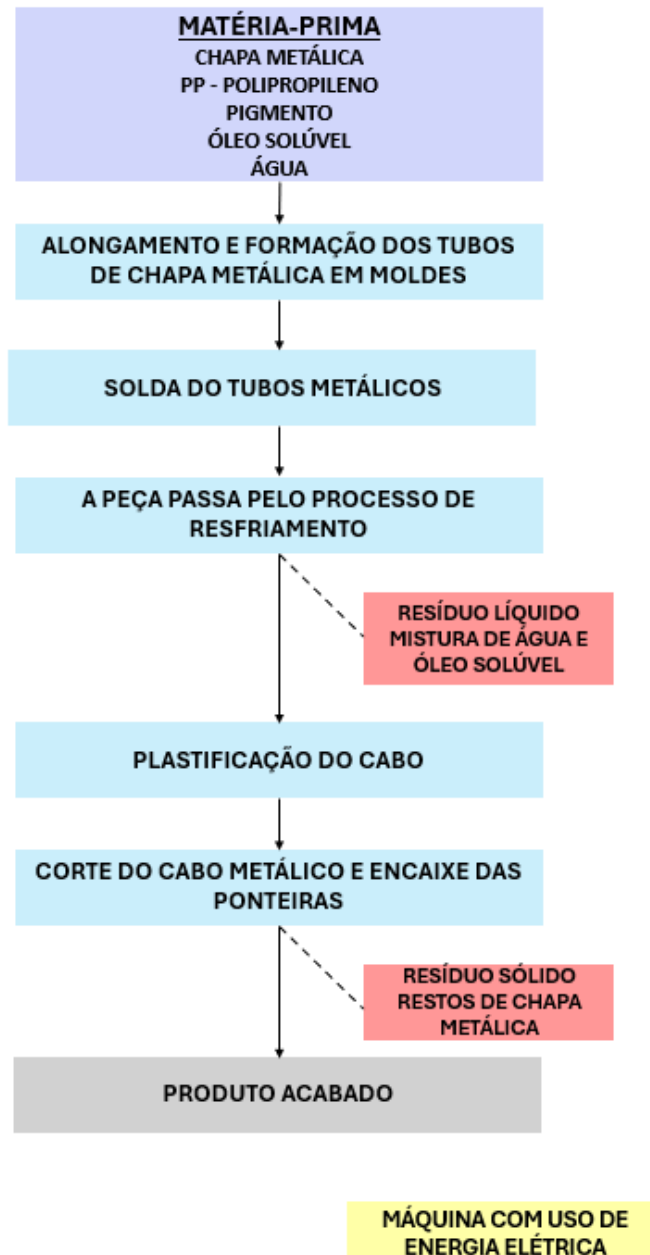
Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

No processo de fabricação dos moldes plásticos, o resíduo sólido gerado está relacionado aos moldes que, ao serem produzidos, encontram-se não conformes, não podendo seguir em outros processos por não estarem dentro do padrão de qualidade. Esses moldes não conformes são encaminhados para a reciclagem – moinho, podendo retornar ao processo de fabricação dos moldes plásticos. As arestas dos moldes, por sua vez, são retiradas manualmente pelos colaboradores, separadas e enviadas para a reciclagem – moinho, onde, após processamento, retornam ao processo de fabricação. Esse procedimento contribui para a P+L, pois os moldes não conformes, ao serem triturados, podem ser reincorporados ao ciclo de produção.

Na Figura 9 é retratado o esquema produtivo dos cabos metálicos, em que são utilizadas chapas metálicas devido à sua alta resistência e durabilidade. Inicialmente, as chapas são introduzidas na máquina para serem alongadas na formação dos tubos metálicos. Em seguida, ocorre a solda das chapas para unir suas partes. Logo após, a peça formada (o cabo) passa por resfriamento em uma mistura de água e óleo solúvel. A etapa seguinte consiste na plastificação utilizando Polipropileno e pigmento; ao final, o cabo é cortado e finalizado com as ponteiros.

A produção de cabos metálicos gera resíduos líquidos e sólidos. O resíduo líquido, composto pela mistura de óleo solúvel e água, é classificado, de acordo com a ABNT NBR 10004:2024, como Classe I – Perigoso, por conter óleo com característica tóxica, mesmo em baixas quantidades. Este resíduo é armazenado e coletado por empresa especializada terceirizada para seu descarte correto, contribuindo para a P+L ao evitar a contaminação do meio ambiente.

Figura 9 - Diagrama do processo produtivo dos cabos metálicos (III, Quadro 12).
CABOS METÁLICOS



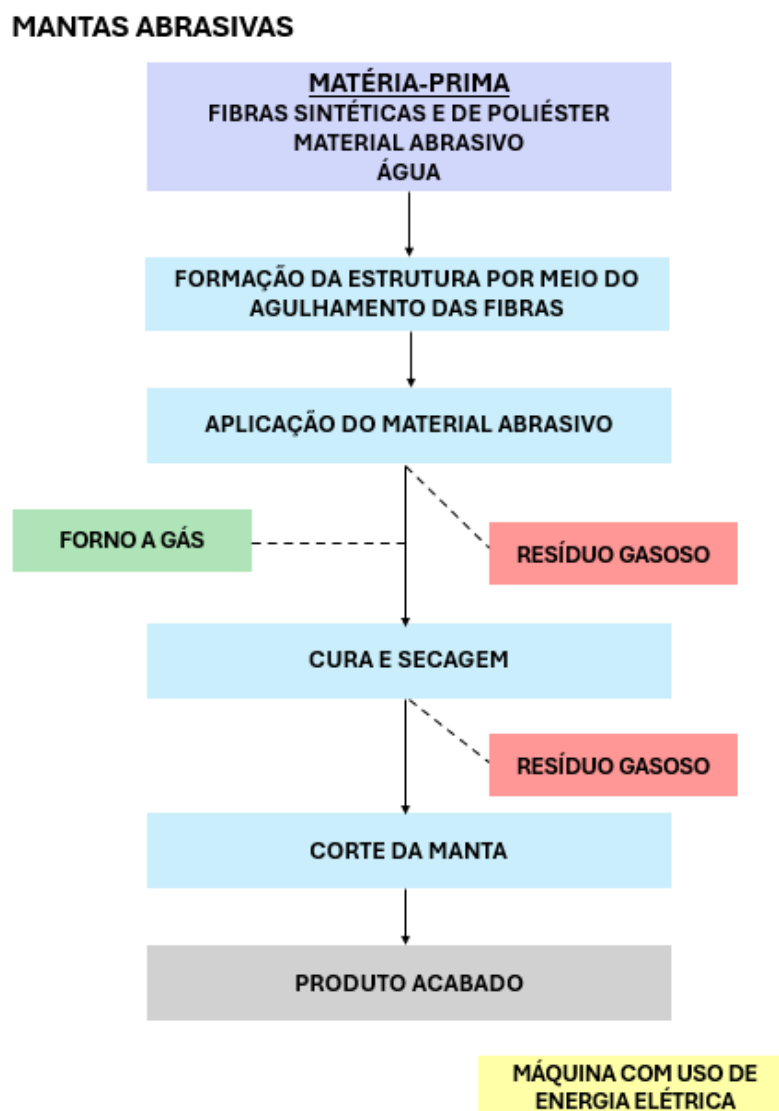
Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

O resíduo sólido é oriundo de sobras metálicas geradas após o corte dos cabos, sendo separado para posterior venda como sucata. Representa um recurso de alto valor agregado que pode ser reciclado, por exemplo, fundido para compor novas matérias-primas desse segmento metálico.

Na Figura 10, são expostas as etapas de produção das mantas abrasivas, que têm como base fibras sintéticas de Poliamida e Poliéster adquiridas em grandes rolos. O primeiro passo é a formação da manta por meio de camadas, através do agulhamento das fibras. Em seguida, a

manta passa pelo processo de aplicação do material abrasivo (óxido de alumínio) e é encaminhada para cura e secagem em forno, de modo que o abrasivo fique firmemente aderido. Ao final, o produto é cortado para compor o processo produtivo de esponjas.

Figura 10 - Diagrama do processo produtivo das mantas abrasivas (IV, Quadro 12).



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

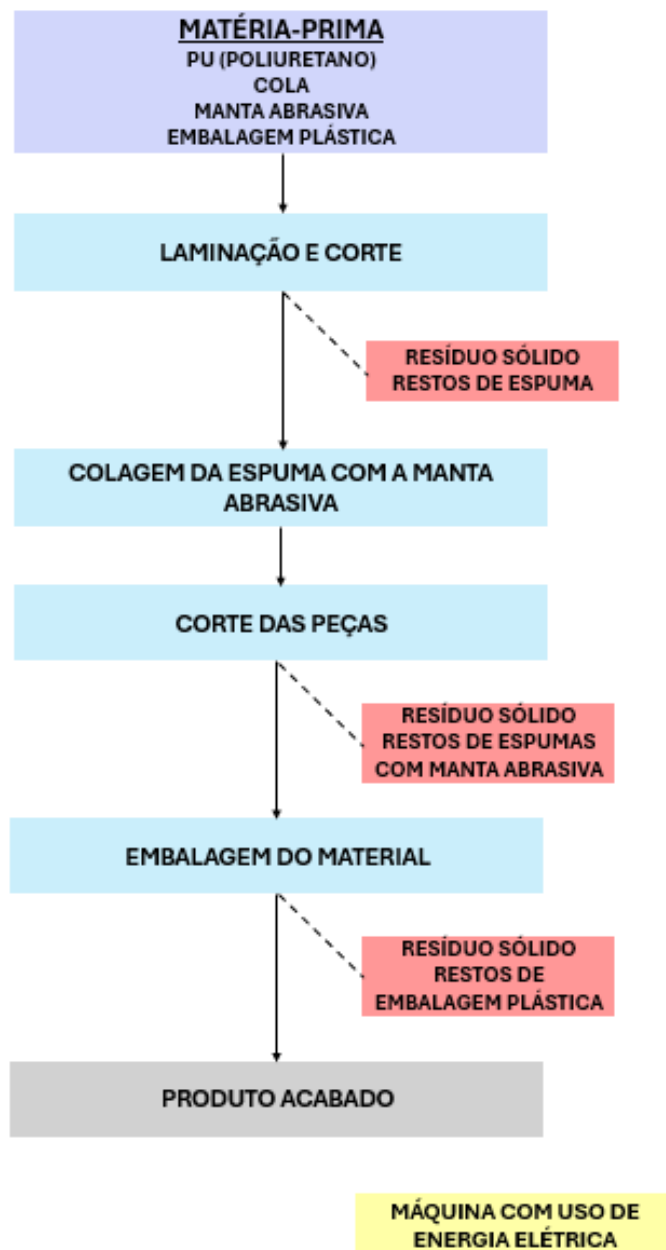
No caso das mantas abrasivas, um dos resíduos gerados é o gasoso, devido à aplicação do material abrasivo, bem como ao processo de cura e secagem da manta. Além disso, ocorrem emissões de partículas das fibras sintéticas presentes no ar, originadas pelo agulhamento utilizado na confecção da manta. Outro resíduo desse processo está relacionado à produção de esponjas: durante o corte e a colagem na manta, podem ser geradas aparas, as quais são separadas e coletadas por empresa terceirizada. Embora esse processo produza quantidade

reduzida de resíduos gasosos, o risco ambiental é mínimo, não causando contaminação significativa do ar.

A Figura 11 ilustra o processo de produção das esponjas de limpeza, cujo material principal é a espuma de Poliuretano. Esse material, adquirido em grandes rolos, passa por laminação e corte, ficando pronto para ser colado na manta abrasiva e, posteriormente, cortado nas dimensões específicas. O processo final consiste na embalagem, realizada de forma individual ou agrupada.

Figura 11- Diagrama do processo produtivo de esponjas (V, Quadro 12).

ESPONJAS



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

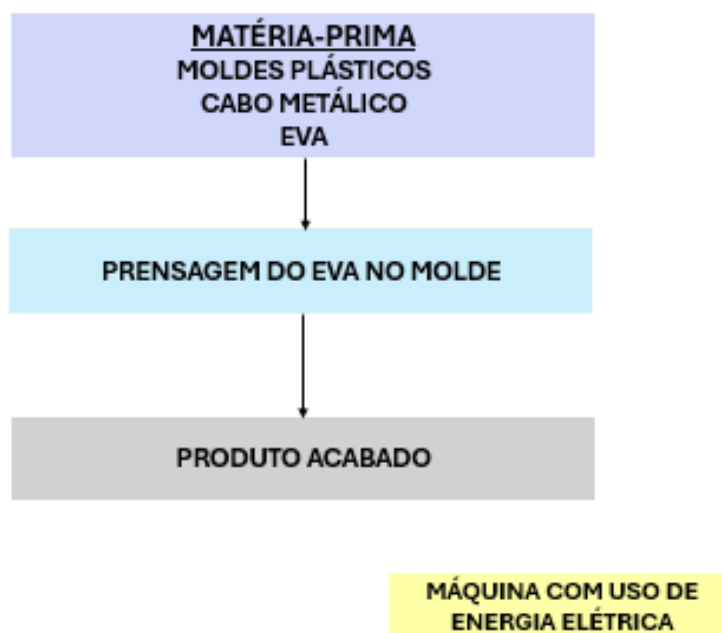
No caso da produção das esponjas, o resíduo gerado está relacionado às aparas, ou seja, às sobras das espumas de Poliuretano, que não podem ser retornadas ao processo. Nessa situação, as aparas de espuma são vendidas para empresas que produzem colchões ou, se estiverem coladas à manta abrasiva, são separadas para retirada por empresa terceirizada, visando seu descarte e destinação corretos. Já as embalagens plásticas são separadas para coleta por outra empresa destinada à reciclagem.

A contribuição dessa atividade produtiva para a P+L consiste na venda do resíduo para empresas que podem reutilizá-lo como componente em seus próprios produtos. No entanto, embora exista uma empresa responsável pela coleta do material não reciclável, o ideal é considerar alternativas para o desenvolvimento de produtos sustentáveis.

A Figura 12 apresenta o esquema produtivo do rodo, que utiliza como materiais os moldes plásticos produzidos nas injetoras, o cabo metálico e o Etil Vinil Acetato (EVA). A etapa produtiva é simples: consiste em prensar o EVA no molde plástico — sendo este material adquirido nas medidas previamente determinadas. Após esse processo, o rodo pode ser montado com a junção do cabo metálico.

Figura 12 - Diagrama do processo produtivo dos rodos (VI, Quadro 12).

RODOS



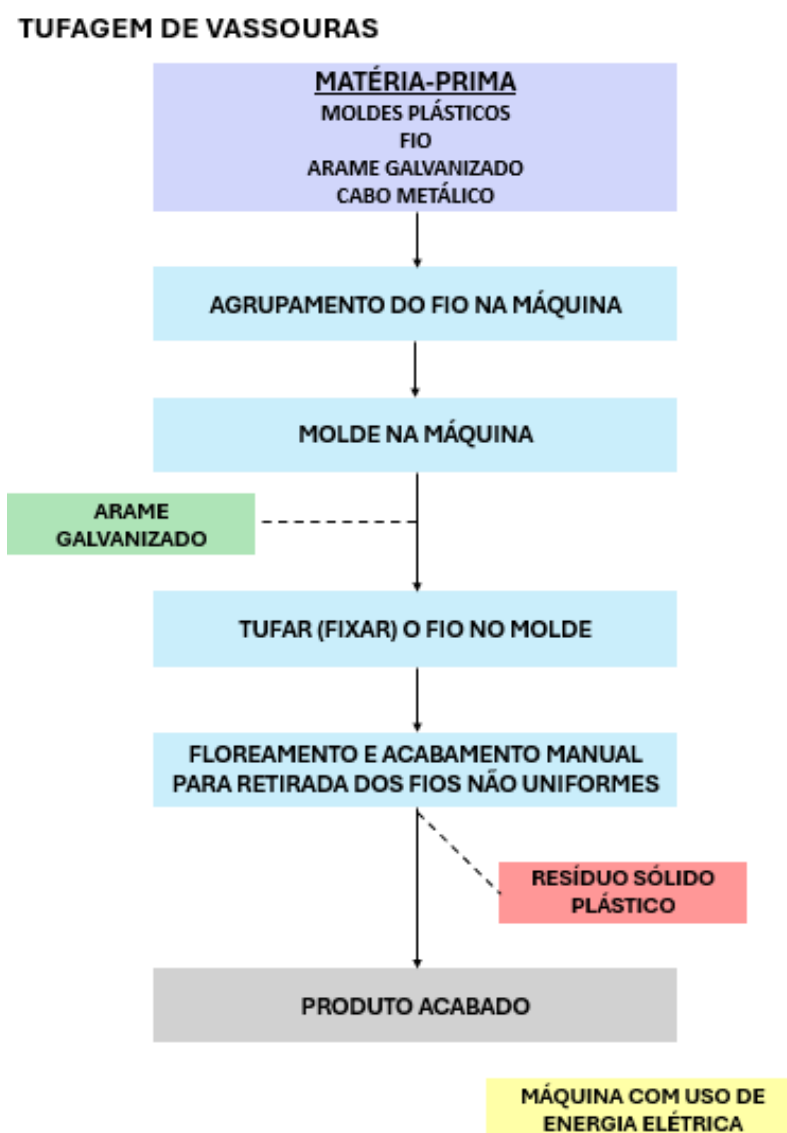
Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

Para a produção do rodo, o único resíduo possível consiste nas aparas de EVA. Entretanto, esse material é comprado sob medida conforme cada produto a ser confeccionado

e, caso esteja não conforme, é devolvido ao fornecedor. Assim, a fabricação dos rodos é o único setor que não gera resíduos, pois envolve apenas etapas de montagem, sem cortes de materiais, apenas a prensagem do molde plástico no EVA.

A Figura 13 mostra o esquema produtivo da tufagem de vassouras, que consiste em inserir as cerdas (fios) nos moldes plásticos de vassouras, escovas e espanadores. A primeira etapa envolve o agrupamento das cerdas, já cortadas nas dimensões necessárias ao processo produtivo, organizando-as em feixes para tufagem. Em seguida, os moldes são posicionados na máquina, onde a fixação ocorre por meio de grampos metálicos. Ao final, realiza-se o acabamento, que pode incluir o ajuste de fios não uniformes por meio de cortes e o floreamento da vassoura.

Figura 13 - Diagrama do processo produtivo da tufagem de vassouras (VII, Quadro 12).



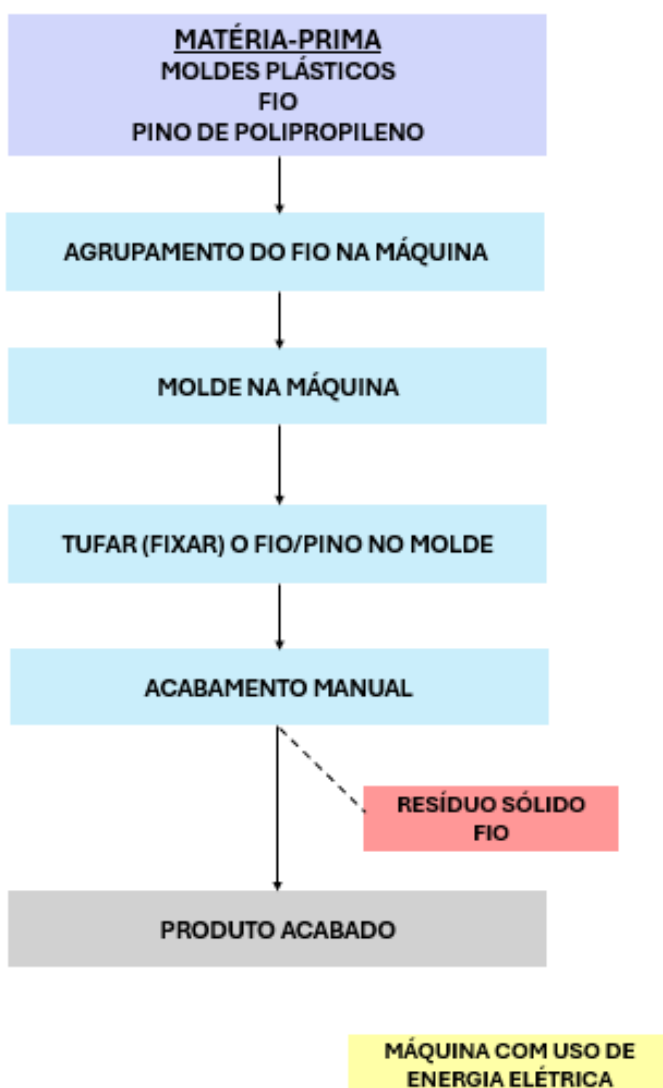
Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

No processo de tufagem de vassouras, o resíduo gerado está relacionado aos fios, pois, ao finalizar a fixação das cerdas nos moldes, é necessário realizar o acabamento para que fiquem uniformes ao produto. Nesse processo, os resíduos referentes ao floreamento (acabamento) são descartados como rejeito comum. Em alinhamento com a P+L, o ideal é que esses resíduos de fios, gerados durante o floreamento e o corte de acabamento, sejam adequadamente armazenados e reaproveitados em outro processo produtivo.

A Figura 14 retrata as etapas da tufagem de escovas de beleza, que segue as mesmas fases da tufagem de vassouras, escovas e espanadeiras. A diferença dessa linha produtiva está no tipo de fio a ser tufado, podendo tratar-se de fios de *nylon* ou de pinos de Polipropileno.

Figura 14 - Diagrama do processo produtivo da tufagem de escovas de beleza (VIII, Quadro 12).

TUFAGEM DE ESCOVAS DE BELEZA



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

No processo de tufagem de escovas de beleza, seguem-se os mesmos resíduos gerados na tufagem de vassouras: ao fixar os fios em cada tipo de escova, é necessário realizar o acabamento para uniformizá-los, sendo esses resíduos descartados como rejeito comum. Além disso, é essencial coletar as partículas de fios e reaproveitá-las em outra atividade produtiva, evitando seu descarte no rejeito comum.

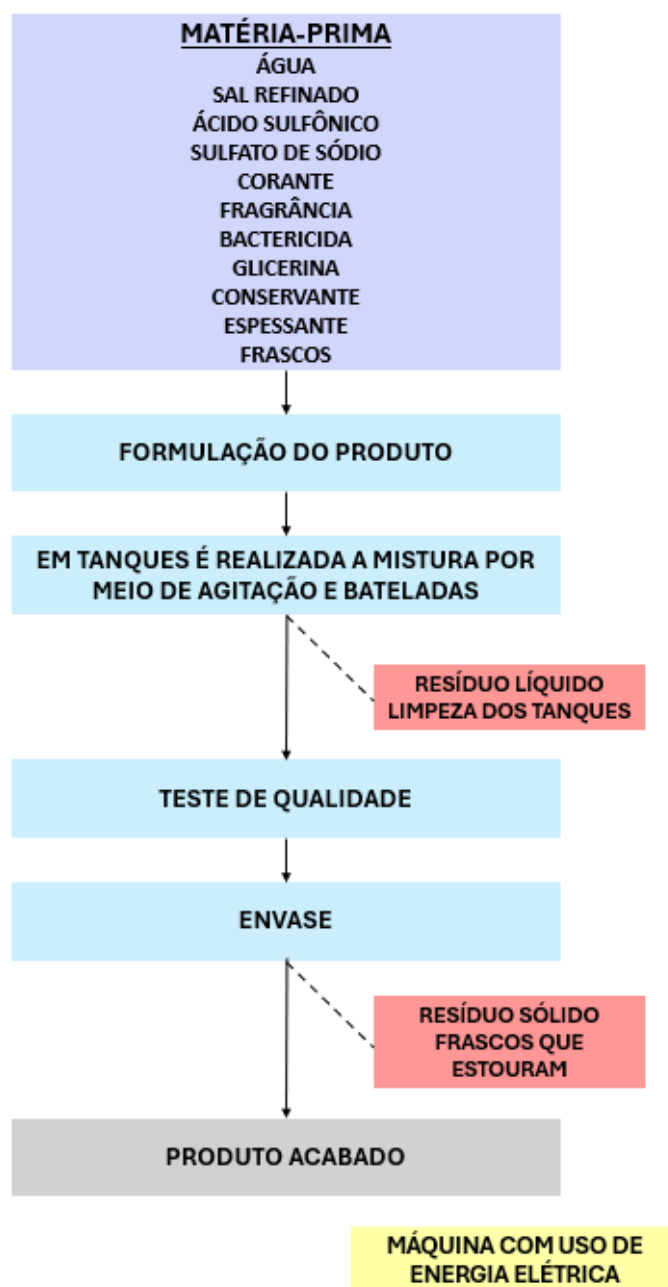
A Figura 15 ilustra as atividades de produção de saneantes, relacionadas à fabricação de produtos líquidos de limpeza, como detergentes, alvejantes, amaciantes e desinfetantes, entre outros da mesma família. Inicialmente, realiza-se a formulação em laboratório, ajustando parâmetros de segurança, estabilidade e eficiência.

Os materiais utilizados variam conforme a formulação, incluindo, por exemplo, sal refinado, Ácido Sulfônico, Sulfato de Sódio, glicerina, bactericida, espessante, fragrâncias etc., mas tendo a água como base principal. Após a formulação, ocorre a mistura por agitação em bateladas nos tanques, garantindo a homogeneidade do produto. Em seguida, realizam-se testes de qualidade por meio de análises laboratoriais e, somente depois, procede-se ao envase.

Em cada formulação dos produtos saneantes, é necessária a limpeza dos tanques, com o objetivo de evitar contaminação cruzada entre os produtos. Nesse caso, após a limpeza, os resíduos, juntamente com a água, são enviados para outro tanque, onde receberão o devido tratamento para posterior utilização na limpeza dos pátios, entre outras aplicações. Já os frascos plásticos que estouram são encaminhados para a reciclagem – moinho, para serem fracionados e reaproveitados no processo produtivo dos fios, sendo essas atividades consideradas P+L.

Figura 15 - Diagrama do processo produtivo de saneantes (IX, Quadro 12).

SANEANTES

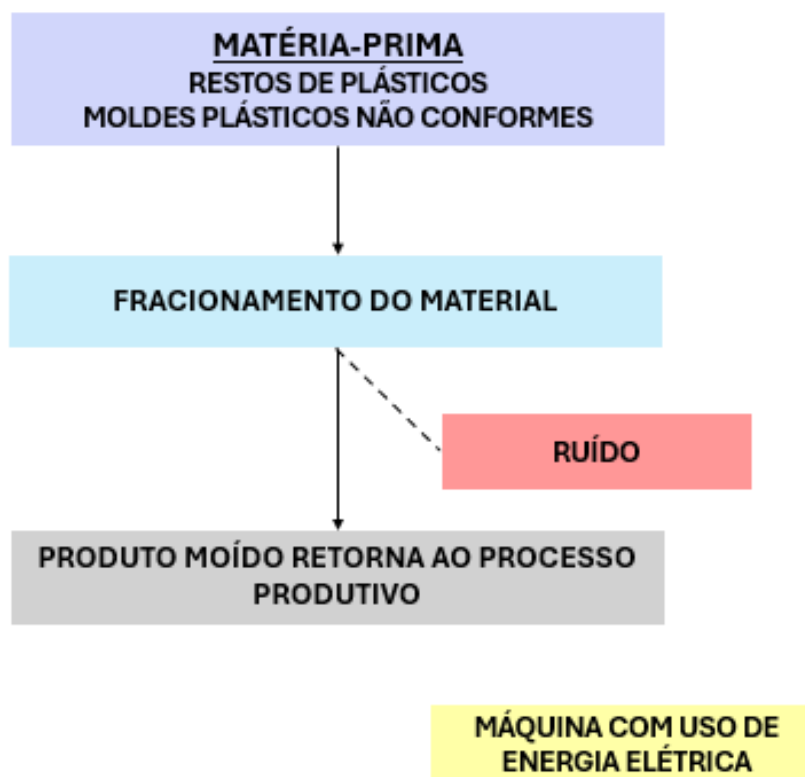


Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

A Figura 16 apresenta as atividades desenvolvidas na reciclagem – moinho, que consistem na trituração dos resíduos plásticos não conformes para retorno ao processo produtivo, como, por exemplo, frascos rompidos no processo de fabricação de saneantes, moldes plásticos não conformes e fios.

Figura 16 - Diagrama do processo de reciclagem utilizando o moinho (X, Quadro 12).

RECICLAGEM - MOINHO



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

No processo de reciclagem – moinho, que recebe produtos plásticos a serem moídos para retorno ao processo, não há geração de resíduos físicos. No entanto, o nível de ruído é bastante elevado, pois envolve alta rotação, movimentação dos componentes mecânicos e atrito dos materiais processados. Embora a atividade de reciclagem receba diversos materiais a serem fracionados e encaminhados a outros processos, o ruído gerado é inevitável. Portanto, é necessário analisar maneiras de minimizá-lo, a fim de alinhar melhor o processo aos princípios da P+L.

4.3 Implementação da P+L na Indústria de Utensílios de Limpeza Doméstica

A seguir são propostas as medidas de P+L, resultante da presente pesquisa.

4.3.1 Uso racional de matérias-primas/insumos

Para tornar as esponjas sustentáveis, o ideal seria substituir a espuma de Poliuretano por celulose e a fibra abrasiva por fibra de coco. Embora esses materiais sejam biodegradáveis, é necessário realizar estudo de mercado para avaliar a aceitação do consumidor. Além disso, essa

mudança exigiria ajustes nos investimentos, na compra das matérias-primas e no método de fabricação.

Outro ponto importante é o uso do plástico *stretch* para embalar e proteger as caixas com os produtos acabados, facilitando o transporte. Idealmente, ao receber a mercadoria no ponto de venda, o comprador deve separar corretamente esse plástico para descarte adequado, evitando que seja destinado a rejeitos comuns e cause impactos ao meio ambiente.

4.3.2 Uso racional da água

No processo produtivo I (fios), a água está contida em tanques para resfriamento dos fios; nesse caso, não há desperdício, pois ela é reutilizada durante toda a produção, sendo reposta apenas em casos de evaporação. No processo II (moldes e produtos plásticos), a água também é utilizada para resfriamento dos moldes, mas em circuito fechado, sem perdas.

No processo III (cabos metálicos), a água resfria os cabos após a soldagem das chapas, formando mistura de óleo solúvel com água e gerando resíduo líquido. Essa mistura é repostada no tanque quando necessário, não sendo descartada a cada ciclo de produção — sua troca só ocorre por empresa terceirizada.

No processo IV (mantas abrasivas), o consumo de água é mínimo e não há desperdícios, pois as mantas passam por secagem. Já no processo IX (saneantes), a água é o principal insumo na formulação dos produtos; a cada troca de produção, limpa-se os tanques para evitar contaminação cruzada.

Além disso, há consumo de água pelos colaboradores, proveniente de poços artesianos e tratada internamente para torná-la potável. Os banheiros da empresa estão equipados com bacias sanitárias de descarga por pressão, em vez de caixas acopladas, o que resulta em maior vazão; porém, as torneiras contam com acionamento manual e fechamento automático, reduzindo o desperdício.

4.3.3 Minimização de resíduos líquidos

Ao analisar todos os processos produtivos, é notável que há, de fato, a utilização de água na produção de alguns produtos. No entanto, a maior quantidade de água é destinada ao processo IX (saneantes), devido à formulação dos produtos. Além disso, é necessária a limpeza dos tanques, gerando resíduos líquidos a cada produção. Os efluentes líquidos provenientes desse processo específico são tratados pela própria indústria e, após o tratamento, a água é

armazenada na caixa d'água, sendo reaproveitada para a limpeza dos pátios e para a irrigação das plantas.

No processo produtivo III (cabos metálicos), embora haja utilização de água juntamente com óleo solúvel para resfriamento, a geração de resíduos líquidos é considerada pequena, uma vez que esse material é segregado e armazenado em reservatórios específicos pela equipe de manutenção para ser recolhido e descartado por empresas certificadas quando necessário; o mesmo ocorre com os óleos lubrificantes retirados dos equipamentos.

Além disso, em caso de incidentes que envolvam derramamento de produtos líquidos durante o processo produtivo — o que pode colocar em risco a empresa e, principalmente, o meio ambiente — a indústria conta com bacias de contenção, conforme normas ambientais e do Corpo de Bombeiros, para evitar problemas.

Quanto aos efluentes líquidos oriundos do abastecimento sanitário, embora a captação de água seja feita por poços artesianos, a destinação e o tratamento do esgoto sanitário são realizados pela empresa coletora contratada pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) do município. Neste caso, o SAAE é responsável apenas pelo esgoto, tendo instalado medidores nos poços para cobrar o tratamento com base na saída de água, uma vez que toda a água utilizada para abastecimento sanitário, em algum momento, passa pelo sistema de esgoto.

4.3.4 Minimização de resíduos sólidos

Com relação às matérias-primas envolvendo o uso de Polipropileno, em quase todos os processos, as sobras provenientes de arestas do material acabado ou dos moldes plásticos injetados não conformes são encaminhadas para a reciclagem – moinho, onde são trituradas e retornam ao processo produtivo.

No caso das chapas metálicas do processo produtivo III (cabos metálicos), todos os resíduos desse material são segregados e armazenados em caçambas para venda posterior como sucata. Para os resíduos do processo produtivo V (esponjas), as aparas de espuma são segregadas para venda posterior, e as espumas coladas à manta abrasiva são segregadas, prensadas e armazenadas para coleta por empresa terceirizada.

4.3.5 Uso racional de energia

A energia elétrica é um grande fator de utilização dentro da empresa estudada, bem como para o seu funcionamento e de todas as máquinas térmicas industriais. Para atender à

demanda industrial, realiza-se a compra de eletricidade no Mercado Livre de Energia, por meio de negociações entre grandes indústrias — como a do presente estudo — e empresas geradoras. A aquisição pelo Mercado Livre permite à indústria escolher fornecedores com base em melhores preços, contratos, prazos e volumes, observando-se o requisito mínimo de 500 kW.

Na empresa objeto de estudo, todas as máquinas dependem de energia elétrica: as injetoras fundem o Polipropileno para produção dos moldes plásticos; as tufadoras inserem e floreiam os fios nos moldes; as extrusoras derretem e formam os fios; os fornos fabricam as mantas abrasivas; e assim sucessivamente.

Foi desenvolvido e implementado um projeto que instalou cinco medidores estrategicamente distribuídos na área industrial, possibilitando o monitoramento detalhado do consumo. Embora a compra ocorra pelo Mercado Livre, as linhas de transmissão são operadas e faturadas pela Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL). A empresa estudada também possui contrato de fornecimento de energia fotovoltaica até 2027.

4.3.6 Outras medidas de P+L

Como primeira medida, destaca-se a conscientização da gestão e das equipes produtivas sobre a importância de práticas mais sustentáveis, com a utilização de estratégias de P+L. Por um lado, a conscientização dos gestores é de extrema importância, pois são responsáveis por definir as estratégias e determinar os recursos necessários para a melhoria contínua das operações. Já para as equipes produtivas é necessário o entendimento sobre P+L, pois estarão envolvidas diariamente nas atividades produtivas e nas decisões operacionais que influenciam o consumo de matérias-primas, a geração de resíduos e a eficiência de cada processo.

Em entrevista com o diretor industrial, foi analisado que o processo produtivo III (cabos metálicos) obteve evolução quando se passou a empregar o método de chapas de aço, pois, antes, a produção desses cabos era realizada com o uso de madeira, e as cerdas das vassouras eram produzidas de piaçava, proveniente de palmeiras, sendo um processo manual classificado como extrativismo.

Outro ponto abordado pelo diretor está relacionado ao controle do pós-venda de seus produtos, ou seja, após a utilização de esponjas, rodos, escovas, vassouras etc., a empresa não possui o controle do destino desses materiais, que muitas vezes são descartados de forma inadequada no meio ambiente.

Com relação à energia elétrica, antes foi pensado na produção própria de energia para consumo industrial e comercialização por meio de painéis solares fotovoltaicos. Porém, devido

às mudanças de estratégias empresariais e ao valor a ser investido, o planejamento desse tipo de energia foi descartado na época. Entretanto, os gestores pretendem retomar a ideia.

Ainda, as caixas de papelão e os rolos de papelão oriundos do recebimento das matérias-primas são segregados, prensados e armazenados em locais apropriados, para serem coletados por empresas de reciclagem, com o objetivo de não serem descartados inadequadamente no rejeito comum. Já os resíduos de torno mecânico provenientes do setor de oficina da indústria são cuidadosamente separados e vendidos como sucata metálica.

Outra questão é o estudo de matérias-primas sustentáveis que possam ser inseridas no processo produtivo, uma vez que, em um futuro não muito distante, as estratégias de concorrência e os requisitos ambientais passarão a exigir que as empresas se tornem ainda mais ecológicas e sustentáveis, inclusive em relação aos seus insumos e matérias-primas.

4.3.7 Síntese das medidas de P+L

No Quadro 13 — elaborado a partir do modelo de quadro-resumo sobre medidas de P+L e seu potencial de investimento proposto pela CETESB (2006), do Quadro 12 e dos diagramas de processo (Figuras 7 a 16) deste trabalho — apresenta-se uma síntese de propostas e sugestões para a implantação de P+L na indústria em estudo. Observe-se que o investimento relativo é indicado por cifrões (\$), representando o custo estimado com base na experiência dos autores para cada medida: \$ (custo baixo, até R\$ 25.000), \$\$ (custo médio, de R\$ 25.001 a R\$ 120.000) e \$\$\$ (custo alto, acima de R\$ 120.001), todos em valores de janeiro de 2025.

Quadro 13 - Síntese das Medidas de P+L.

Medida de P+L	Área / Etapa do Processo	Benefício Potencial	Investimento Relativo
Conscientização e treinamentos das equipes produtivas.	Linhas produtivas.	Equipes com práticas sustentáveis e implementação adequada das medidas de P+L.	\$
Implementação de painéis solares fotovoltaicos.	Processos produtivos que utilizam máquinas elétricas e uso geral da indústria.	Redução do consumo e despesa com energia elétrica.	\$\$\$
Troca do sistema de descargas das bacias sanitárias.	Instalações sanitárias.	Troca por válvula de acionamento seletivo ou automáticos como redução de água.	\$
Uso de matéria-prima sustentável.	Linhas produtivas.	Produto final sustentável e com menos resíduos.	\$\$

Captação e uso de água pluvial.	Área externa.	Utilização para limpeza da indústria e combate a incêndios.	\$\$
Investimento em novas máquinas/tecnologias.	Linhas produtivas.	Melhoria dos processos produtivos, com P+L.	\$\$\$
Utilizar água do tratamento de saneantes para resfriamento do fio	Setor de fios.	Evitar o uso de água potável para resfriamento.	\$
Otimização do processo de injeção de PP nos moldes.	Setor de moldes e produtos plásticos.	Ajustes de temperaturas, pressão e tempo de injeção do PP nos moldes plásticos para reduzir excesso de materiais e deformações nos moldes.	\$
Minimizar o desperdício de cortes de chapas metálicas.	Setor de cabos metálicos.	Potencializar o processo de corte das chapas metálicas para obter maior precisão nas dimensões e acabamento.	\$\$
Materiais abrasivos biodegradáveis	Setor de mantas abrasivas	Substituição do Óxido de Alumínio por materiais menos agressivo ao meio ambiente.	\$\$
Destinação dos resíduos das esponjas (PU) e fibras abrasivas para a confecção de blocos de concreto	Setor de esponjas	Utilização das arestas de Poliuretano e fibras abrasivas para blocos de concreto.	\$
Regulagem das máquinas de tufagem	Setor de tufagem de vassouras	Redução de cortes desnecessários durante a tufagem das vassouras.	\$
Criação de <i>designs</i> desmontáveis	Setor de tufagem de escovas de beleza e moldes de produtos plásticos	Possibilitar o processo de reciclagem ao término a vida útil do produto.	\$
Reutilização da água no processo produtivo	Setor de saneantes	Reuso da água para limpeza dos tanques misturadores.	\$
Formulação de produtos ecológicos	Setor de saneantes	Utilizar matéria-prima biodegradável e menos poluente.	\$\$
Isolamento acústico	Setor de reciclagem	Evitar a geração de ruídos ao redor do setor.	\$\$

Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

No Quadro 13, a primeira sugestão proposta está relacionada à conscientização e ao treinamento das equipes produtivas, com o intuito de apresentar os resíduos gerados durante o

processo produtivo, muitas vezes não percebidos nas linhas de produção pelos colaboradores. O objetivo é a conscientização, a fim de reduzir quantidades excessivas de matéria-prima inserida nas máquinas e observar possíveis inconsistências nas atividades — como derramamento de água, derramamento de óleo, resíduos no pátio fabril — e promover a organização do ambiente de trabalho.

Para esta sugestão, a classificação foi considerada baixa, pois a conscientização poderá ocorrer em reuniões rápidas de alinhamento produtivo no início da semana, integrando a sustentabilidade à rotina das equipes; como metas individuais; em atividades de organização setorial pelo menos uma vez por mês; e em treinamentos que apresentem casos de sucesso de empresas que incorporam a sustentabilidade à produção.

A segunda medida proposta corresponde à implementação de painéis solares fotovoltaicos como fonte de geração de energia elétrica, uma vez que toda a planta industrial faz uso desse insumo para as atividades produtivas e para os demais setores administrativos. Com a instalação de painéis solares, poderá haver economia considerável na compra de energia pelo Mercado Livre, já que as placas poderão atender, total ou parcialmente, à demanda industrial, dependendo de análise do número de placas, da incidência solar e da quantidade necessária para consumo.

Neste caso, a implementação de painéis solares fotovoltaicos foi classificada como investimento relativamente alto, pois, para atender às demandas industriais, é necessário avaliar o local para dimensionamento das instalações das placas; realizar a instalação de suportes, cabos, conectores e sistemas de proteção e aterramento; entre outros equipamentos necessários. Além disso, devem ser consideradas manutenções periódicas.

A terceira medida proposta consiste na substituição das válvulas de descarga das instalações sanitárias por modelos com acionamento seletivo, visando reduzir o consumo de água durante o uso. Para essa ação, foi considerado custo baixo, que inclui a inspeção das instalações hidráulicas e a troca das válvulas.

A quarta medida proposta é a utilização de matérias-primas sustentáveis na confecção dos produtos, de modo que os resíduos gerados sejam menos agressivos ao meio ambiente. Nesse caso, o ponto principal seria a troca de matéria-prima das esponjas, alterando o Poliuretano por composição com celulose e substituindo a manta abrasiva por fibra de coco. Para esta proposta, a classificação foi considerada de investimento médio, pois será necessário realizar análise de mercado para avaliar a viabilidade do novo produto, buscar fornecedores e negociar a compra de materiais de custo mais elevado, além de modificar estratégias e

atividades produtivas. Também será preciso treinar os colaboradores para o novo método e ajustar o preço no mercado, garantindo a aceitação do consumidor para esse tipo de produto.

A quinta proposta é a captação de água pluvial para limpezas de pátios, regas de plantas, atividades de combate a incêndio e até para resfriamento de moldes plásticos e produção de fios, reduzindo a retirada de água do poço que atende toda a planta industrial. Essa medida foi classificada como custo médio, pois envolve a instalação de sistemas de coleta de água pluvial, reservatórios, estações de tratamento (filtração, cloração etc.) e de bombeamento.

A sexta proposta refere-se ao investimento em novas tecnologias no pátio fabril, como máquinas e equipamentos dotados de sensores inteligentes para monitoramento e controle do uso de água, energia e matéria-prima, além de maior precisão para reduzir erros e desperdícios. Essa ação foi classificada como investimento alto, dado o custo elevado de aquisição — muitas vezes de origem importada — bem como de instalação, manutenção e treinamento de equipes.

A sétima recomendação corresponde à utilização da água tratada de efluentes do processo de produção de saneantes no resfriamento dos fios de Polipropileno, reduzindo o consumo de água potável e garantindo sua reutilização segura sem comprometer a qualidade do produto final.

A classificação para esta estratégia foi avaliada como baixa, pois os efluentes dos produtos saneantes já são tratados para serem reutilizados na limpeza dos pátios e na rega de plantas; portanto, não há necessidade de investimentos elevados para incorporar essa água ao processo produtivo como base de resfriamento.

A oitava sugestão corresponde à realização de ajustes de temperatura, pressão e tempo de injeção do Polipropileno na confecção de moldes plásticos, visando reduzir o excesso de material e deformações nos moldes. Esses ajustes consistem em garantir que todo o PP, ao ser fundido, preencha todos os detalhes dos moldes, evitando desperdícios de matéria-prima e a formação de peças não conformes ou com muitas arestas plásticas a serem removidas manualmente pelos colaboradores.

Nessa situação, a classificação foi considerada baixa, pois não depende de grandes investimentos, mas apenas de regulagens e adequações internas na máquina para o correto preenchimento do material nos moldes, evitando a geração de resíduos plásticos.

A nona proposta sugere minimizar o desperdício de cortes de chapas metálicas no processo produtivo de cabos metálicos. Essa ação visa aprimorar o corte das chapas para obter maior precisão nas dimensões e no acabamento do produto, reduzindo os resíduos e aumentando o aproveitamento do material. Para esse caso, a categorização foi de custo médio, pois serão

necessárias regulagens ou trocas de ferramentas de corte e, possivelmente, a aquisição de máquinas com corte a laser para maior precisão.

A décima medida de P+L está ligada ao setor de mantas abrasivas, propondo a troca da matéria-prima abrasiva — óxido de alumínio — por alternativas biodegradáveis. O propósito dessa mudança é minimizar os impactos ambientais em situações de descarte inadequado das esponjas, que contêm o material abrasivo, tornando o produto final menos poluente. Entretanto, essa sugestão deve ser acompanhada pelo uso de esponjas biodegradáveis, uma vez que a manta abrasiva e a esponja formam um único produto.

A proposta envolvendo o setor produtivo de mantas abrasivas foi considerada de custo médio, pois envolverá a busca de novas matérias-primas e negociação com fornecedores, bem como a alteração do preço de mercado e a aceitação do novo produto pelo consumidor.

A décima primeira sugestão está relacionada aos resíduos de Poliuretano destinados à confecção de blocos de concreto, visto que, de acordo com o estudo de Zanquetta (2022) mencionado neste trabalho, o uso de resíduos de PU e de mantas abrasivas na fabricação desses blocos tem demonstrado aumento de resistência e valor agregado ao produto.

Para essa proposta, a classificação foi de custo baixo, pois será necessário apenas incentivar as indústrias de blocos de concreto à adoção desse novo insumo e disseminar sua aceitação junto à sociedade e aos profissionais da construção.

Esta estratégia de P+L tem como objetivo reduzir o desperdício de fios de Polipropileno resultante de cortes desnecessários, garantindo uniformidade sem comprometer a qualidade do produto final e aumentando a eficiência. Para ela, a classificação também foi de custo baixo, pois envolve apenas ajustes no equipamento de aparado e otimização do processo, sem necessidade de novos investimentos.

A décima terceira proposta consiste em criar escovas com design desmontável. Embora atue no processo de escovas de beleza, relaciona-se também aos moldes plásticos, já que as bases são de Polipropileno. Sugere-se que as peças tenham formato que facilite a separação dos fios ou pinos da base ao final da vida útil, tornando a reciclagem mais eficiente. Para esse novo design, a classificação foi de custo baixo, pois demandará apenas ajustes nos modelos, testes de moldes e adequação do processo produtivo.

A reutilização da água no processo produtivo para a limpeza dos tanques misturadores de produtos saneantes foi considerada a décima quarta sugestão de medida de P+L, pois aprimora o uso dos recursos hídricos. A água, que antes era potável e utilizada na limpeza dos tanques, passa por tratamento adequado e é armazenada para reutilização em outras atividades

do processo. Assim, evita-se o uso de nova água potável, aproveitando-se o efluente tratado, que se torna adequado para essas atividades sem contaminar a formulação dos novos produtos.

Nesse caso, a classificação foi de custo baixo, visto que o tratamento de efluentes já ocorre na limpeza dos tanques; portanto, basta dar nova utilização à água tratada e aplicar tratamento subsequente ao efluente gerado.

A formulação de produtos ecológicos constitui a décima quinta proposta de P+L e envolve a produção de saneantes líquidos. Ao entrar em contato com água e solo, esses produtos podem contaminá-los. Logo, propõe-se substituir matérias-primas de origem petroquímica ou convencionais por insumos vegetais e biodegradáveis, tornando os saneantes menos poluentes e reduzindo impactos ambientais.

Para essa medida, a classificação foi de custo médio, pois envolve pesquisa e negociação com novos fornecedores, desenvolvimento de formulações alternativas, ajuste de preços de mercado e estratégias de marketing para conscientizar os consumidores.

A décima sexta sugestão consiste no isolamento acústico do setor de reciclagem – moinho, cuja atividade de fracionamento gera elevados níveis de ruído e afeta áreas vizinhas. Nesse caso, foi considerado custo baixo, já que basta a aplicação de placas de isolamento acústico, sem necessidade de grandes obras.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo a identificação e análise dos resíduos gerados em uma indústria produtora de utensílios de limpeza doméstica, abordando todos os setores produtivos, as matérias-primas utilizadas e os resíduos gerados em cada atividade. O objetivo foi alcançado, proporcionando um entendimento detalhado da planta industrial, das matérias-primas e dos resíduos gerados, além de revelar as práticas de descarte e reutilização durante a produção.

Observou-se que, embora a indústria seja de porte médio, a quantidade de resíduos gerados não apresenta impacto significativo no meio ambiente, especialmente considerando que grande parte desses resíduos é reintegrada ao processo produtivo, promovendo a economia circular.

Em relação aos resíduos líquidos do processo de produção de produtos saneantes, embora a água seja o principal insumo, o tratamento após a limpeza dos tanques permite sua reutilização em outros setores, minimizando a geração de resíduos líquidos e contribuindo para a eficiência dos recursos hídricos.

Por outro lado, foi identificado que o resíduo líquido classificado como Classe I, composto por mistura de óleo solúvel e água, é gerado durante o processo produtivo de cabos metálicos. Apesar dessa classificação, o resíduo é devidamente armazenado e coletado por empresas certificadas, garantindo seu descarte adequado.

Além disso, o Polipropileno (PP), utilizado em grande parte como matéria-prima, é fracionado e restabelecido ao processo quando ocorrem sobras – por exemplo, arestas de moldes plásticos ou produtos não conformes – evitando perdas materiais. O mesmo se aplica aos fios de Polietileno Tereftalato (PET), que, quando geram resíduos, retornam ao processo produtivo, assim como os frascos de produtos saneantes que, ao serem soprados e, em muitos casos, estourarem, podem ser triturados e reaproveitados na fabricação de fios, reduzindo desperdícios e aumentando a reciclagem interna.

Contudo, o setor de esponjas e mantas abrasivas apresenta desafio, pois o Poliuretano e as mantas não possuem efetividade para reciclagem, representando risco ambiental. Quanto aos cabos metálicos, a substituição dos cabos de madeira por cabos metálicos gerou redução dos resíduos de madeira e melhorou a durabilidade para os consumidores, mas o processo ainda envolve o descarte de chapas metálicas, exigindo atenção à redução desse desperdício, apesar de sua comercialização como sucata.

Entretanto, o consumo de energia elétrica, essencial para o funcionamento das máquinas produtivas, ainda é elevado, o que recomenda investir em soluções energéticas renováveis, como a instalação de placas fotovoltaicas, para reduzir a dependência de fontes convencionais e diminuir os custos operacionais.

Ainda, o estudo possibilitou uma visão abrangente do processo produtivo, ampliando a identificação de possibilidades para a implementação de medidas de P+L, seja por meio de novos produtos cada vez mais ecológicos ou à melhoria dos processos. A pesquisa destacou a importância e a necessidade de buscar matérias-primas mais sustentáveis, principalmente aquelas com maior impacto ambiental no momento do descarte final realizado pelo consumidor.

Outro fator importante é a necessidade de estratégias de marketing para promover a aceitação dos novos produtos ecológicos e biodegradáveis no mercado, visto que o custo das matérias-primas não convencionais ainda é elevado. O envolvimento da gestão e das equipes da empresa também é fundamental para a implementação de mudanças produtivas e para a aceitação de práticas mais sustentáveis.

Por fim, como sugestão para a continuidade do presente estudo, propõe-se a implementação de um sistema de monitoramento e avaliação, com o propósito de desenvolver indicadores quantitativos de metas a serem alcançadas em determinado período. As metas podem incluir a minimização do consumo de água e de energia em um período de três anos, a depender do setor produtivo; a implantação de tecnologias mais eficientes que atendam à demanda produtiva; e um melhor desenvolvimento dos processos, visando a melhoria contínua da sustentabilidade ambiental na produção.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004. Resíduos sólidos – Classificação Parte 1: Requisitos de Classificação**. Rio de Janeiro, 2024.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001. Sistema de Gestão Ambiental – requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2015.

ARAUJO, A. F. **A Aplicação da Metodologia de Produção Mais Limpa**: Estudo em uma Empresa do Setor de Construção Civil. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/84192>. Acesso em: 03 de set. de 2023.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial**. Editora Saraiva, 2023. *E-book*. ISBN 9788571441453. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788571441453/>. Acesso em: 01 maio 2024.

BARBOSA, G. S. O Desafio do Desenvolvimento Sustentável. **Revista Visões**, 4 ed. Vol. 1., 2008. Disponível em: < https://fsma.edu.br/visoes/edicoes-antiores/docs/4/4ed_O_Desafio_Do_Desenvolvimento_Sustentavel_Gisele.pdf>. Acesso em: 28 de maio de 2024.

BARBOSA, R. P.; IBRAHIM, F. I. D. **Resíduos Sólidos - Impactos, Manejo e Gestão Ambiental**. SRV Editora LTDA, 2014. *E-book*. ISBN 9788536521749. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536521749/>. Acesso em: 28 de maio de 2024.

BERARDI, P. C.; ECCARD, W. D. C. **Economia Circular: Princípios e Conceitos**. FGV. [s.d.]. Disponível em: https://cmssol.fgv.br/api/anexos/view/102880/economia_circular_principios_conceitos.pdf> Acesso em: 05 de jun. de 2024.

BORGES, F. Q. Crise de energia elétrica no Brasil: uma breve reflexão sobre a dinâmica de suas origens e resultados. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar**-ISSN 2675-6218, v. 2, n. 10, p. e210809-e210809, 2021

BORSCHIVER, S.; TAVARES, A. S. **Catalisando a economia circular conceitos, modelos de negócios e sua aplicação em setores da economia**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/17358/1/ebook_catalisando-a-economia-circular_1ed_2022.pdf. Acesso em: 06 de jun. de 2024.

BRASIL, Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Legislativo: edição federal, 2010. Disponível em:< https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em 11 de fevereiro de 2025.

CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. **Engenharia Ambiental - Conceitos, Tecnologias e Gestão**. Grupo GEN, 2019. *E-book*. ISBN 9788595157446. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595157446/>. Acesso em: 28 maio de 2024.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia Técnico Ambiental de Abates (bovino e suíno)**. Série P+L, São Paulo, SP 2006. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wpcontent/uploads/sites/20/2013/11/abate.pdf>. Acesso em: 09 de out. de 2023.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia Técnico Ambiental Tintas e Vernizes**. Série P+L, São Paulo, SP 2008. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wpcontent/uploads/sites/20/2013/11/tintas.pdf>. Acesso em: 10 de out. de 2023.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia Técnico Ambiental da Indústria de Papel e Celulose**. Série P+L, São Paulo, SP, 2008. Disponível em: <https://repositorio.cetesb.sp.gov.br/items/e8bd9aa2-17ad-4c2a-9588-ea1a8e113d44>. Acesso em: 10 de out. de 2023.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia ambiental da indústria de transformação e reciclagem de materiais plásticos**. Série P+L, São Paulo, SP, 2011. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/guia_ambiental_internet.pdf. Acesso em: 10 de out. de 2023.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia Técnico Ambiental de Curtumes. 2ª. ed.** Série P+L, São Paulo, SP, 2015. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/21/2015/05/Guia-Tecnico-Ambiental-de-Curtumes-Serie-Producao-Mais-Limpa-_2a-Edicao.pdf. Acesso em: 10 de out. de 2023.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **O Uso Racional da Água no Setor Industrial**. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. 2 ed. Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=243720>. Acesso em: 11 de out. de 2023.

CNTL. Centro Nacional de Tecnologias Limpas. **Implementação de Programas de Produção mais limpa**. Senai, Porto Alegre/RS, 2003. Disponível em: <https://www.senairs.org.br/documentos/implementacao-de-programas-de-producao-mais-limpa>. Acesso em: 09 de out. de 2023.

CNTL. Centro Nacional de Tecnologias Limpas. **Princípios Básicos de Produção Mais Limpa em Matadouros e Frigoríficos**. Senai, Porto Alegre/RS, 2003.a. Disponível em: https://www.senairs.org.br/sites/default/files/documents/manual_principios_de_pmaisl_em_frigorificos.pdf. Acesso em: 01 de jun. de 2024.

DIAS, R. **Gestão Ambiental - Responsabilidade Social e Sustentabilidade**. Grupo GEN, 2017. *E-book*. ISBN 9788597011159. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597011159/>. Acesso em: 01 maio. 2024.

FERNANDES, J. L. QUALHARINI, E. L., FERNANDES, A. S. C., NÓBREGA, M. J. R. Um Estudo da Produção Mais Limpa na Gestão Ambiental. **Revista Augustus**, v. 20, n. 39, p. 52-64, 2015. Disponível em:

<https://apl.unisuam.edu.br/revistas/index.php/revistaaugustus/article/view/19811896.2015v20n39p52/556>. Acesso em: 03 de ago. de 2023.

FERREIRA, V. X. **O uso sustentável da água: a produção mais limpa (P+L) em uma indústria têxtil do estado de SP.** Dissertação de Mestrado- Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente - UNIARA – Universidade de Araraquara, 2019. Disponível em: <https://www.uniara.com.br/arquivos/file/ppg/desenvolvimento-territorial-meio-ambiente/producao-intelectual/dissertacoes/2019/viviane-xavier-ferreira.pdf>. Acesso em: 03 de ago. de 2023.

FONSECA, R. A., LIMA, A. B., REZENDE, J. L. P., NAZARETH, L. G. C., SANTIAGO, T. M. O. Produção Mais Limpa: Uma Nova Estratégia de Produção. **Anais... X SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Gestão e Tecnologia para a Competitividade.** [S. l.] 2013. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/39018395.pdf>. Acesso em: 02 de ago. de 2023.

FOSTER, A.; ROBERTO, S. S.; IGARI, A. T. **Economia circular e resíduos sólidos: uma revisão sistemática sobre a eficiência ambiental e econômica.** Encontro Internacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente (ENGEMA). 2016. Disponível em: <https://engemasp.submissao.com.br/18/anais/arquivos/115.pdf>. Acesso em: 05 de jun. de 2024.

FRESNER, J. **Cleaner production as a means for effective environmental management.** Journal of Cleaner Production. Elsevier, 1998. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965269800002X>. Acesso em: 12 de fev. de 2025.

FURTADO, J. S., MARGARIDO, A. C., SILVA, E. R. F., SILVA, M. L. P., STRAUBE, C. D., SUZUKI, S. M. **Prevenção de Resíduos na Fonte e Economia de Água e Energia. Manual de Avaliação na Fábrica. Produção Limpa.** Departamento de Engenharia de Produção e Fundação Vanzolini. Escola Politécnica – Universidade de São Paulo. São Paulo/SP. 1998.

GIANNETTI, B. F. **Ecologia industrial.** Editora Blucher, 2006. E-book. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521215011>. Acesso em: 15 de out. de 2023.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 7 ed. Barueri/SP. Grupo GEN, 2022.

JAWJIT, S., JAWJIT, W., PIBUL, P., WONGCHAREE, S. Enhancing the sustainability of the sawn rubberwood industry through resource-efficient and cleaner production approaches. **Journal of Cleaner Production**, v. 479, p. 143913, 2024.

KANNO, R., PITTOL, L. C., AVANCINI, T. G., TUBINO, R. M. C. Produção Mais Limpa: Conceito, Panorama Atual no Brasil e Análise de Casos de Sucesso. **Anais... VII Seminário sobre Tecnologias Limpas.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2017. Disponível em: http://www.abes-rs.uni5.net/centraldeeventos/_arqTrabalhos/trab_2_5389_20171113232939.pdf. Acesso em: 31 de jul. de 2023.

LAMBERTS, R., GHISI, E., PEREIRA, C. D., BATISTA, J. O. **Casa Eficiente: Uso racional da água.** LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Vol.3. Florianópolis, SC, 2010. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_III_WEB.pdf. Acesso em: 11 de out. de 2023.

MEDEIROS, D. D., CALÁBRIA, F. A., SILVA, G. C. S., SILVA FILHO, J. C. G. Aplicação da Produção mais Limpa em uma empresa como ferramenta de melhoria contínua. **Revista Produção.** v.17. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/srFYRkr6JrR8qpVntHztDhK/>. Acesso em 01 de jun. de 2024.

MIERZWA, J. C. **O Uso Racional e o Reuso como Ferramenta para o Gerenciamento de Águas e Efluentes na Indústria:** Estudo de Caso da Kodak Brasileira. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2002. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-14112002-203535/publico/TeseJCM.pdf>. Acesso em: 04 de set. de 2023.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. **Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana.** Rev. Saúde Pública. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/qNPRVprxpJZq9bpRKmwRTYC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 de jun. de 2024.

NASCIMENTO, L. F. **Gestão Ambiental e Sustentabilidade.** Departamento de Ciências da Administração / UFSC. Brasília, CAPES, 2016. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/719696/2/Gest%C3%A3o%20Ambiental%20e%20sustentabilidade.pdf>. Acesso em: 01 de jun. de 2024.

ODS, Estratégia. **O que são os ODS?**. [s.d]. Disponível em: <https://www.estrategiaods.org.br/o-que-sao-os-ods/>. Acesso em 28 de maio de 2024.

PEREIRA, C. L. F. **Produção Mais Limpa como um Instrumento de Gestão Ambiental:** Estudo de Caso em uma Indústria de Cerâmica Esmaltada. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Gestão e Políticas Ambientais, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/6745>. Acesso em: 03 de set. de 2023.

PIMENTA, H. C. D.; GOUVINHAS, R. P. **Ferramentas de Gestão Ambiental: Competitividade e Sustentabilidade.** CEFET-RN Natal, 2007. Disponível em: <https://memoria.ifrn.edu.br/bitstream/handle/1044/1004/Ferramentas%20de%20Gesta%CC%83o%20Ambiental%20-%20Ebook.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 de ago. de 2023.

RADUNS, C. D. **Água e Energia Elétrica - Teoria e Prática Sobre o Uso Eficiente.** Ijuí: Editora Unijuí, 2020. E-book. ISBN 9786586074338. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786586074338/>. Acesso em: 06 de jun. de 2024.

REIS, L. B.; SANTOS, E. C. **Energia Elétrica e Sustentabilidade: Aspectos Tecnológicos, Socioambientais e Legais.** Barueri: Editora Manole, 2014. E-book. ISBN 9788520443033.

Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520443033/>. Acesso em: 06 de jun. de 2024.

RIBEIRO, F. M.; KRUGLIANSKAS, I. **A economia circular no contexto europeu: conceito e potenciais de contribuição na modernização das políticas de resíduos sólidos**. 2014. São Paulo: FEA/USP, 2014. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002674956>. Acesso em 05 de jun.e 2024.

RUIHUI, Z., XINMEI, Y., YU, H. Cleaner production and total factor productivity of polluting enterprises. **Journal of Cleaner Production**, v. 423, p. 138827, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-cleaner-production>. Acesso em: 28 de jan. de 2025.

SILVA, A. L. **Estudo de viabilidade de estratégias de produção mais limpa em uma indústria de refrigerantes**. Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC. Criciúma, SC, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1346/1/Andr%C3%A9%20Luiz%20Silva.pdf>. Acesso em: 09 de out. de 2023.

SILVA, M. C., SILVA, M. T. S. C. **Estudo Comparativo de Viabilidade Econômica entre Sistemas de Conservação e Uso Racional de Água**. Monografia. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2017. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/AGUARDAR_2020_1_-_ESTUDO_COMPARATIVO_DE_VIABILIDADE_ECON%C3%94MICA_ENTRE_SISTEMAS_DE_CONSERVA%C3%87%C3%83O_E_USO_RACIONAL_DE_%C3%81GUA.pdf. Acesso em: 10 de out. de 2023.

SOARES, M. A.; COSTA, H. K. M. O segmento de distribuição de energia elétrica no Brasil: uma avaliação das crises hídricas enfrentadas em 2001 e 2021. **Revista Conjecturas**. vol. 22. nº 2. 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/358866775_O_segmento_de_distribuicao_de_energia_eletrica_no_Brasil_uma_avaliacao_das_crisis_hidricas_enfrentadas_em_2001_e_2021. Acesso em: 07 de jul. de 2024.

TEFEN, D. **Eficiência Energética na Indústria**. Vol. 2. Florianópolis, ENBPar/IFSC, 2023. Disponível em: https://sites.florianopolis.ifsc.edu.br/energif/files/2023/11/EFICIENCIA-ENERGETICA-NA-INDUSTRIA_compressed.pdf. Acesso em: 25 de out. de 2024.

TELLES, D. D. **Resíduos sólidos: gestão responsável e sustentável**. Editora Blucher, São Paulo, 2022. *E-book*. ISBN 9786555061055. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555061055/>. Acesso em: 28 de maio de 2024.

UCHIDA, C., OLIVEIRA, L. H. As Bacias Sanitárias com Sistema de Descarga Dual e a Redução do Consumo de Água em Edifício Residencial Multifamiliar. **Anais... XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído**. Florianópolis, SC, 2006. Disponível em: <https://docplayer.com.br/25229011-As-bacias-sanitarias-com-sistema-de-descarga-dual-e-a-reducao-do-consumo-de-agua-em-edificio-residencial-multifamiliar.html>. Acesso em: 10 de out. de 2023.

VINHAS, R. S. **Indicadores de sustentabilidade ambiental sob a ótica da lógica de ciclo de vida.** Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química. São Paulo, 2012. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-03072013155006/publico/Dissertacao_RSV.pdf. Acesso em: 03 de ago. de 2023.

WEETMAN, C. **Economia Circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa.** Grupo Autêntica, 2019. *E-book*. ISBN 9788551305157. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788551305157/>. Acesso em: 10 maio. 2024.

ZAGONEL, L. M., SCHULTZ, G. Produção Mais Limpa na Indústria Têxtil: alternativas para minimização da utilização de água no processo de tingimento e acabamento. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 1, n. 1, 2009. Disponível em: https://www.univates.br/media/editora/revistas/destaquesacademicos/ano1n1/Producao_mais_limpa_na_industria.pdf. Acesso em: 25 de out. 2024.

ZANQUETTA, F. R. T. **Utilização de resíduos industriais na produção dos blocos de concreto.** Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual Paulista, “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Farmacêuticas, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/b0407c28-ca86-4b84-bd7c-ebef83223d8/content>. Acesso em 03 de jan. de 2025.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Entrevista – Questões Técnicas Produtivas na Unidade Industrial de Ituverava

1. Como é realizada a gestão ambiental da empresa?

R: A gestão ambiental é realizada através do PGRS - (Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos), no qual, consiste em um procedimento em conformidade com a legislação vigente, que estabelece os princípios básicos da minimização da geração de resíduos, identificando e descrevendo as ações relativas ao seu manejo adequado, levantando em consideração os aspectos referentes a todas as etapas produtivas, compreendidas pela geração, acondicionamento, coleta, armazenamento temporário, coleta e transporte externo, tratamento externo e disposição final devidamente licenciado pelo órgão ambiental competente. Além disso, este procedimento também inclui os resíduos líquidos.

2. Você conhece as metodologias e estratégias de Produção Mais Limpa (P+L)?

R: Já ouvi falar sobre o conceito de Produção Mais Limpa, entretanto, nunca me aprofundi no tema. Uma das questões que sei sobre esse assunto é que um dos princípios é aprimorar a eficiência do uso de matérias-primas, água e energia, com o objetivo de reduzir a geração de resíduos durante o processo produtivo.

3. De uma forma sintética, como são realizados os processos produtivos de Tufagem, Injetora, Manta Abrasiva, produção de Esponjas, Fio, Cabo Metálico e Saneantes?

R: Os processos de injeção, manta abrasiva e fio são os processos que chamamos de intermediários, através deles produzimos os insumos para gerar um produto acabado. Em relação à tufagem, esponja e cabo, eles são os responsáveis pela produção do produto acabado. Em relação aos saneantes, o processo é em batelada, ou seja, o processo é descontínuo até a obtenção do produto final.

4. Quais os volumes diário e mensal de utilização de água nos processos produtivos? E os volumes diário e mensal de efluentes líquidos gerados?

R: Em média é utilizado 800 m³ por mês e 36 m³ por dia nos processos produtivos. Em relação ao volume de efluentes, depende muito da produtividade, sempre que é realizado a limpeza das linhas é gerado resíduo líquido.

5. Qual o tipo de tratamento realizado para tratar as águas residuárias industriais (efluentes líquidos)? O procedimento é realizado pela unidade industrial ou pela empresa de saneamento municipal?

R: A empresa possui uma estação de tratamento de efluentes conforme a RDC nº 47 - Boas Práticas de Fabricação para Produtos Saneantes, sendo assim, toda a água residual industrial é tratada diretamente pela unidade industrial.

6. Qual o consumo mensal de energia elétrica da empresa? É possível mapear esse consumo pelos seus departamentos e setores industriais?

R: Em média consumimos 430 MWh por mês. Conseguimos mapear o consumo por barracões.

7. Durante os processos produtivos existem perdas significativas de insumos e de matérias-primas? Quais?

R: Durante o processo produtivo pode ocorrer perdas significativas, porém, muito esporadicamente, normalmente temos somente a perda natural do processo.

8. Existe a geração de resíduos perigosos, como metais pesados, ou com alto teor de contaminantes ambientais?

R: Sim, os resíduos gerados nos nossos processos são papelão, esponjas de 2ª linha, plástico *stretch*, rafia (Big Bag), borra plástica, sucata metálica (tubos do cabo), sucata metálica (torno da oficina), tambores, bombonas, IBC (*containers*), produtos químicos vencidos, caçambas de resíduos classe II (aparas de espumas), resíduos da plastificação, água do cabo - resíduo classe I.

9. Quais as quantidades diárias e mensais em volume ou peso de resíduos sólidos oriundos dos processos produtivos? Como é realizado o descarte desses resíduos?

R: Em média 10 toneladas por mês de resíduos sólidos. O descarte é realizado através de uma empresa especializada em descarte de resíduos.

10. Há geração de resíduos ou poluentes atmosféricos nos processos produtivos? Quais? Esses resíduos são tratados?

R: Não há geração de resíduos e poluentes atmosféricos nos processos produtivos.

11. Existem ações realizadas pela empresa e indicadores para controle e minimização da geração dos resíduos industriais?

R: Sim, controlamos a geração de resíduo, consumo de água e energia através de indicadores simples. Ademais, divulgamos com os colaboradores a política e boas práticas ambientais.

12. No seu ponto de vista, como a implementação de novas estratégias de produção podem ajudar a reduzir os retrabalhos e desperdícios da empresa?

R: Acredito que a implementação de novas estratégias pode ajudar a reduzir desperdícios de várias maneiras, por exemplo, melhoria nos processos, controle de qualidade, manutenção preventiva, treinamento e capacitação, são abordagens que não só ajudam a reduzir retrabalho e desperdícios, mas também contribuem para uma produção mais eficiente e econômica.

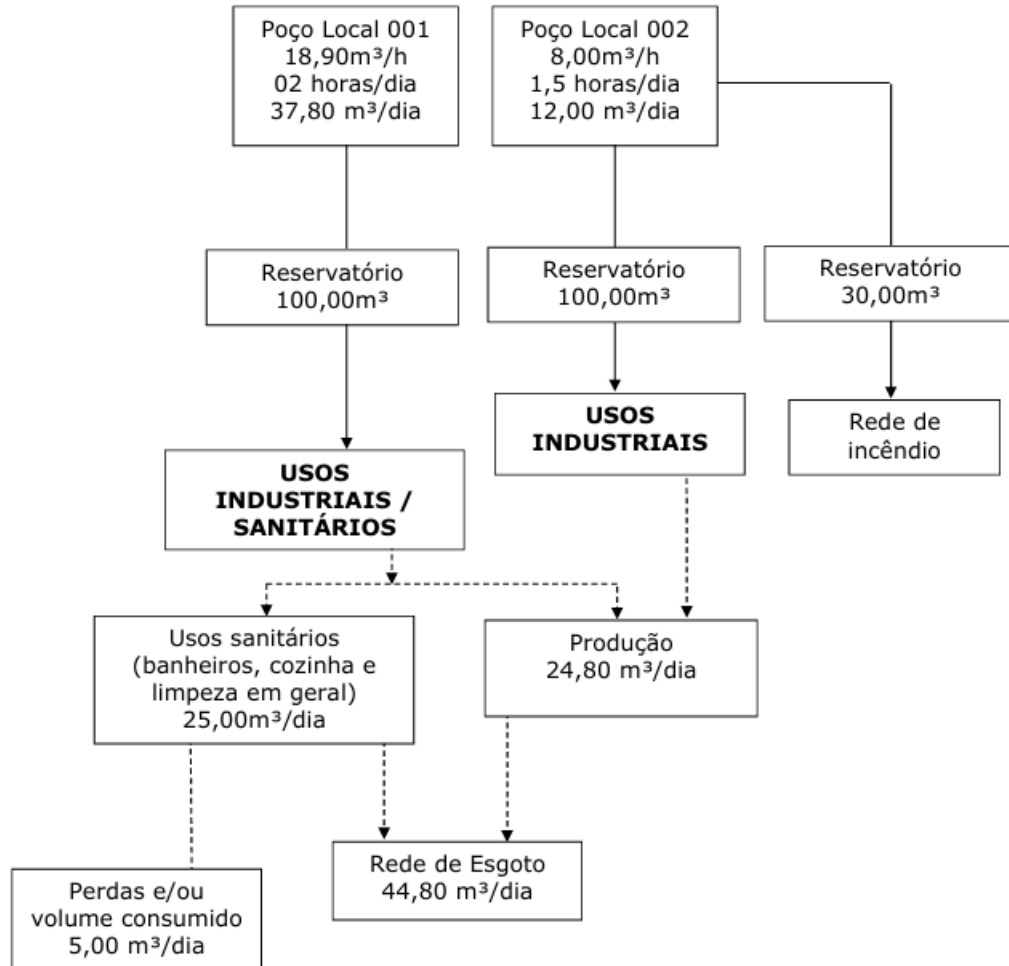
13. Existe algo que queira acrescentar para a pesquisa realizada?

R: Não, no momento não tenho mais nada a acrescentar à pesquisa realizada. Acredito que todos os aspectos relevantes já foram cobertos de maneira adequada.

ANEXOS

ANEXO A – Fluxograma de Distribuição de água.

Fluxograma de Distribuição de Água



Fonte: Indústria estudada (2023).