

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

JAQUELINE VIDALETTI

**LOGÍSTICA REVERSA DE EMBALAGENS: ANÁLISE DA GESTÃO DE RESÍDUOS
DE BAIXO VALOR DE RECICLABILIDADE OU RECICLAGEM LIMITADA**

CURITIBA

2024

JAQUELINE VIDALETTI

**LOGÍSTICA REVERSA DE EMBALAGENS: ANÁLISE DA GESTÃO DE RESÍDUOS
DE BAIXO VALOR DE RECICLABILIDADE OU RECICLAGEM LIMITADA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Ambiental, do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, como requisito à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Dra. Ana Flávia Locateli Godoi

CURITIBA

2024

TERMO DE APROVAÇÃO DE PROJETO FINAL

JAQUELINE VIDALETTI

LOGÍSTICA REVERSA DE EMBALAGENS: ANÁLISE DA GESTÃO DE RESÍDUOS DE BAIXO VALOR DE RECICLABILIDADE OU RECICLAGEM LIMITADA

Projeto Final de Curso, aprovado como requisito parcial para obtenção do Diploma de Bacharel em Engenharia Ambiental no Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, com nota **93**, pela seguinte banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 ANA FLAVIA LOCATELI GODOI
Data: 20/12/2024 16:15:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Ana Flávia Locateli Godoi
Departamento de Engenharia Ambiental
- DEA, UFPR

Documento assinado digitalmente
 EDUARDO FELGA GOBBI
Data: 20/12/2024 16:44:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Eduardo Felga Gobbi
Pesquisador do Sistema Meteorológico do
Paraná. SIMEPAR

Documento assinado digitalmente
 JOICE CRISTINI KURITZA DENCK GONCALVES
Data: 23/12/2024 14:08:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Joice Cristini Kuritza Denck Gonçalves
Departamento de Engenharia Ambiental -
DEA, UFPR

Curitiba, 16 de Dezembro de 2024.

Aos meus pais, os maiores e mais sábios orientadores da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Sair de casa aos 17 anos para me aventurar em outro estado, longe de tudo e todos que eu conhecia, em busca de um sonho, foi, sem dúvidas, uma grande loucura, mas, acima de tudo, uma grande vitória pessoal. Todavia, nada seria possível sem o suporte, apoio e incentivo de quem me rodeava e torcia por um futuro melhor para mim. A todos vocês, meu mais sincero e profundo "muito obrigada".

Aos meus pais, Itamir e Fernanda, que não mediram esforços para que o sonho da graduação acontecesse, essa vitória pertence mais a vocês do que a mim. Espero, algum dia, retribuir tudo o que vocês fizeram e continuam fazendo por mim. Gratidão por todas as longas chamadas de vídeo ouvindo minhas dificuldades e me mantendo firme. Tudo isso é por e para vocês.

Ao meu irmão e à minha cunhada, Eduardo e Catiane, que, durante essa jornada, além de todo o apoio e incentivo, me deram o prazer de me tornar tia da nossa doce Maya, que, mesmo tão pequena, trouxe uma mudança tão grande em nossas vidas, tornando nossos dias mais alegres e leves.

Ao meu companheiro de vida, Ruan, que esteve do meu lado, mesmo que não fisicamente, pelos últimos 5 anos, sendo a minha âncora e meu abrigo nos dias mais difíceis. Viver um relacionamento à distância não é fácil, mas com você isso se tornou apenas um pequeno detalhe. Você sempre foi o primeiro a comemorar minhas vitórias, mesmo que muitas vezes apenas por uma tela, e segurou minha mão nos momentos em que as dificuldades pareciam grandes demais. A sua paciência, apoio incondicional e amor fizeram toda a diferença nessa jornada. Te amo muito mais do que sou capaz de expressar.

Não poderia deixar de dedicar este trabalho e agradecer aos seres mais puros, inocentes e amáveis deste mundo: Khito e Enam José. Muitos não são capazes de compreender o amor e a conexão de almas entre o ser humano e os animais, e fico triste por essas pessoas. Vocês, meus gatinhos, que tantas vezes foram minha única companhia em uma cidade distante de tudo o que eu conhecia, se tornaram um verdadeiro lar para mim. Khito, você teve uma passagem curta pela Terra, mas estará para sempre em meu coração. Enam, gosto de dizer que nós nos salvamos, pois eu te resgatei, mas foi você quem me manteve aqui. Sem você, eu não estaria hoje me tornando quem sou. Obrigada pela companhia e pelos *ronrons* amorosos, que diariamente me curam e me dão sentido para viver.

Agradeço também imensamente aos meus amigos, aos que trouxe da vida e aos que fiz durante essa jornada. Saibam que cada um de vocês faz parte de quem sou

hoje. Gratidão pelos risos e momentos de descontração, mas, principalmente, agradeço pelos ensinamentos e suporte. Sou muito feliz em poder dizer que vocês fazem parte da minha trajetória.

Aos professores do Departamento de Engenharia Ambiental da UFPR, agradeço pelos valiosos ensinamentos ao longo da minha formação, em especial à minha orientadora, Ana Flávia, que foi uma excelente guia, tutora e professora, mas, acima de tudo, um grande exemplo de mulher e profissional, sempre transmitindo seus conhecimentos e paixão pela área ambiental e pelo ensino de maneira contagiante e inspiradora.

E, por fim, agradeço a todos que, mesmo sem saber, contribuíram para que eu me tornasse quem sou e me inspiraram a correr atrás dos meus sonhos. Cada um que passou pela minha vida faz parte da minha essência, e eu serei eternamente grata por tudo e por todos.

*"Existe uma teoria que diz que, se um dia alguém descobrir exatamente para que serve o Universo e por que ele está aqui, ele desaparecerá instantaneamente e será substituído por algo ainda mais estranho e inexplicável. Existe uma segunda teoria que diz que isso já aconteceu."
(Douglas Adams, autor de O Guia do Mochileiro das Galáxias, na obra O Restaurante no Fim do Universo)*

ABSTRACT

The municipal solid waste management (MSWM) is a global challenge that requires effective solutions to mitigate environmental impacts. In this context, reverse logistics emerges as a crucial strategy for sustainable waste management, promoting material recovery and reducing environmental impacts. This study analyzed, through a multicriteria approach, the feasibility of reverse logistics applied to low-recyclability and/or limited-recycling-value packaging, focusing on plastic packaging made of polypropylene (PP), biaxially oriented polypropylene (BOPP), and polystyrene (PS). Data were collected through questionnaires applied to waste pickers and recycling companies in Curitiba, Paraná. The results revealed that 76.9% of the companies already have reverse logistics systems in place, while 23.1% are considering future adoption. Among waste pickers' associations, over 83% process more than 1,000 kg of plastic waste weekly, facing challenges related to low recyclability and the commercialization of these materials. The SWOT analysis identified low treatment costs as a key strength and increased workers' income as a significant opportunity. On the other hand, weaknesses included the lack of infrastructure and markets, while threats involved corporate indifference and inadequate legislation. The application of the AHP method allowed for the prioritization of criteria, highlighting that strengthening public policies, expanding tax incentives, and developing markets for recycled materials are essential to overcoming the identified barriers. The study concludes that, despite significant challenges, there is great potential to expand reverse logistics for these types of packaging, promoting economic, social, and environmental benefits. Lastly, it emphasizes the importance of collaboration among companies, associations, and governmental policies for more efficient and sustainable waste management, contributing to the transition towards a circular economy.

Key-words: SWOT, AHP, Municipal solid waste, Sustainability, Circular economy.

RESUMO

A gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é um desafio presente na atualidade em todo o mundo. Nesse contexto, a logística reversa aparece como uma estratégia crucial para uma gestão sustentável, promovendo a recuperação de materiais e a diminuição dos impactos ambientais. O presente estudo analisou, através de uma abordagem multicritério, a viabilidade da logística reversa aplicada a embalagens de baixo valor de reciclabilidade e/ou de reciclagem limitada, com enfoque em embalagens plásticas constituídas por polipropileno (PP), polipropileno orientado biaxialmente (BOPP) e poliestireno (PS), por meio de questionários aplicados a trabalhadores associações de catadores de recicláveis em Curitiba, Paraná, e empresas do setor de reciclagem. Os resultados revelaram que 76,9% das empresas já possuem sistemas de logística reversa implementados, enquanto 23,1% consideram sua adoção futura. Entre as associações de catadores, mais de 83% processam semanalmente acima de 1.000 kg de resíduos plásticos, enfrentando desafios relacionados à baixa reciclabilidade e à comercialização desses materiais. A análise SWOT destacou como principais forças o baixo custo de tratamento e como oportunidades o aumento da renda dos trabalhadores. Por outro lado, as fraquezas incluíram a ausência de infraestrutura e mercado, enquanto as ameaças envolveram o desinteresse empresarial e a legislação inadequada. A aplicação do método AHP permitiu hierarquizar os critérios, evidenciando que o fortalecimento de políticas públicas, a ampliação de incentivos fiscais e o desenvolvimento de mercados para materiais reciclados são essenciais para superar as barreiras identificadas. O estudo conclui que, embora os desafios sejam significativos, há grande potencial para expandir a logística reversa dessas embalagens, promovendo benefícios econômicos, sociais e ambientais. Por fim, reforça-se a importância da colaboração entre empresas, associações e políticas governamentais para uma gestão de resíduos mais eficiente e sustentável, contribuindo para a transição rumo a uma economia circular.

Palavras-chave: SWOT, AHP, Resíduos sólidos urbanos, Sustentabilidade, Economia circular.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – PERCENTUAL DE RSU COLETADO POR REGIÃO COM BASE NO CENSO DEMOGRÁFICO 2022	22
FIGURA 2 – DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU POR REGIÃO COM BASE NO CENSO 2022	23
FIGURA 3 – PREVISÃO DE CRESCIMENTO DO VOLUME DE PLÁSTICOS, EXTERNALIDADES E CONSUMO DE PETRÓLEO EM UM CENÁRIO DE NEGÓCIOS COMO DE COSTUME	25
FIGURA 4 – GERAÇÃO E DESCARTE CUMULATIVO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS (EM MILHÕES DE TONELADAS)	26
FIGURA 5 – EXEMPLO DE PLÁSTICOS PP	28
FIGURA 6 – EXEMPLO DE PLÁSTICO BOPP	29
FIGURA 7 – EXEMPLO DE PLÁSTICO PS	30
FIGURA 8 – COLETA DE RESÍDUO DOMICILIAR, NA CIDADE DE CURITIBA	36
FIGURA 9 – ESQUEMA ILUSTRATIVO DOS COMPONENTES DA MATRIZ SWOT	46
FIGURA 10 – ESQUEMA DO MÉTODO AHP	48
FIGURA 11 – MATRIZ SWOT ELABORADA PARA A APLICAÇÃO DO ESTUDO	53
FIGURA 12 – ESQUEMA HIERÁRQUICO DA CATEGORIA, CRITÉRIOS E FATORES EM ESTUDO	55
FIGURA 13 – PERCENTUAL DE MATERIAL PLÁSTICO RECEBIDO SEMANALMENTE COM BAIXO VALOR DE RECICLABILIDADE	63
FIGURA 14 – TIPOS DE EMBALAGENS PLÁSTICAS MAIS RECEBIDAS PELAS ASSOCIAÇÕES	64
FIGURA 15 – MAIORES DIFICULDADES E GESTÃO DOS RESÍDUOS DE BAIXO VALOR DE RECICLABILIDADE	65
FIGURA 16 – QUESTIONAMENTOS SOBRE LOGÍSTICA REVERSA	66
FIGURA 17 – QUESTIONAMENTOS SOBRE COPROCESSAMENTO	67
FIGURA 18 – DISTRIBUIÇÃO DOS RAMOS DE ATUAÇÃO DAS EMPRESAS RESPONDENTES	70
FIGURA 19 – DISTRIBUIÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS PELAS EMPRESAS RESPONDENTES	71

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – INDICADOR GLOBAL 5 - PROJEÇÕES EM PERCENTUAL DOS MUNICÍPIOS COM PRESENÇA DE CATADORES COM CONTRATO FORMALIZADO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE MANEJO DE MATERIAIS RECICLÁVEIS POR COOPERATIVAS E ASSOCIAÇÕES DE CATADORES.	35
QUADRO 2 – ESCALA DE IMPORTÂNCIA RELATIVA DO MÉTODO AHP	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Matriz de Comparação Par a Par dos Fatores Exemplo	56
TABELA 2 – Índice de Consistência Aleatória (RI) para diferentes dimensões da matriz	59
TABELA 3 – Matriz de Comparação Par a Par dos Fatores - FORÇAS	73
TABELA 4 – Matriz de Comparação Par a Par dos Fatores - OPORTUNIDADES	74
TABELA 5 – Matriz de Comparação Par a Par dos Fatores - FRAQUEZAS	75
TABELA 6 – Matriz de Comparação Par a Par dos Fatores - AMEAÇAS	75
TABELA 7 – Matriz de Comparação Par a Par dos Critérios	77

LISTA DE ABREVIações E ACRÔNIMOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABREMA	Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANMA	Agência Nacional de Meio Ambiente
Abrelpe	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
BOPP	Polipropileno Orientado Biaxialmente
BRT	<i>Bus Rapid Transit</i>
CERCLA	<i>Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act</i>
EP	<i>European Parliament</i>
EU	<i>European Union</i>
EUA	Estados Unidos da América
FOFA	Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças
HDPE	Polietileno de Alta Densidade
IBEU	Índice de Bem-Estar Urbano
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
LR	Logística Reversa
NBR	Norma Brasileira
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PL	Projeto de Lei
PLANARES	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PP	Polipropileno
PP&A	Poliéster, Poliamida e Acrílico
PS	Poliestireno
PVC	Policloreto de Vinila
RCRA	<i>Resource Conservation and Recovery Act</i>
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
SMMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats</i>
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
WEF	<i>World Economic Forum</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	18
2.1	OBJETIVO GERAL	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
3.1	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)	19
3.2	PLÁSTICOS NO PLANETA	24
3.3	POLIPROPILENO (PP), POLIPROPILENO ORIENTADO BIAXIAL- MENTE (BOPP) E POLIESTIRENO (PS)	27
3.4	CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE BAIXO VALOR DE RECI- CLABILIDADE OU RECICLAGEM LIMITADA	31
3.5	COLETA SELETIVA E SISTEMAS DE RECICLAGEM	33
3.6	SISTEMA DE LOGÍSTICA REVERSA	37
3.7	COPROCESSAMENTO DE RSU	39
3.8	A CIDADE DE CURITIBA	41
3.8.1	Sistema de coleta, tratamento e destinação final de resíduos em Curitiba	43
3.8.2	Associações de Catadores de Curitiba	44
3.9	ANÁLISE SWOT (FOFA)	45
3.10	MÉTODO AHP	47
4	METODOLOGIA	51
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	51
4.2	ESCOLHA DO SEGMENTO DE PESQUISA	51
4.2.1	Metodologia escolhida	51
4.2.2	Elaboração da Matriz SWOT	52
4.3	PROCESSO DE OBTENÇÃO DOS DADOS	53
4.4	ANÁLISE QUALITATIVA DOS DADOS	54
4.4.1	Construção das Matrizes de Comparação par a par entre os fatores de cada critério	55
4.4.2	Construção da Matriz de Comparação par a par entre critérios	59
4.4.3	<i>Softwares</i> de obtenção e validação de resultados	60
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
5.1	DETERMINAÇÃO DO PERFIL DAS ASSOCIAÇÕES DE CATADORES DE CURITIBA	62
5.2	DETERMINAÇÃO DO PERFIL DAS EMPRESAS PARTICIPANTES DO ESTUDO	69
5.3	APLICAÇÃO DA ANÁLISE HIERÁRQUICA ÀS RESPOSTAS DA ANÁ- LISE SWOT	73
	CONCLUSÃO	79

REFERÊNCIAS 80

APÊNDICES 91

APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO - ASSOCIAÇÃO DE CATADORES 92

APÊNDICE 2 – QUESTIONÁRIO - EMPRESAS 97

1 INTRODUÇÃO

A gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) tem se tornado um desafio crescente nas sociedades contemporâneas, em especial devido ao aumento significativo da produção de resíduos e à complexidade de sua destinação final (SOUZA; ALMEIDA, 2020).

Dentro deste contexto, a logística reversa surge como uma estratégia essencial para a gestão sustentável dos resíduos, promovendo a recuperação de materiais e a redução dos impactos ambientais (SOUZA; ALMEIDA, 2020). Contudo, os resíduos de baixo valor de reciclabilidade ou de reciclagem limitada representam um obstáculo significativo, pois sua gestão eficiente é tecnicamente desafiadora e economicamente custosa (FERREIRA; GOMES, 2020).

A problemática dos resíduos sólidos é amplamente reconhecida, com destaque para os resíduos plásticos, que apresentam uma persistência ambiental elevada e são gerados em grandes volumes (OLIVEIRA, 2021). A legislação brasileira, com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e as normativas internacionais, como a Diretiva de Resíduos da União Europeia, estabelecem diretrizes para a gestão e disposição adequada dos resíduos, mas a implementação efetiva dessas normas enfrenta diversas barreiras, especialmente no que tange aos resíduos de difícil reciclabilidade (BRASIL, 2010; EP, 2008).

Um dos principais desafios é o comércio e a valorização dos materiais recicláveis. Estudos indicam que a logística reversa pode ser uma ferramenta poderosa para integrar resíduos ao ciclo produtivo, reduzindo a necessidade de extração de recursos naturais e os impactos ambientais associados (SILVA et al., 2019a).

No entanto, a falta de comprometimento de algumas empresas em adotar práticas sustentáveis e a ausência de incentivos econômicos robustos dificultam a expansão da reciclagem e o desenvolvimento de um mercado eficiente para esses materiais (FERREIRA; GOMES, 2020). A participação ativa das empresas é crucial para a eficácia das políticas de gestão de resíduos, sendo necessário um esforço conjunto entre governos, indústria e sociedade para superar os obstáculos existentes e promover uma economia circular de fato (FERREIRA; GOMES, 2020).

Nesse sentido, o presente trabalho teve como foco a gestão da logística reversa aplicada a embalagens e outros resíduos de baixo valor de reciclabilidade. Através de um estudo detalhado, buscou-se compreender os desafios técnicos, econômicos e ambientais envolvidos na gestão destes resíduos e propor soluções que promovam a sustentabilidade na cadeia de suprimentos.

Este estudo pretende contribuir para a discussão sobre a gestão sustentável dos resíduos sólidos, oferecendo *insights* práticos para a implementação de sistemas de logística reversa mais eficazes e sustentáveis. Ao abordar os desafios específicos dos resíduos de baixa reciclabilidade, espera-se promover uma gestão mais eficiente e integrada, alinhada com os princípios da economia circular e da sustentabilidade ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo analisar os desafios técnicos, econômicos e ambientais associados à reciclagem e/ou gestão de resíduos de baixo valor de reciclabilidade ou de reciclagem limitada, através de uma abordagem multicritério.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os impactos econômicos e ambientais da gestão dos resíduos sólidos urbanos de baixa reciclabilidade e de reciclagem limitada.
- Realizar uma avaliação mista, integrando o método AHP (Analytic Hierarchy Process) e a análise SWOT, para priorizar critérios e estratégias na gestão de resíduos de baixo valor de reciclabilidade e/ou de reciclagem limitada.
- Propor recomendações e sugestões para aprimorar a eficiência e eficácia da Logística Reversa e do tratamento de resíduos de baixo valor de reciclabilidade ou de reciclagem limitada.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

Desde os primórdios da civilização o ser humano gera resíduos. Inicialmente, eram compostos em sua totalidade por materiais orgânicos biodegradáveis como restos de alimentos, madeiras utilizadas em ferramentas e construções e os seus próprios dejetos, tornando os resíduos caracterizáveis como um subproduto da civilização. Todavia, estes eram facilmente assimilados pela natureza, não causando impactos significativos ao meio ambiente, já que eram absorvidos completamente pelo planeta (FREITAS, 2010).

Com o passar do tempo pode-se observar o rápido crescimento da população mundial, até que, principalmente com o advento da Revolução Industrial, a partir da segunda metade do século XVIII, e o subsequente desenvolvimento tecnológico, os padrões de consumo tornaram-se crescentes e a produção de bens e produtos mudaram drasticamente (GEYER et al., 2017).

Assim, materiais não biodegradáveis como plásticos, metais e produtos químicos sintéticos, passaram a compor uma parcela significativa dos resíduos sólidos gerados. Esta mudança levou à acumulação de resíduos duráveis no ambiente, gerando problemas ambientais e de saúde pública, devido à sua persistência e dificuldade de decomposição natural. Com isso, a disposição inadequada e a queima de resíduos a céu aberto passaram a ser amplamente praticadas na maioria dos países em desenvolvimento. Tal prática levou à criação de lixões, causando riscos significativos às residências vizinhas e ao meio ambiente (ABRELPE, 2015).

Com essa nova problemática, tornou-se necessária a criação de legislações e normativas que fossem capazes de determinar, caracterizar e auxiliar na resolução dessa situação mundial emergente.

A norma que apresenta a classificação de resíduos sólidos no Brasil é a NBR 10.004/24, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Seu objetivo principal é classificar os resíduos de acordo com sua toxicidade e periculosidade de maneira que possam ser gerenciados adequadamente, levando em consideração seus potenciais riscos à saúde e ao meio ambiente. Segundo a mesma, define-se resíduo sólido como materiais nos estados sólido e semissólido, provenientes de atividades de diversas origens, bem como lodos oriundos de sistemas de tratamento e determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água (ABNT, 2024).

De modo a auxiliar e complementar a NBR supracitada nas definições e considerações a respeito dos resíduos, criou-se a Lei 12.305, em 02 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) após duas décadas de debate no Congresso Brasileiro.

Em seu artigo 1º, a Lei 12.305/2010 *dispõe sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis* (BRASIL, 2010).

Esta, define resíduos sólidos como *“material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”* bem como denomina rejeito todo o *“resíduo sólido que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresente outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada”* (BRASIL, 2010).

Ademais, é na PNRS, em seu artigo 13, que se tem a classificação dos resíduos sólidos quanto à sua origem (domiciliares, de limpeza urbana, sólidos urbanos, de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, de saneamento básico, industriais, de serviços de saúde, de construção civil, agrossilvopastoris, de transportes e de mineração) e quanto à sua periculosidade (perigosos e não perigosos) (BRASIL, 2010). Os resíduos sólidos urbanos (RSU) referem-se aos resíduos gerados em atividades domésticas (resíduos domiciliares), de varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e serviços de limpeza urbana (BRASIL, 2019).

Com a criação das legislações supracitadas, o arcabouço legal brasileiro para Resíduos Sólidos se tornou equiparável ao europeu. No entanto, é uma iniciativa tardia se comparada à países como Alemanha, que instituiu a primeira lei de resíduos sólidos em 1972 e aos Estados Unidos, que teve início na sua jornada ao gerenciamento de resíduos através da Lei de Resíduos Sólidos (*Federal Solid Waste Disposal Act*) editada em 1965.

A Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia define resíduos de maneira similar à brasileira: *“Qualquer substância ou objeto de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer”* (EP, 2008). O que é evidenciado também em sua classificação, que denomina os resíduos como perigosos e não perigosos, apresentando listas específicas em seus anexos. Ademais, promove a prevenção, reutilização, reciclagem e recuperação de resíduos, alinhada ao

conceito de economia circular, estabelecendo metas para a reciclagem de resíduos municipais e embalagens e incentivando a responsabilidade ampliada do produtor (EP, 2008).

Nos Estados Unidos, a Lei de Conservação e Recuperação de Recursos, de 1976, também conhecida como RCRA, estabelece o marco regulatório para o controle de resíduos perigosos e não perigosos, desde a sua geração até o destino final, a ser gerido pela Agência de Proteção Ambiental (USEPA).

Todavia, a lei de resíduos sólidos nos EUA passou por muitas mudanças e complementações. Inicialmente, a lei instituída em 1965 garantia o uso adequado de aterros sanitários e lixões, objetivando estender sua vida útil. Em 1976 a RCRA trouxe premissas como proteger a saúde humana e o meio ambiente dos perigos oriundos da disposição de resíduos no solo, além de tratar de princípios como a redução e disposição adequada dos resíduos (JURAS, 2005).

Em 1980 a Lei de Responsabilidade, Compensação e Resposta Ambiental (CERCLA) foi criada, juntamente com um programa de descontaminação de sítios, que deu início ao princípio conhecido como poluidor pagador. É em 1990 que é promulgada a Lei de Prevenção da Poluição (*Pollution Prevention Act*), a qual trata da redução na fonte geradora e a valorização dos resíduos não evitáveis além de estabelecer uma hierarquia de métodos preferíveis de gerenciamento para resíduos sólidos municipais e resíduos industriais (JURAS, 2005).

Embora essas legislações tenham particularidades específicas, compartilham o objetivo de proteger o meio ambiente e a saúde pública. De maneira geral, a PNRS destaca-se pela integração social dos catadores e a logística reversa, a Diretiva 2008/98/CE enfatiza a economia circular e metas de reciclagem ambiciosas e a RCRA possui enfoque no controle rigoroso dos resíduos perigosos através de um sistema abrangente de gerenciamento.

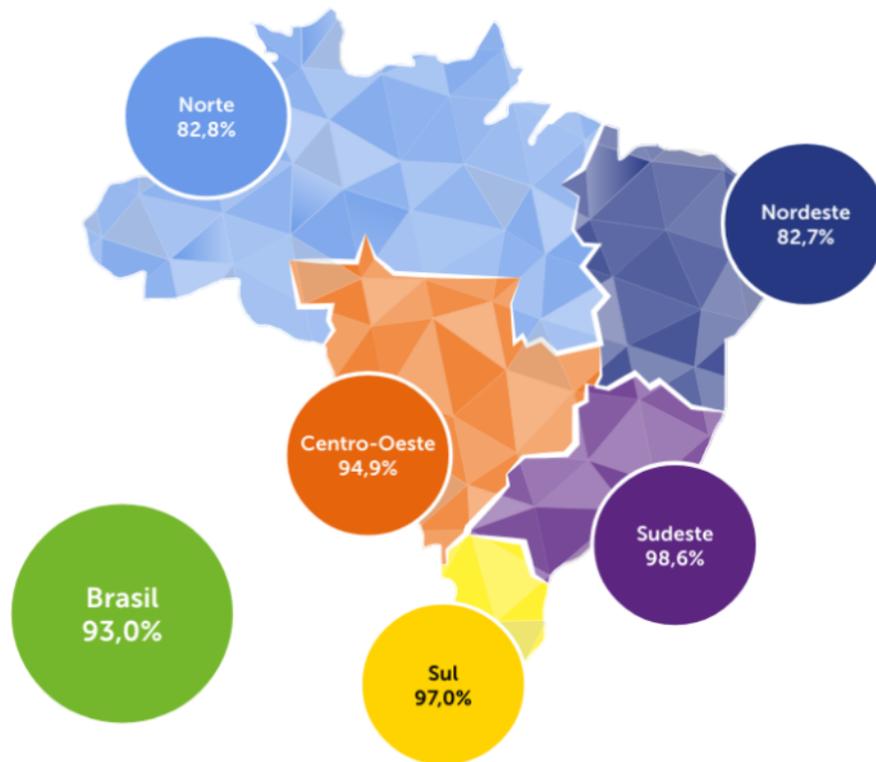
De volta ao contexto nacional, segundo o “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil” publicado em 2023, estima-se que o brasileiro tenha gerado, em média, 1,04 kg de RSU por dia durante o ano de 2022, totalizando 77,1 milhões de toneladas somente naquele ano. Isso corresponde a mais de 211 mil toneladas de resíduos gerados por dia, ou, aproximadamente, 380 kg/hab/ano (ABREMA, 2023).

Regionalmente, o Sudeste apresenta a maior geração de RSU per capita, com cerca de 449 kg gerados por habitante em 2022, representando cerca de 50% da geração nacional. Por outro lado, a região que menos contribui para o total nacional é a Norte, responsável pela geração de 15 mil toneladas diárias, o que equivale a 7,3% dos RSU do país (ABREMA, 2023), dados que são corroborados quando analisamos a população total de cada região, uma vez que a região Sudeste possuía quase 5 vezes

a população total da região Norte no ano de 2022 (84.840.113 hab vs. 17.354.884 hab) (IBGE, 2022).

Todavia, do total produzido, o Brasil coleta cerca de 93%, evidenciando que, embora pareça uma boa porcentagem, mais de 5 milhões de toneladas de RSU têm uma destinação final inadequada (Figura 1). Ademais, observa-se que nas regiões Norte e Nordeste o percentual ante mencionado não ultrapassa os 83%, expondo a falta de acesso à coleta de resíduos por parte dessa parcela da população e destacando as dificuldades regionais enfrentadas (ABREMA, 2023).

FIGURA 1 – PERCENTUAL DE RSU COLETADO POR REGIÃO COM BASE NO CENSO DEMOGRÁFICO 2022



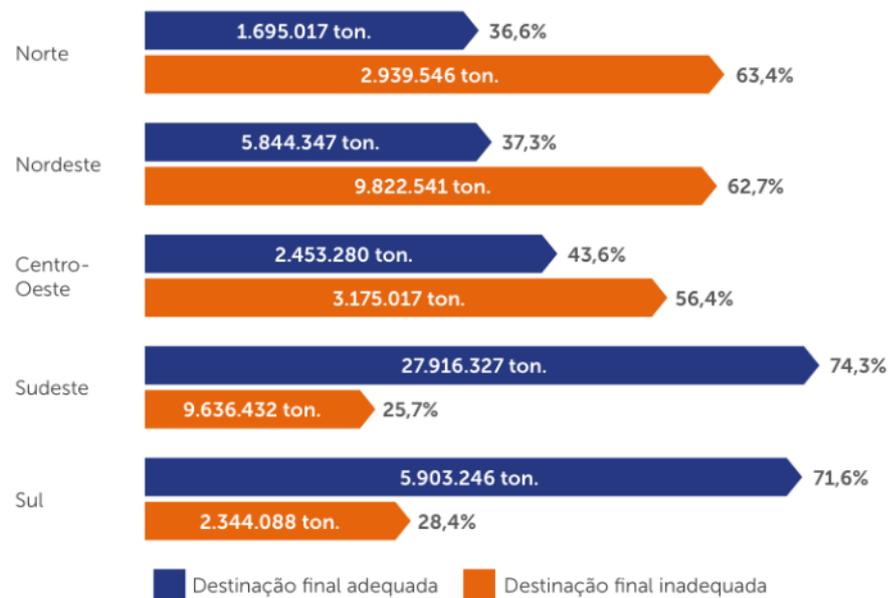
FONTE: ABREMA (2023)

Por fim, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos determina que, após a submissão dos RSU aos tratamentos e destinações disponíveis, os resíduos restantes, ou rejeitos, devem ser enviados para uma disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010). Em parâmetros nacionais, as instalações enquadradas nessa definição de disposição e que são atualmente acessíveis são os aterros sanitários. Estes, possuem, dentre outras tecnologias, a impermeabilização do solo, evitando contaminações, além de contarem com monitoramento ambiental e geotécnico da área. Lixões, aterros controlados, valas, vazadouros e áreas similares não possuem essa proteção ambiental e são considerados ambientalmente inadequados para a disposição final de

resíduos (ABRELPE, 2015).

No Brasil, conforme a Figura 2, estima-se que 61% dos RSU coletados em 2022 foram encaminhados para aterros sanitários, correspondendo a 43,8 milhões de toneladas de resíduos. Assim, cerca de 39% do total de resíduos coletados em 2022 no Brasil foram encaminhados a locais inadequados, evidenciando a urgência de alternativas que promovam a mudança dessa destinação, reduzindo assim este indicador resultado da soma de todas as regiões do país (ABREMA, 2023).

FIGURA 2 – DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU POR REGIÃO COM BASE NO CENSO 2022



FONTE: ABREMA (2023)

O que se conclui é que a necessidade de explorar alternativas para diminuir a quantidade de resíduos gerados e promover diferentes formas de destinação que não envolvam aterros é urgente e crucial para a sustentabilidade ambiental. O modelo atual de descarte em aterros sanitários não só consome vastas áreas de terra, mas também representa um risco significativo à saúde pública e ao meio ambiente, devido à potencial contaminação do solo e das águas subterrâneas que são fatores inerentes à obras de infraestrutura.

Portanto, a implementação de uma gestão integrada e sustentável de resíduos sólidos é imprescindível, uma vez que não só reduz a dependência de aterros, mas também contribui para a conservação dos recursos naturais e para a mitigação dos impactos ambientais, alinhando-se com os objetivos globais de desenvolvimento sustentável.

3.2 PLÁSTICOS NO PLANETA

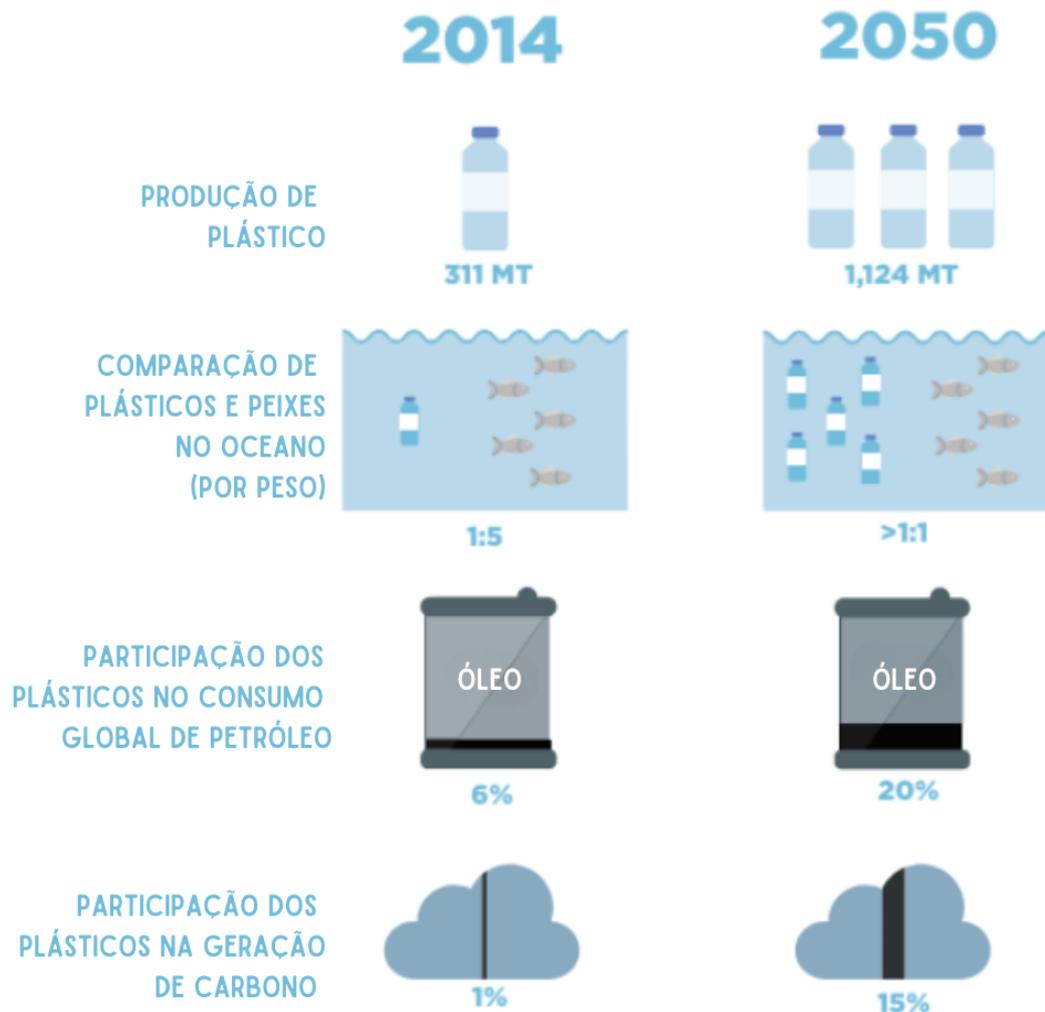
Os plásticos revolucionaram a sociedade moderna, trazendo inovações significativas em diversas áreas, desde a medicina até a indústria alimentícia. No entanto, os impactos ambientais e os desafios associados à gestão dos resíduos plásticos têm se tornado cada vez mais evidentes, exigindo uma reflexão aprofundada e ações concretas para mitigar seus efeitos.

Desde a invenção do primeiro plástico sintético, a baquelite, em 1907, a produção e o consumo de plásticos cresceram exponencialmente. A durabilidade dos plásticos, inicialmente vista como uma vantagem, revelou-se uma desvantagem significativa do ponto de vista ambiental, uma vez que muitos plásticos podem levar centenas de anos para se decompor (GEYER et al., 2017).

Ao analisar a evolução da produção de plásticos desde a década de 50 até o ano de 2015, Geyer et al. (2017) concluíram que, se a produção mantiver este ritmo, a humanidade terá produzido cerca de 26.000t de resinas, 6.000t de fibras PP&A, conhecidas por fibras de poliéster, poliamida e acrílico, e 2.000t de aditivos até o final do ano de 2050. As fibras PP&A incluem o poliéster, utilizado em tecidos e garrafas PET; a poliamida, conhecida como nylon, empregada em roupas esportivas e peças automotivas; e o acrílico, usado em substituição à lã em roupas e cobertores. Além disso, assumindo padrões de uso e projetando as tendências globais de gestão de resíduos para 2050, os autores afirmam ainda que aproximadamente 9.000t de resíduos plásticos terão sido recicladas, 12.000t incineradas e 12.000t descartadas em aterros ou no meio ambiente.

Os resíduos plásticos representam uma ameaça considerável aos ecossistemas terrestres e marinhos. Nos oceanos, os plásticos podem se fragmentar em microplásticos, que são ingeridos por organismos marinhos e entram na cadeia alimentar, afetando a saúde dos animais e, potencialmente, dos seres humanos (GEYER et al., 2017). Estudos indicam que, se a tendência atual de produção e descarte continuar, haverá mais plásticos do que peixes nos oceanos em termos de peso até 2050, como pode-se observar na Figura 3 (WEF, 2016).

FIGURA 3 – PREVISÃO DE CRESCIMENTO DO VOLUME DE PLÁSTICOS, EXTERNALIDADES E CONSUMO DE PETRÓLEO EM UM CENÁRIO DE NEGÓCIOS COMO DE COSTUME



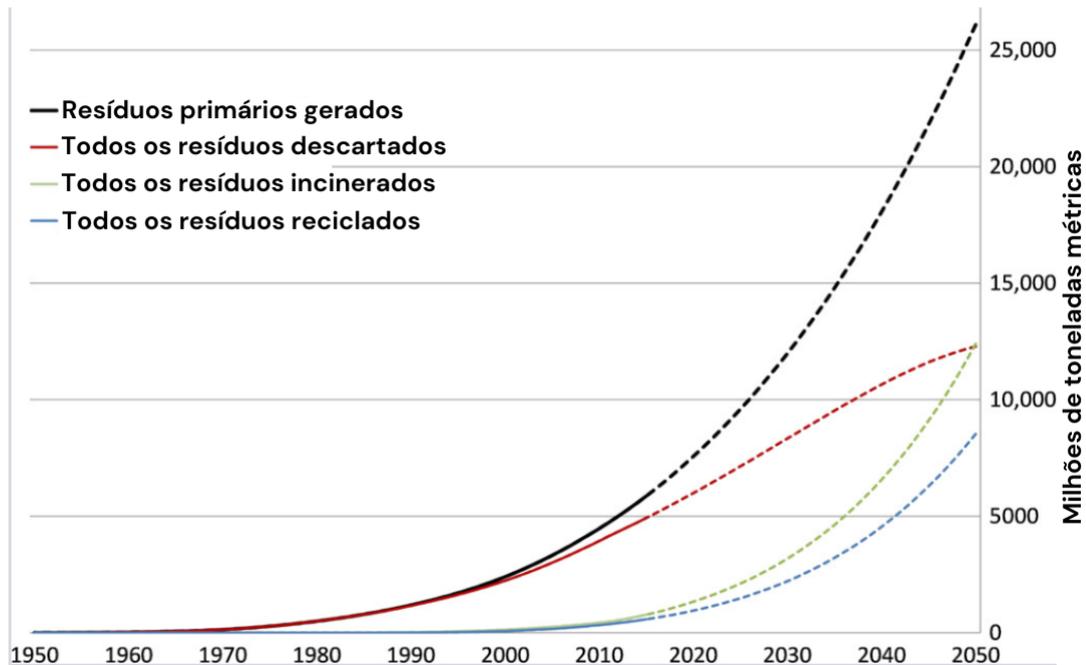
FONTE: Adaptado de WEF (2016)

Além dos impactos diretos na biodiversidade do planeta, os plásticos contribuem para a poluição dos solos e das águas, liberando substâncias químicas tóxicas extremamente prejudiciais. A queima de plásticos, uma prática comum em algumas regiões, libera poluentes perigosos, como dioxinas e furanos, que têm graves implicações para a saúde humana e o meio ambiente (UNEP, 2018).

Portanto, a gestão inadequada dos resíduos plásticos é um dos maiores desafios enfrentados em todo o mundo. Embora muitos países possuam sistemas de coleta seletiva e reciclagem, a taxa global de reciclagem de plásticos observada ainda é muito baixa, estando em torno de 9% (INTEGRITY, 2024). A Figura 4 mostra uma projeção

elaborada por Geyer et al. (2017), tendo como referência dados observados entre os anos de 1950 a 2015 da geração de resíduos sólidos e suas destinações até o ano de 2050, evidenciando e corroborando para a narrativa de que grande parte dos resíduos plásticos continuará não sendo destinada à reciclagem, levando à consequências preocupantes ao meio ambiente.

FIGURA 4 – GERAÇÃO E DESCARTE CUMULATIVO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS (EM MILHÕES DE TONELADAS)



FONTE: Adaptado de Geyer et al. (2017)

NOTA: As linhas sólidas mostram dados históricos de 1950 a 2015; as linhas tracejadas mostram projeções de tendências históricas até 2050.

Assim, para enfrentar a crise dos plásticos, diversas iniciativas estão sendo implementadas globalmente. A União Europeia, por exemplo, adotou a Diretiva de Plásticos de Uso Único, sendo essa uma normativa que proíbe certos produtos plásticos descartáveis, como talheres, pratos e canudos, além de impor metas de reciclagem mais rigorosas (EU, 2019). O mesmo também vêm sendo observado em outros países pelo mundo, como no Canadá e Índia, que também estão implementando medidas visando reduzir a utilização de plásticos descartáveis e promover alternativas mais sustentáveis.

No Brasil, o Projeto de Lei 1874/2022, propõe a obrigatoriedade da logística reversa de embalagens em todo o território nacional. Este projeto enfatiza a responsabilidade compartilhada entre fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes na gestão dos resíduos de embalagens, objetivando principalmente garantir a coleta e a destinação adequada desses materiais, minimizando os impactos ambientais negativos (BRASIL, 2022a).

Outrossim, também em tramitação, o PL 2524/2022 foca na regulamentação da logística reversa de embalagens de produtos alimentícios. Este projeto visa estabelecer diretrizes específicas para a coleta, reutilização e reciclagem de embalagens de alimentos, destacando a importância da segurança alimentar e da sustentabilidade. A proposta também incentiva a criação de sistemas integrados de gestão de resíduos, facilitando a colaboração entre o setor público e privado (BRASIL, 2022b).

Adicionalmente, o Projeto de Lei nº 1228/2020 aborda a proibição de produtos plásticos de uso único em território nacional, propondo a substituição desses materiais por alternativas biodegradáveis ou reutilizáveis. Essa proposta visa reduzir a poluição plástica, que representa um dos maiores desafios ambientais contemporâneos, contribuindo para a proteção dos ecossistemas marinhos e terrestres. O PL prevê penalidades para o descumprimento, como multas e suspensão de alvarás, reforçando a urgência de ações que alinhem as legislações brasileiras às campanhas internacionais de combate à poluição plástica, como a #AcabeComAPoluiçãoPlástica, da ONU (BRASIL, 2020).

Esses projetos de lei representam avanços importantes na legislação ambiental brasileira, reforçando o compromisso com a sustentabilidade e a responsabilidade socioambiental, além de estabelecer bases para uma transição sustentável na produção e consumo de materiais no país.

Ademais, inovações tecnológicas estão sendo estudadas e desenvolvidas objetivando a criação de plásticos biodegradáveis e compostáveis, que se decompõem mais rapidamente e têm menor impacto ambiental. E, além disso, a pesquisa em novos tipos de materiais, como bioplásticos derivados de fontes renováveis, está ganhando impulso e visibilidade como uma alternativa viável aos plásticos convencionais utilizados em ampla escala (UNEP, 2018).

De maneira geral, o que se observa é que a crise dos plásticos exige uma abordagem multifacetada, que inclui políticas públicas eficazes, inovação tecnológica, educação ambiental e mudanças nos padrões de consumo. Somente através de um esforço conjunto global será possível mitigar os impactos dos plásticos no planeta e assegurar um futuro sustentável para as próximas gerações (EU, 2019).

3.3 POLIPROPILENO (PP), POLIPROPILENO ORIENTADO BIAXIALMENTE (BOPP) E POLIESTIRENO (PS)

A logística reversa de embalagens de Polipropileno (PP), Polipropileno Orientado Biaxialmente (BOPP) e Poliestireno (PS) é um desafio significativo devido às baixas taxas de reciclabilidade e ao valor econômico das tecnologias envolvidas no processo de reciclagem (FIRSTA GROUP, s.d.). A composição química e os processos

material com maior clareza, resistência à tração e melhores propriedades de barreira contra vapor d'água e oxigênio (YANG et al., 2019). Suas aplicações incluem etiquetas de embalagens, filmes de embalagens alimentícias e embalagens metálicas, como exemplificado na Figura 6, destacando-se pela resistência e capacidade de adesão sem necessidade de adesivos tradicionais (YANG et al., 2019).

FIGURA 6 – EXEMPLO DE PLÁSTICO BOPP



FONTE: OpenAI (2024)

Por fim, o Poliestireno (PS) é um polímero versátil disponível em várias formas, como atático, sindiotático e isotático, amplamente utilizado em embalagens de alimentos, utensílios domésticos e componentes automotivos devido à sua clareza e facilidade de moldagem, como observado na Figura 7 (ZHANG; LI, 2020). Outrossim, o PS é produzido pela polimerização do estireno, que é um derivado petroquímico onde suas moléculas, que são menores, são combinadas para formar cadeias longas de polímero de poliestireno. Dessa forma, suas aplicações incluem embalagens de alimentos (como potes de iogurte), componentes automotivos, revestimentos de eletrodomésticos e materiais de flutuação (ZHANG; LI, 2020).

FIGURA 7 – EXEMPLO DE PLÁSTICO PS



FONTE: OpenAI (2024)

Quanto à reciclabilidade, o BOPP, apesar dos desafios históricos, pode ser reciclado junto com embalagens de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) devido a avanços tecnológicos recentes (YANG et al., 2019). Já o PP, embora totalmente reciclável, enfrenta uma taxa de reciclagem relativamente baixa devido a desafios logísticos e econômicos, sendo frequentemente transformado em produtos de menor valor, como fibras e materiais de construção (PARK; KIM, 2019). Quanto ao PS, sua baixa densidade e dificuldades na coleta e processamento tornam a reciclagem complexa, embora protocolos para avaliação de reciclabilidade estejam sendo desenvolvidos para melhorar suas taxas de reciclagem (ZHANG; LI, 2020).

Em suma, o que é consenso entre os autores é que a logística reversa de embalagens de BOPP, PP e PS enfrenta desafios significativos devido às baixas taxas de reciclabilidade e ao valor econômico dessas reciclagens. No entanto, avanços tecnológicos e melhorias nos processos de reciclagem têm o potencial de aumentar a reciclabilidade desses materiais (SILVA, 2020; YANG et al., 2019).

3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE BAIXO VALOR DE RECICLABILIDADE OU RECICLAGEM LIMITADA

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) representam um desafio crescente em nível global devido ao aumento da população e do consumo. Dentro desse contexto, os resíduos de baixo valor de reciclabilidade ou com reciclagem limitada emergem como um problema significativo. Esses resíduos incluem materiais que, por suas características físicas, químicas ou econômicas, são difíceis de reciclar (OLIVEIRA et al., 2019). Entre os exemplos comuns estão as embalagens multicamadas, plásticos mistos e não identificáveis, produtos de higiene pessoal como fraldas e absorventes, têxteis mistos, vidros coloridos e cerâmica (OLIVEIRA et al., 2019).

A complexidade desses materiais muitas vezes impede a reciclagem eficiente. Por exemplo, as embalagens multicamadas, frequentemente utilizadas para alimentos e bebidas, combinam plástico, metal e papel, dificultando sua separação e reciclagem. A contaminação é outro fator crítico, estudos de Oliveira et al. (2019) apontam que resíduos que entram em contato com alimentos ou produtos químicos e podem estar contaminados, tornando o processo de reciclagem impraticável ou economicamente inviável. Além disso, a falta de tecnologias adequadas para tratar esses materiais e o baixo valor de mercado para produtos que têm potencial de serem reciclados apesar de seu baixo valor agregado desestimulam os investimentos necessários para que seja feita a reciclagem dos mesmos (HOORNWEG; BHADA-TATA, 2012; JAMBECK et al., 2015).

Assim, os principais desafios na gestão desses resíduos incluem a logística reversa e coleta seletiva que, em muitas regiões do mundo, podem ser difíceis e custosas, muitas vezes não justificando o esforço econômico. A tecnologia e infraestrutura adequadas para o tratamento e reciclagem desses resíduos também são escassas, contribuindo na limitação da gestão dos processos de reciclagem desses materiais em específico (UNEP, 2018; GEYER et al., 2017).

Desse modo, para enfrentar esses desafios, diversas soluções e alternativas têm sido propostas. Entre elas, destaca-se o redesign de produtos para que sejam mais fáceis de reciclar e a inovação tecnológica, investindo em tecnologias que possam viabilizar a reciclagem de materiais complexos (UNIJORGE, 2023).

Alguns países têm se destacado na implementação de sistemas eficientes de gestão de resíduos. A Alemanha, por exemplo, implementou sistemas de depósito e retorno para embalagens de bebidas, incentivando a devolução e reciclagem de materiais que, de outra forma, seriam descartados (EEA, 2020).

Já no Brasil, embora ainda possua muito a evoluir e melhorar, a Política Nacional de Resíduos Sólidos busca integrar os diferentes atores na gestão desses resíduos,

promovendo a responsabilidade compartilhada dos produtos (BRASIL, 2010). Ademais, os acordos setoriais de embalagens desempenham um papel crucial na promoção da logística reversa no Brasil. Estes acordos, estabelecidos entre o governo, fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, definem metas e responsabilidades compartilhadas para a gestão adequada das embalagens ao final de sua vida útil (COALIZÃO EMBALAGENS, 2015). Por exemplo, o Acordo Setorial de Embalagens em Geral, coordenado pela Agência Nacional de Meio Ambiente (ANMA), visa aumentar a reciclagem e a destinação correta das embalagens pós-consumo, incentivando práticas sustentáveis entre os agentes envolvidos (COALIZÃO EMBALAGENS, 2015). Dessa forma, essas iniciativas não apenas fortalecem a infraestrutura de reciclagem no país, mas também fomentam a conscientização e a participação ativa dos consumidores, contribuindo para a redução do impacto ambiental dos resíduos sólidos urbanos (COALIZÃO EMBALAGENS, 2015).

Um estudo recente de Smith et al. (2021) analisou os resíduos plásticos coletados em áreas urbanas e constatou que uma proporção significativa desses resíduos consistia em plásticos de baixo valor para reciclagem. Esses plásticos incluíam uma variedade de itens descartáveis, como embalagens de alimentos, (tais como de bolos e pães), sacolas plásticas e utensílios descartáveis.

A principal preocupação levantada foi a dificuldade de reciclar esses materiais devido à sua composição e contaminação (SMITH et al., 2021).

Os resultados mostraram que esses plásticos de baixo valor não só apresentam desafios técnicos para a reciclagem, mas também econômicos, uma vez que o custo de processamento supera o valor do material reciclado (SMITH et al., 2021). A complexidade do tratamento de plásticos contaminados com restos de alimentos ou outros resíduos impede a reciclagem eficiente, ocasionando o frequente encaminhamento para aterros sanitários ou para a incineração, contribuindo significativamente para a poluição ambiental (SMITH et al., 2021).

O estudo de Smith et al. (2021) sugere ainda que soluções para a reciclagem desses plásticos de baixo valor devem incluir a melhoria das tecnologias de separação e limpeza, bem como o desenvolvimento de novos mercados para materiais reciclados. Além disso, políticas públicas e campanhas de conscientização sobre a redução do uso de plásticos descartáveis podem ajudar a mitigar a quantidade de resíduos plásticos urbanos que acabam não sendo reciclados (SMITH et al., 2021).

Em outro estudo, realizado por Chen et al. (2020), abordou-se as questões relacionadas à reciclabilidade de diferentes tipos de plásticos. Os autores afirmam que muitos plásticos de uso comum, como PVC e poliestireno, são de baixo valor para reciclagem devido à sua composição química complexa e à presença de aditivos, que dificultam o processo de reciclagem, tornando-os menos atraentes para as empresas,

uma vez que esses fatores dificultam a separação e a purificação dos materiais durante o processo de reciclagem, resultando em produtos reciclados de qualidade inferior (CHEN et al., 2020).

O estudo revelou que a reciclagem de PVC e poliestireno é particularmente problemática porque esses plásticos contêm vários aditivos que podem ser tóxicos ou difíceis de remover (CHEN et al., 2020). Isso, além de complicar o processo de reciclagem, também limita as aplicações dos materiais reciclados, reduzindo a viabilidade econômica dos mesmos. Além disso, a contaminação por outros tipos de resíduos plásticos e não plásticos dificulta ainda mais a reciclagem eficiente desses materiais (CHEN et al., 2020).

Para melhorar a reciclabilidade desses plásticos, Chen et al. (2020) sugerem o desenvolvimento de novos métodos de reciclagem que possam lidar com a complexidade química e a contaminação. Alguns exemplos citados pelos autores são de tecnologias emergentes, como a reciclagem química, que pode oferecer soluções mais eficazes para a reciclagem de PVC e poliestireno. Além disso, a implementação de regulamentos mais rígidos sobre o uso de aditivos e a promoção de plásticos mais fáceis de reciclar também são recomendadas (CHEN et al., 2020).

Em última análise, a gestão dos resíduos de baixo valor de reciclabilidade representa um desafio significativo para a sustentabilidade ambiental (SMITH et al., 2021; CHEN et al., 2020). A combinação de redesign de produtos, inovação tecnológica, iniciativas de economia circular, educação e políticas públicas eficientes é essencial para mitigar os impactos ambientais desses resíduos. Desse modo, a adoção dessas medidas simples podem transformar um problema complexo em oportunidades para um desenvolvimento mais sustentável (JAMBECK et al., 2015).

3.5 COLETA SELETIVA E SISTEMAS DE RECICLAGEM

Os sistemas de reciclagem desempenham um papel vital na gestão de resíduos sólidos em todo o mundo e a coleta seletiva é uma das estratégias fundamentais para viabilizar a reciclagem eficiente. A coleta seletiva consiste na separação dos resíduos em diferentes categorias, como papel, plástico, vidro e metal, ainda na fonte geradora, ou seja, nos lares, estabelecimentos comerciais e industriais. Essa separação prévia dos materiais facilita o processo de reciclagem, pois os materiais já chegam às instalações de triagem e processamento de resíduos devidamente separados e prontos para serem reciclados.

Estudos científicos têm demonstrado os benefícios da coleta seletiva para o meio ambiente, a economia e a sociedade. Segundo dados do estudo de Rodrigues et al. (2020), a coleta seletiva contribui significativamente para a redução da quantidade de

resíduos enviados para aterros sanitários, minimizando assim os impactos ambientais associados à disposição inadequada de resíduos (RODRIGUES et al., 2020).

Além disso, a reciclagem de materiais provenientes da coleta seletiva permite a redução da demanda por matérias-primas virgens, promovendo a conservação de recursos naturais e a mitigação dos impactos ambientais relacionados à sua extração e produção (PIZARRO et al., 2018).

Outrossim, a coleta seletiva também possui benefícios econômicos significativos, como destacado por Sutthar (2017), que enfatiza em seu estudo que a reciclagem de materiais recolhidos através da coleta seletiva gera empregos na cadeia produtiva da reciclagem, desde a coleta e triagem até o processamento e comercialização dos materiais reciclados, além de gerar receita por meio da venda de materiais recicláveis, contribuindo para a economia local e regional em que esse sistema encontra-se incluso (SUTTHAR, 2017).

Dessa forma, no contexto social, a coleta seletiva pode promover a inclusão social e a geração de renda para grupos vulneráveis, como os catadores de materiais recicláveis. Pesquisas como as de Machado et al. (2019) evidenciam que a organização de cooperativas de catadores e sua inserção nas atividades de coleta seletiva contribuem para a melhoria das condições de trabalho e de vida desses trabalhadores, além de promover sua integração social e o reconhecimento de sua importância para o sistema de reciclagem (MACHADO et al., 2019).

Diante desses aspectos, torna-se evidente a importância da coleta seletiva como estratégia fundamental para a promoção da reciclagem e para a construção de sociedades mais sustentáveis e resilientes. Assim, a fim de minimizar o impacto dos resíduos e melhorar a sua gestão, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos - PLANARES propôs metas objetivando cumpri-las no horizonte de 2024 a 2040, das quais pode-se destacar a eliminação de lixões e aterros controlados até 2024, a recuperação de resíduos recicláveis por processos de reciclagem e a recuperação e aproveitamento energético por meio do tratamento térmico (PLANARES, 2022).

Ademais, ainda no âmbito nacional, em questões de reciclagem, muitos municípios utilizam os serviços de catadores ainda de maneira informal (PLANARES, 2022). Segundo dados do SNIS, em cerca de 75% dos municípios respondentes é declarada a presença de catadores e 24% contam com organizações formais de cooperativas e associações, no entanto, somente 3,7% dos municípios possuem contrato formalizado com esses trabalhadores (PLANARES, 2022). Tendo em vista que a formalização destes contratos reduz a insegurança e a vulnerabilidade deste grupo, além de garantir a sua emancipação e profissionalização, melhorando o serviço e remuneração dos mesmos, projetou-se, como quinta meta do PLANARES, elaborado em 2022, a meta de 95% de formalização de contratos com cooperativas e associações de catadores,

para os municípios que utilizam esse serviço até 2040 como pode ser observado no Quadro 1 (PLANARES, 2022).

QUADRO 1 – INDICADOR GLOBAL 5 - PROJEÇÕES EM PERCENTUAL DOS MUNICÍPIOS COM PRESENÇA DE CATADORES COM CONTRATO FORMALIZADO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE MANEJO DE MATERIAIS RECICLÁVEIS POR COOPERATIVAS E ASSOCIAÇÕES DE CATADORES.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	3%	21,4%	39,8%	58,2%	76,6%	95%
Nordeste	2,4%	20,9%	39,4%	58%	76,5%	95%
Centro-Oeste	9,9%	26,9%	43,9%	60,9%	78%	95%
Sudeste	11,7%	28,4%	45%	61,7%	78,3%	95%
Sul	4,4%	22,6%	40,7%	58,8%	76,9%	95%
Brasil	7,9%	24,5%	42,1%	59,7%	77,4%	95%

FONTE: PLANARES (2022)

Desse modo, a questão da reciclagem se mostra crucial para a sustentabilidade ambiental e a gestão adequada de resíduos em níveis local, nacional e global. Curitiba, capital do estado do Paraná, se destaca por seu modelo de gestão de resíduos sólidos, que inclui um sistema integrado de coleta seletiva e reciclagem. Segundo dados de sua Secretaria Municipal do Meio Ambiente, a cidade alcança índices elevados de reciclagem, com aproximadamente 70% dos RSU deixando de chegar aos aterros sanitários por meio de programas de coleta seletiva e reciclagem (CURITIBA, s.d.).

Um dos pilares do sistema de reciclagem de Curitiba é o programa de coleta seletiva, que abrange a maior parte da cidade e envolve principalmente a sociedade civil através da separação dos resíduos recicláveis nas residências pelos próprios moradores. Como pode-se observar na Figura 8, esses materiais são coletados por caminhões específicos e encaminhados para cooperativas de catadores, onde são triados e preparados para reciclagem (CURITIBA, s.d.).

FIGURA 8 – COLETA DE RESÍDUO DOMICILIAR, NA CIDADE DE CURITIBA



FONTE: Curitiba (s.d.)

De acordo com o relatório "*Sustainable Cities Index 2022*", Curitiba é um exemplo notável de como a gestão eficiente de resíduos pode contribuir para a sustentabilidade urbana. Segundo o relatório, publicado pela Corporate Knights, Curitiba é a mais sustentável da América Latina e a 14^a no mundo (KNIGHTS, 2022).

Outrossim, no cenário internacional, várias cidades e países têm implementado políticas e programas inovadores de reciclagem, buscando reduzir o impacto ambiental dos resíduos e promover uma economia circular. O governo da cidade de Tóquio, no Japão, lançou em 2019 uma política focada em empresas e cidadãos para redução do uso de plásticos descartáveis, tendo em vista a questão da poluição marinha. A meta é diminuir a incineração de plásticos em 40% até 2030 (TMG, s.d.).

São Francisco, nos Estados Unidos, alcançou uma taxa de reciclagem de mais de 84% dos resíduos sólidos urbanos ainda em 2014, tornando-se uma das cidades mais recicladoras do mundo (BRAGA; RIBEIRO, 2018). Tal índice foi alcançado graças a iniciativas como um sistema robusto englobando legislação avançada, processos tecnológicos inovadores e forte engajamento comunitário. Além disso, a cidade implementou a separação obrigatória dos resíduos em três categorias (recicláveis, orgânicos e rejeitos) e adotou o princípio do aterro zero, com metas ambiciosas de não enviar nenhum resíduo para aterros sanitários até 2020, fazendo com que se tornasse um paradigma mundial na gestão de resíduos sólidos urbanos (BRAGA; RIBEIRO, 2018).

Outro bom exemplo observado é a Suécia, que possui grande histórico na busca por soluções sistêmicas e na formulação de políticas voltadas para a sustentabilidade, datando desde a implementação da primeira proibição de descarte de esgotos

não tratados em 1956 (ISHOLA; TILLI, 2020). Um exemplo dessa expertise está na gestão sustentável de resíduos, que abrangem a prática da reciclagem de materiais, o tratamento biológico de resíduos orgânicos para a produção de biogás e compostos e a recuperação de energia (ISHOLA; TILLI, 2020). Atualmente, apenas uma pequena parcela, de aproximadamente 0,7%, dos resíduos domésticos é destinada a aterros sanitários. Já os resíduos encaminhados à incineração fornecem energia, essa, aplicada no fornecimento de aquecimento e refrigeração urbana, bem como na geração de eletricidade. E, por fim, o biogás gerado a partir de resíduos orgânicos é utilizado como fonte de combustível para os ônibus urbanos (ISHOLA; TILLI, 2020).

3.6 SISTEMA DE LOGÍSTICA REVERSA

A logística reversa é uma abordagem essencial para promover a sustentabilidade ambiental e a economia circular pois visa recuperar, reciclar e reutilizar materiais descartados, reduzindo assim o impacto ambiental e contribuindo para a conservação de recursos naturais. Esse conceito engloba o retorno de produtos, embalagens e materiais pós-consumo ao ciclo produtivo, seja para reciclagem, reutilização, remanufatura ou descarte adequado (MORO; SOUZA, 2020). Um dos principais pilares da logística reversa é a responsabilidade compartilhada entre os diversos atores envolvidos no ciclo de vida dos produtos, incluindo fabricantes, distribuidores, varejistas, consumidores e órgãos governamentais. Cada parte tem um papel específico a desempenhar na implementação eficaz da logística reversa, desde a coleta e separação adequadas dos resíduos até o seu correto encaminhamento para reciclagem ou disposição final (LEITE, 2009). Segundo Leite (2009), logística reversa pode ser entendida como um processo adicional à logística tradicional pois, enquanto a primeira busca levar os produtos dos fornecedores até os clientes, a logística reversa completa o ciclo, buscando o retorno dos produtos já utilizados nos diversos pontos de consumo até sua origem.

Portanto, o que se observa é que a legislação desempenha um papel crucial na promoção da logística reversa, estabelecendo diretrizes, metas e obrigações para os diversos setores da economia. No Brasil, a responsável é a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010. A PNRS exige a organização e a implementação do fluxo de logística reversa para produtores, importadores, distribuidores e varejistas de produtos selecionados: pesticidas (resíduos e embalagens), baterias, pneus, lubrificantes (resíduos e embalagens), lâmpadas fluorescentes e resíduos eletrônicos. Esta cadeia reversa legalmente exigida deve cumprir o acordo setorial; considerar viabilidade técnica e econômica, impactos sociais e ambientais (BRASIL, 2010).

Além dos aspectos legais, a logística reversa requer infraestrutura adequada e sistemas eficientes de coleta, triagem e reciclagem. A colaboração entre o setor

público, o setor privado e a sociedade civil é fundamental para o desenvolvimento e aprimoramento desses sistemas. A educação ambiental também desempenha um papel importante na conscientização dos consumidores sobre a importância da separação correta dos resíduos e no estímulo ao consumo consciente e sustentável (ABRAMOVAY et al., 2013).

Ademais, a logística reversa apresenta uma série de benefícios ambientais, econômicos e sociais. Em termos ambientais, contribui para a redução da quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários, a conservação de recursos naturais e a mitigação dos impactos ambientais associados à extração e produção de matérias-primas virgens (TIBOLA, 2015). Do ponto de vista econômico, gera oportunidades de negócios e empregos na cadeia produtiva da reciclagem e da remanufatura. E, por fim, socialmente, promove a inclusão de catadores e trabalhadores informais na economia formal, além de contribuir para a melhoria da qualidade de vida em comunidades vulneráveis (TIBOLA, 2015).

De maneira Geral, a logística reversa é uma ferramenta poderosa para promover a transição para uma economia mais sustentável e circular. Por meio da cooperação entre os diversos atores e da implementação de políticas e práticas eficazes, é possível maximizar os benefícios da logística reversa e contribuir para a construção de um futuro mais sustentável e resiliente (SILVA, 2021).

A logística reversa é um conceito fundamental para a gestão eficiente de resíduos e a promoção da sustentabilidade ambiental. Tanto no Brasil quanto em nível global, esse sistema desempenha um papel crucial na transição para uma economia mais circular, na qual os materiais descartados são recuperados, reciclados e reintegrados ao ciclo produtivo (LEITE, 2009).

No entanto, apesar dos avanços proporcionados pela PNRS, a implementação efetiva da logística reversa no Brasil ainda enfrenta desafios significativos, como a falta de infraestrutura adequada, a baixa conscientização dos consumidores e a necessidade de maior cooperação entre os diferentes setores da sociedade (RODRIGUES, 2017).

Um estudo feito por Vergara (2013) foi realizado com clientes de quatro redes varejistas do ramo de supermercados da grande Curitiba. Estas, possuem parcerias com empresas terceirizadas para recolher os resíduos e encaminhar para a reciclagem. No entanto, a pesquisa de campo realizada com 353 consumidores verificou que 70% desconhecem as políticas de retorno dos supermercados, mas que, mesmo se conhecessem, não retornariam embalagens e produtos, ainda que pudessem fazer, pelo simples fato de não terem esse hábito. Todavia, 88% dos entrevistados disseram separar o lixo reciclável do orgânico em suas casas, bem como afirmaram estar cientes de que a sustentabilidade é algo importante.

Seguindo esse viés, Rodrigues et al. (2016) afirmam que as práticas de gestão da logística reversa identificadas e apresentadas em estudos dessa área podem ajudar todos os envolvidos diretamente no processo de logística reversa a mitigar os impactos do descarte de resíduos, evitando toneladas de materiais nos aterros sanitários e garantindo sua reciclagem.

Em nível global, diversos países têm adotado políticas e programas de logística reversa como parte de suas estratégias de gestão de resíduos. Na União Europeia, por exemplo, a Diretiva de Resíduos estabelece metas ambiciosas para a reciclagem e incentiva a implementação de sistemas de logística reversa para embalagens, equipamentos elétricos e eletrônicos, pneus e veículos fora de uso (EEA, 2020).

Ademais, nos Estados Unidos, embora a legislação sobre logística reversa varie de estado para estado, muitos possuem leis específicas que exigem a implementação de programas para produtos como eletrônicos, pneus e embalagens. Além disso, grandes empresas também têm implementado programas de logística reversa para facilitar a devolução e reciclagem de produtos, como é o caso da empresa Amazon (ZHANG; LI, 2020).

Muitos estudos analisaram experiências de logística reversa em diferentes países, destacando explicitamente as diferenças de motivação em diversos programas de devolução (motivações ambientais, econômicas e legais). Essas diferentes motivações têm influência direta na estratégia de gestão do fluxo de processo de logística reversa. Apesar das semelhanças nos objetivos, existem diferenças significativas nos sistemas de logística reversa entre países, devido a fatores como legislação, infraestrutura e condições socioeconômicas (COSTA; LUCIAN, 2008).

Em todos os contextos, no entanto, a logística reversa é fundamental para promover a economia circular, reduzir o impacto ambiental dos resíduos e estimular a reciclagem e reutilização de materiais. Ao incentivar a responsabilidade compartilhada e a cooperação entre os diferentes atores da cadeia produtiva, a logística reversa contribui para a construção de um modelo mais sustentável de produção e consumo (GOVINDAN et al., 2015).

3.7 COPROCESSAMENTO DE RSU

O sistema de coprocessamento é uma estratégia considerada sustentável para o tratamento de resíduos, especialmente resíduos sólidos industriais e resíduos perigosos. Esse método envolve a utilização de resíduos como combustível alternativo em fornos de cimento, aproveitando seu poder calorífico para substituir parcialmente o combustível tradicional, como o carvão mineral (GHOSH et al., 2020).

Um dos principais benefícios do coprocessamento é a redução do uso de

recursos naturais não renováveis, como o carvão mineral, e a mitigação do impacto ambiental associado à sua extração e transporte (GHOSH et al., 2020). No entanto, embora frequentemente promovido como uma solução para reduzir a emissão de gases de efeito estufa e outros poluentes atmosféricos, o coprocessamento pode apresentar riscos significativos. A queima de resíduos em altas temperaturas pode liberar substâncias tóxicas, como metais pesados e dioxinas, que são prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. Assim, eficácia na destruição de compostos orgânicos voláteis nem sempre é garantida, o que pode resultar na persistência de poluentes nocivos no ar (KIM; PHAE, 2022).

No Brasil, o coprocessamento é regulamentado por legislações específicas, tanto em nível nacional quanto estadual. Ademais, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, estabelece diretrizes para a gestão adequada de resíduos e incentiva a adoção de tecnologias de recuperação energética consideradas sustentáveis na realidade nacional, como o coprocessamento, para o tratamento e destinação final dos resíduos sólidos (GHOSH et al., 2020).

Além dos supostos benefícios ambientais, o coprocessamento também é frequentemente citado como uma estratégia econômica para as empresas e a sociedade. No entanto, a utilização de resíduos como combustível alternativo pode, na realidade, mascarar os verdadeiros custos ambientais e sociais. A redução dos custos de produção nas indústrias cimenteiras pode vir à custa da saúde pública e do meio ambiente, devido à liberação de poluentes tóxicos durante a queima de resíduos. Além disso, os empregos gerados na cadeia produtiva do cimento muitas vezes não compensam os impactos negativos na qualidade do ar e nas condições de vida das comunidades próximas às fábricas de cimento (KIM; PHAE, 2022).

Um estudo de Viana et al. (2019) destaca que a PNRS impulsionou o desenvolvimento de tecnologias de coprocessamento no país, especialmente na indústria cimenteira. A pesquisa aponta que a implementação do coprocessamento no Brasil tem sido bem-sucedida em reduzir a demanda por recursos naturais e mitigar os impactos ambientais associados à produção de cimento.

No entanto, apesar de seus benefícios, o coprocessamento ainda enfrenta desafios e limitações, como a necessidade de investimentos em infraestrutura e tecnologia, a garantia da qualidade e segurança dos resíduos utilizados, e o monitoramento constante dos impactos ambientais e na saúde humana. Em consoante, um estudo de Almeida et al. (2020) destaca a necessidade de aprimoramento das políticas públicas e regulamentações relacionadas ao coprocessamento no Brasil, especialmente no que diz respeito à definição de critérios de qualidade para os resíduos utilizados, devido à sua heterogeneidade, e à monitorização dos impactos ambientais.

O sistema de coprocessamento de resíduos é uma prática adotada globalmente,

mas suas implementações e eficácias variam entre os países que o utilizam. Em comparação com o Brasil, países como os Estados Unidos e alguns países europeus têm uma longa história de práticas de coprocessamento. Pesquisas como o estudo de Soret et al. (2016) mostram que o coprocessamento é amplamente utilizado na Europa como uma estratégia para reduzir a dependência de combustíveis fósseis na indústria cimenteira e promover a gestão sustentável de resíduos.

Ademais, um aspecto interessante é a abordagem regulatória adotada em diferentes países. Enquanto alguns países, como a Alemanha, têm regulamentações rigorosas para garantir a qualidade dos resíduos utilizados no coprocessamento (ZHANG et al., 2019), outros, como os Estados Unidos, adotam uma abordagem mais flexível, permitindo uma ampla gama de resíduos a serem coprocessados (MENDES, 2021).

Em resumo, o coprocessamento de resíduos é uma prática importante tanto no Brasil quanto em outros países. Todavia, os fatores supracitados indicam que, embora o coprocessamento possa ser uma solução prática para a gestão de resíduos, ele não é a opção mais sustentável ou segura disponível. Por fim, pesquisas indicam que a promoção de tecnologias mais limpas e o desenvolvimento de políticas públicas que incentivem a reciclagem e a redução na geração de resíduos seriam abordagens mais eficazes a longo prazo (ALMEIDA et al., 2020). Assim, a transição para uma economia circular, onde os materiais são continuamente reutilizados e reciclados, oferece uma solução mais sustentável e resiliente para a gestão de resíduos.

Por fim, o coprocessamento, muitas vezes visto como uma alternativa viável para o descarte de resíduos, pode eventualmente ser considerado como uma solução frente ao baixo comércio de materiais potencialmente recicláveis. No entanto, essa perspectiva não é ideal (ALMEIDA et al., 2020). O coprocessamento envolve a utilização de resíduos como combustível alternativo em processos industriais, como a produção de cimento, o que pode ser uma saída conveniente para lidar com resíduos difíceis de reciclar ou dispor de forma segura. No entanto, priorizar o coprocessamento em detrimento da reciclagem pode diminuir os esforços para reduzir a quantidade de resíduos gerados e minimizar o consumo de recursos naturais. Portanto, enquanto o coprocessamento pode oferecer uma solução temporária, é crucial não perder de vista a importância de promover práticas sustentáveis que priorizem a redução, reutilização e reciclagem de materiais (ALMEIDA et al., 2020).

3.8 A CIDADE DE CURITIBA

A capital do estado do Paraná foi fundada em 1693 e era inicialmente denominada de Vila de Nossa Senhora da Luz dos Pinhais e, somente em meados de 1721, passou a ser chamada de Curitiba, nome que permanece até a atualidade. Mundialmente conhecida por seu planejamento urbano inovador e pela qualidade de vida

oferecida aos seus habitantes, possuía população de aproximadamente 1,8 milhão de habitantes em 2022, segundo o Censo Demográfico realizado nesse mesmo ano pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (2022) sendo, até então, a cidade mais populosa da região Sul e oitava cidade mais populosa do Brasil (IBGE, 2022).

Sua população tem crescido de forma moderada nas últimas décadas, o que é resultado de políticas urbanas que equilibram crescimento demográfico com qualidade de vida (PNUD, 2023). A pesquisa do IBGE também aponta que a cidade possui densidade demográfica de 4.078,56 habitantes por km², com uma média de 2,58 moradores por residência. Ademais, a cidade é conhecida por sua diversidade cultural e a integração de diferentes grupos étnicos, o que contribui para uma rica vida social e cultural na capital paranaense (IBGE, 2022).

Outrossim, o seu Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é um dos mais elevados do Brasil. Segundo dados do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o IDH da cidade é de 0,823, colocando-a na faixa de desenvolvimento humano muito alto (PNUD, 2023), evidenciando a existência de avanços significativos em áreas como educação, longevidade e renda, fatores esses cruciais para a existência deste parâmetro elevado (PNUD, 2023).

Sob outra perspectiva, Curitiba ocupa uma área de 435,036 km² (IBGE, 2022) e é tida como exemplo de planejamento urbano inovador. A cidade implementou, desde a década de 1970, um sistema de transporte público integrado e de alta capacidade, o *Bus Rapid Transit* (BRT), que serve de modelo para outras cidades ao redor do mundo, além de ser famosa por seus espaços verdes, possuindo mais de 30 parques e bosques que cobrem uma área significativa da cidade, promovendo a sustentabilidade e a qualidade de vida dos moradores (CURITIBA, s.d.).

Além disso, a capital do Estado do Paraná possui um dos melhores sistemas de saneamento básico do Brasil. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), cerca de 100% da população urbana tem acesso à água tratada e aproximadamente 90% à rede de coleta e destinação de esgoto (SNIS, s.d.). O Índice de Bem-Estar Urbano (IBEU), desenvolvido pelo Observatório das Metrôpoles, coloca Curitiba entre as melhores cidades para se viver no Brasil (INCT, 2023).

Por fim, Curitiba é um polo econômico importante, com uma economia diversificada, incluindo setores como serviços, comércio, indústria e tecnologia da informação e possuindo um dos menores índices de desemprego entre as capitais brasileiras. De acordo com dados do IBGE de 2022, a taxa de desemprego na cidade era de 8,2%, abaixo da média nacional (IBGE, 2022). Além disso, seu sistema educacional é bem desenvolvido, com altas taxas de alfabetização e uma rede de escolas públicas e privadas que oferecem educação de qualidade, sendo sede inclusive da Universidade Federal mais antiga do País, a nossa Universidade Federal do Paraná (UFPR).

3.8.1 Sistema de coleta, tratamento e destinação final de resíduos em Curitiba

Curitiba é reconhecida pela sua gestão eficiente de resíduos sólidos, sendo pioneira em diversas iniciativas sustentáveis. Desde 2004, a cidade exige que geradores de resíduos orgânicos e recicláveis acima de certos volumes submetam um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) à Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA), o que inclui grandes geradores como estabelecimentos comerciais e industriais (CURITIBA, s.d.). Dessa forma, essa iniciativa colabora para que grandes geradores analisem e criem estratégias para minimizar a geração, melhorar a sua gestão e ter um melhor controle da destinação de seus resíduos.

Ademais, a coleta de resíduos na cidade é realizada pela Prefeitura Municipal, que conta com uma infraestrutura robusta de caminhões compactadores e estações de transbordo, sendo dividida em coleta de resíduos orgânicos e recicláveis, com campanhas educativas para incentivar a separação correta pelos cidadãos. Assim, os resíduos orgânicos são encaminhados para aterros sanitários adequados, enquanto os recicláveis são direcionados para cooperativas de reciclagem (CURITIBA, s.d.).

Os aterros sanitários em Curitiba são classificados e gerenciados de acordo com normas ambientais rigorosas (AFF AMBIENTAL, 2024). Todavia, além da disposição em aterros, a cidade também adota tecnologias de coprocessamento em fornos de cimento para resíduos específicos, promovendo o aproveitamento energético e a redução do volume de resíduos destinados a aterros. Atualmente, essa prática é considerada sustentável, pois permite a utilização dos resíduos como matéria-prima na indústria cimenteira sem comprometer a qualidade do produto final (AFF AMBIENTAL, 2024).

A Prefeitura, por meio de suas normativas e instruções gerais e específicas, assegura que todas as etapas do gerenciamento de resíduos sejam realizadas de forma eficiente e ambientalmente responsável (CURITIBA, s.d.).

Outrossim, Curitiba foi pioneira em programas de reciclagem e sustentabilidade, como o programa "Câmbio Verde", que incentiva a troca de materiais recicláveis por alimentos frescos e passagens de ônibus, promovendo não só a reciclagem, mas também melhora a nutrição da população de baixa renda e apoiando os agricultores locais (SUMMIT, 2024). Além disso, o programa "Lixo que não é Lixo", implementado em 1989, incentivou a separação de resíduos orgânicos e inorgânicos nas residências, aumentando significativamente as taxas de reciclagem da cidade desde então (LARBI et al., 2022).

Além disso, a gestão dos resíduos recicláveis é organizada por meio de cooperativas de catadores, que são remuneradas pela quantidade de material reciclado. Estas cooperativas desempenham um papel crucial no sistema de gestão de resíduos,

proporcionando uma fonte de renda para muitos trabalhadores informais e contribuindo para a sustentabilidade urbana (SUMMIT, 2024).

3.8.2 Associações de Catadores de Curitiba

A coleta de materiais recicláveis em Curitiba é uma atividade essencial para a gestão sustentável de resíduos sólidos na cidade. Os catadores de materiais recicláveis desempenham um papel crucial nesse processo, muitas vezes organizados em associações que facilitam seu trabalho e melhoram suas condições de vida (LINS, 2018).

Em Curitiba, as associações de catadores são fundamentais para a organização e a eficiência da coleta seletiva. Essas associações funcionam como cooperativas, onde os catadores se organizam para coletar, separar e vender materiais recicláveis. Segundo Lins (2018), as associações proporcionam não apenas uma estrutura organizacional, mas também acesso a melhores condições de trabalho e maior poder de negociação no mercado de recicláveis. Além disso, a gestão dessas associações geralmente é democrática, com decisões tomadas em assembleias gerais, onde todos os membros têm voz.

Um aspecto importante é de que a renda dos catadores de materiais recicláveis pode variar significativamente, dependendo de diversos fatores, como a quantidade e o tipo de materiais coletados, a eficiência da associação e o preço dos recicláveis no mercado (SILVA et al., 2019b). Nesse contexto, um estudo de Silva et al. (2019b) destaca que, em média, os catadores organizados em associações conseguem uma renda maior do que aqueles que trabalham de forma independente. Isso se deve à melhor estrutura para comercialização dos materiais e ao apoio logístico oferecido pelas associações.

Ademais, o número de catadores em Curitiba é significativo e tem crescido ao longo dos anos. De acordo com Santos (2017), estima-se que existiam cerca de 2.000 a 3.000 catadores na cidade no ano de sua pesquisa (2017), sendo que uma parte considerável estava organizada em cerca de 40 associações e cooperativas, desempenhando um papel vital na redução de resíduos que vão para aterros sanitários e na promoção da reciclagem na cidade.

A parceria entre as associações de catadores e a Prefeitura de Curitiba é um exemplo de política pública voltada para a sustentabilidade e a inclusão social. A Prefeitura apoia as associações através de programas de capacitação, fornecimento de equipamentos e infraestrutura, além de integrar os catadores ao sistema oficial de coleta seletiva (SOUZA; ALMEIDA, 2020). Em seu estudo, Souza e Almeida (2020) destacam que essa parceria é essencial para o sucesso do programa de reciclagem da cidade, proporcionando aos catadores melhores condições de trabalho e contribuindo

para a eficiência do sistema de gestão de resíduos.

Assim, as associações proporcionam uma estrutura que facilita a coleta e comercialização dos materiais recicláveis, enquanto a parceria com a Prefeitura oferece apoio e integração ao sistema de gestão de resíduos da cidade (SANTOS, 2017).

3.9 ANÁLISE SWOT (FOFA)

A análise SWOT, que é a abreviatura para "*Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*", também conhecida em sua forma traduzida, como análise FOFA (Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças) é uma metodologia amplamente aceita no ambiente empresarial para determinar a direção a ser seguida em contextos competitivos e dinâmicos (HÍJAR, 2014).

De acordo com Híjar (2014), essa ferramenta foi desenvolvida nos anos 1960 por Edmund Learned e Ronald Christensen, sendo amplamente utilizada nos níveis estratégicos (alta administração), táticos (gerência) e operacionais (supervisão) das empresas. A análise SWOT permite identificar as forças e fraquezas internas, assim como as oportunidades e ameaças externas, auxiliando na tomada de decisões de curto, médio e longo prazo (DUTRA, 2014).

Ademais, Bateman e Snell (2010) descrevem a análise SWOT como "*o processo consciente e sistemático de tomar decisões sobre metas e atividades que um indivíduo, grupo, unidade de trabalho ou organização buscarão no futuro*" (BATEMAN; SNELL, 2010).

Em seu estudo, Dutra (2014), considera essa ferramenta essencial para compreender a posição empresarial, permitindo o desenvolvimento de estratégias fundamentais para o posicionamento organizacional. Além disso, o mesmo ressalta que o objetivo da análise é facilitar a obtenção de vantagens em determinadas oportunidades do ambiente, evitando ou minimizando as ameaças. E, por fim, classifica a análise como útil para revelar pontos fortes e identificar pontos fracos que podem ser corrigidos, facilitando a formulação de estratégias realistas para alcançar os objetivos que foram determinados (DUTRA, 2014).

Segundo Ferrell e Hartline (2012), a análise SWOT auxilia na determinação, avaliação e implementação de estratégias que visam atingir as metas empresariais em meio às constantes mudanças dos ambientes externos e internos, concentrando recursos e capacidades diárias para gerar valor às atividades, produtos e serviços (FERRELL; HARTLINE, 2012). Santos (2013) complementa que, ao identificar e analisar pontos fortes e fracos, bem como oportunidades e ameaças, é possível adotar estratégias que promovam a sobrevivência, manutenção, crescimento ou desenvolvimento dos objetivos analisados (SANTOS, 2013).

A análise SWOT serve e deve permitir a identificação dos ativos e passivos competitivos externos e internos de uma organização. Esses fatores determinarão os limites que uma companhia ou organização terá para a formulação de estratégias competitivas bem sucedidas (OCHARÁN, 2017).

Essa análise normalmente é feita através da construção de uma matriz, como pode ser observada na Figura 9. A sua construção objetiva o cruzamento das oportunidades e ameaças com os pontos fortes e fracos da situação estudada, a fim de fornecer informações e dados para o processo de planejamento estratégico (FEIJÓ et al., 2014).

FIGURA 9 – ESQUEMA ILUSTRATIVO DOS COMPONENTES DA MATRIZ SWOT

			AMBIENTE INTERNO	
			PREDOMINÂNCIA DE:	
			FRAQUEZAS	FORÇAS
			AMBIENTE EXTERNO	PREDOMINÂNCIA DE:
OPORTUNIDADES	Crescimento	Desenvolvimento		

FONTE: Ocharán (2017)

Assim, Benavides (2014) ressalta a importância inicial de listar as oportunidades, ameaças, fraquezas e forças para identificar quais são as predominantes (BENAVIDES, 2014). Conforme Rodrigues et al. (2016), após essa identificação, procede-se à avaliação cruzada desses fatores e, finalmente, posiciona-se a organização em um dos quadrantes da matriz SWOT de acordo com a maior pontuação obtida. Esse processo permite determinar a situação atual da organização (RODRIGUES et al., 2016; BENAVIDES, 2014).

É através da análise de cada um dos quadrantes que é possível identificar qual a situação da proposta analisada (OCHARÁN, 2017). No quadrante I, de fraquezas-ameaças, as opções devem focar em minimizar fraquezas e evitar ameaças. No quadrante II, de forças-ameaças, as estratégias devem utilizar as forças

para evitar ameaças. Já no quadrante III, de fraquezas-oportunidades, as opções devem aproveitar as oportunidades para superar fraquezas. E, por fim, no quadrante IV, de forças-oportunidades, as estratégias devem usar as forças para capitalizar nas oportunidades (JOHNSON et al., 2006).

Dessa maneira, conclui-se que a análise SWOT é uma ferramenta que também pode ser aplicada no contexto de estudos e iniciativas ambientais (PICKTON; WRIGHT, 1998). Em um desses estudos, Veiga (2010) destaca a urgência de desenvolver novos indicadores de sustentabilidade e conduz uma análise sobre o assunto, destacando a importância em ter indicadores que avaliem a resiliência ecossistêmica, qualidade de vida e desempenho econômico (VEIGA, 2010). Outrossim, Sena et al. (2015) analisaram as variáveis internas e externas na implementação da coleta seletiva, do programa de educação ambiental e na instalação e operação da unidade de gerenciamento de resíduos sólidos segundo o plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos do município de Pedras de Fogo no estado de Paraíba (SENA et al., 2015).

Faria (2011) estudou o processo de reciclagem de poliolefinas (polímero plástico usado para fabricação de embalagens) a fim de melhorar sua eficiência ambiental por meio da abordagem de produção mais limpa e através da metodologia SWOT para critérios de matéria-prima, pessoal, instalações, equipamentos, processos produtivos, produto final e custo-mercado (FARIA, 2011).

Já no contexto internacional, Raharjo et al. (2015) utilizaram o método para determinar estratégias que viabilizassem iniciativas de reciclagem e melhorassem as condições dos centros ou usinas de reciclagem na cidade de Padang na Indonésia e pudessem, assim, integrar a gestão de resíduos sólidos urbanos do município (RAHARJO et al., 2015). Ademais, nos estudos de Majlessi et al. (2015), os autores identificaram os fatores internos e externos das atividades de reciclagem e gestão de resíduos sólidos secos de um distrito da cidade de Teerã, no Irã, com o objetivo de estabelecer e priorizar estratégias que permitam sua melhoria (MAJLESSI et al., 2015).

De modo geral, estudos ambientais com a análise de fatores na matriz SWOT, envolvem a identificação de fatores, do ambiente interno e externo para avaliar a sustentabilidade, por meio de entrevistas com entidades governamentais, instituições, ministérios e pessoas ligadas à cadeia produtiva dos resíduos (FARIA, 2011).

3.10 MÉTODO AHP

O método conhecido como AHP é a abreviação do inglês "*Analytic Hierarchy Process*", que significa Método de Análise Hierárquica. Foi desenvolvido na década de 1970 por Thomas Saaty como uma ferramenta de tomada de decisões, objetivando aprimorar a avaliação diante de múltiplos critérios, vários objetivos e diversos agentes

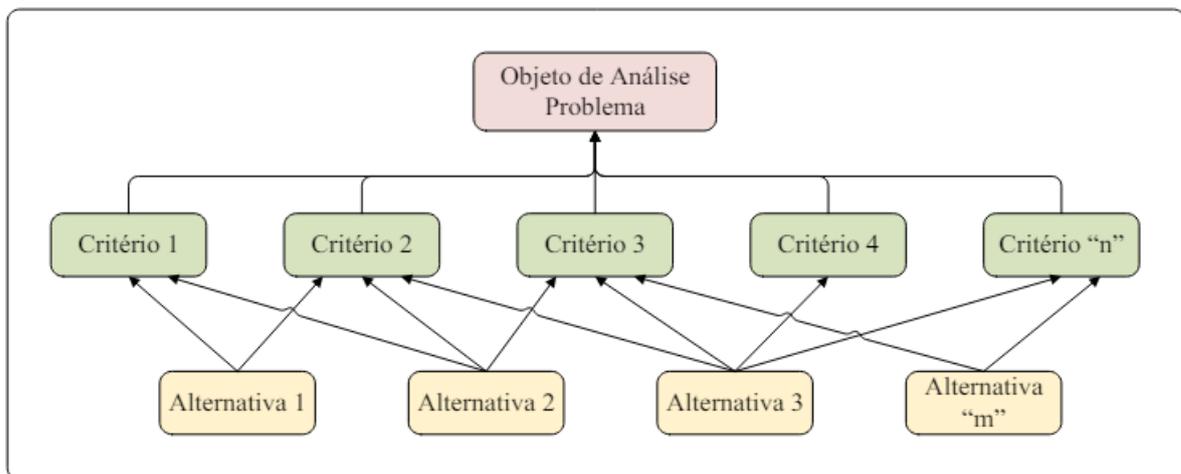
de decisão (OCHARÁN, 2017).

Zhang e Chen (2013) explicam que o método AHP é uma técnica de medição multi objetivos ou multicritérios que auxilia na resolução de problemas e na justificativa de escolhas através da estruturação dos problemas, identificação dos fatores de decisão, medição da importância desses fatores e síntese das informações obtidas (ZHANG; CHEN, 2013).

Essa técnica é adequada para cenários dinâmicos e complexos, onde as percepções, experiências, julgamentos e/ou dados concretos das pessoas são essenciais para estruturar, decompor e avaliar os problemas em diversos fatores (MAGALHÃES et al., 2011).

Ademais, Hernández et al. (2012) afirmam que esse método inicia-se pela decomposição do problema ou objeto de análise em uma hierarquia de critérios facilmente identificáveis e analisáveis, seguido pela comparação desses fatores entre si, denominada de comparação em pares, transformando os dados qualitativos e empíricos em valores numéricos a serem processados, comparados e analisados, como ilustrado na Figura 10 (HERNÁNDEZ et al., 2012).

FIGURA 10 – ESQUEMA DO MÉTODO AHP



FONTE: Ocharán (2017) apud Hernández et al. (2012)

Assim, o peso de cada um desses fatores ou critérios permite a obtenção da valoração final e priorização dentro de uma hierarquia definida (Hernández et al. (2012) apud Ocharán (2017)). Estes mesmos autores enfatizam que essa ferramenta não segue o princípio de dependência, pois não analisa as influências e dependências entre os fatores dos problemas, as tomadas de decisão e as alternativas de solução.

Para aplicar o método, é realizada em uma matriz de confronto recíproca (comparação em pares em uma matriz quadrada), onde o critério de maior importância

receberá uma valoração específica, enquanto o fator de menor importância obterá o valor oposto (OCHARÁN, 2017). O fundador Thomas Saaty, conforme Vargas (2010), sugere uma escala numérica de 1 a 9 para determinar a importância de um fator em relação ao outro, como pode se observar no Quadro 2 (VARGAS, 2010).

QUADRO 2 – ESCALA DE IMPORTÂNCIA RELATIVA DO MÉTODO AHP

DESCRIÇÃO	ESCALA	
	VALOR PRINCIPAL	VALOR OPOSTO
Extrema importância de um elemento sobre o outro.	9	1/9
Entre muito forte a extrema importância.	8	1/8
Importância muito forte de um elemento sobre o outro.	7	1/7
Entre forte a muito forte.	6	1/6
Forte importância de um elemento sobre o outro.	5	1/5
Entre moderada a forte.	4	1/4
Moderada importância de um elemento sobre o outro.	3	1/3
Entre igual importância a moderada.	2	1/2
Ambos elementos são de igual importância.	1	1

FONTE: Ocharán (2017)

O processo de julgamento na comparação em pares se executa para o elementos que formam parte de uma categoria e segundo o esquema da seguinte matriz (OCHARÁN, 2017):

$$Matriz A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ 1/a_{31} & 1/a_{32} & 1 & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & 1/a_{n3} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

Onde:

a_{ij} = comparação par a par entre os elementos i e j segundo a escala numérica de importância.

a_{ji} = comparação recíproca de a_{ij} .

a_{ii} = comparação para a para entre o mesmo elemento, sendo igual a 1.

O passo seguinte é a normalização dos julgamentos da matriz de confronto, que envolve somar os valores de cada linha e, posteriormente, dividir esses valores pela soma total (MARINS et al., 2009). Durante essa normalização, é necessário calcular a média das ponderações dos valores resultantes para identificar os elementos mais importantes e prioritários (MAGALHÃES et al., 2011), indicando o quanto são importantes as alternativas em relação aos critérios (SAATY; VARGAS, 2006).

Essa dimensão numérica pode ser aplicada nos diferentes níveis de categorias que constituem uma estrutura hierárquica determinada, permitindo obter os pesos e a ponderação final e, assim, estabelecer as relações mais destacadas na decomposição do problema ou objeto de análise (OCHARÁN, 2017).

A aplicação deste método é especialmente válida ao estruturar e decompor um problema em várias partes e na execução prática de avaliações e propostas de solução em comparação com outros métodos de avaliação e tomada de decisão (SILVA; SILVA, 2012). Adicionalmente, seu uso complementa a abordagem da análise SWOT para desenvolver um sistema mais confiável e quantitativo de análise e planejamento estratégico. Conforme Zhang e Chen (2013), a técnica SWOT é frequentemente utilizada nos estágios iniciais de planejamento estratégico, pois identifica e discute os fatores dos ambientes internos e externos, mas, quando combinada com o processo de análise hierárquica, permite atribuir valores (dimensão quantitativa) a esses fatores e, assim, priorizar quais deles devem ser objeto de atenção (ZHANG; CHEN, 2013).

Tavana et al. (2016) executaram a análise SWOT com auxílio do método AHP, este, avaliando e valorando a importância relativa dos critérios SWOT, com o objetivo de modelar e ponderar os critérios de decisão referentes à possibilidade de terceirização da logística reversa de uma determinada companhia, com essa combinação, objetivou reduzir o grau de incerteza e ambiguidade das informações proporcionadas por meio da análise SWOT (TAVANA et al., 2016).

Outro exemplo da combinação desses métodos é observado no estudo de Sabiá (2015) que, baseado em visitas técnicas à empreendimentos de logística reversa e reciclagem, identificou as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças da implementação de tecnologias de gestão de resíduos sólidos e utilizou a metodologia AHP para esquematizar e determinar as tecnologias mais adequadas para o cenário geral dos municípios brasileiros (SABIÁ, 2015).

4 METODOLOGIA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O presente estudo teve como foco analisar a gestão de resíduos de baixo valor de reciclabilidade ou de reciclagem limitada, especificamente no contexto dos resíduos sólidos urbanos do município de Curitiba, no estado do Paraná.

Em particular, o estudo se concentrou nos resíduos compostos de Poliestireno (PS), Polipropileno (PP) e Polipropileno Orientado Biaxialmente (BOPP), investigando os desafios técnicos, econômicos e ambientais associados à reciclagem e/ou gestão desses materiais. A pesquisa aborda as dificuldades enfrentadas pelas instituições envolvidas na cadeia de gestão desses resíduos e propõe recomendações para promover a sustentabilidade na cadeia de suprimentos de embalagens.

4.2 ESCOLHA DO SEGMENTO DE PESQUISA

Fazer uma escolha é um processo lógico e inclui várias fases. Inicialmente, identifica-se o problema, reconhecendo sua presença e incentivando a adoção de medidas mitigadoras (MAÇÃES, 2018). Após essa análise inicial, procede-se à definição dos critérios de decisão, que servirão como referência para a avaliação da magnitude da problemática abordada, podendo incluir fatores como custo e qualidade. Por fim, estabelece-se a ponderação dos critérios de decisão, com o objetivo de determinar qual deles se sobressai em relação aos outros a fim de avaliar a prioridade entre as alternativas, culminando na escolha da melhor opção dentre as consideradas (MAÇÃES, 2018).

4.2.1 Metodologia escolhida

A metodologia usada para atender o objetivo geral e os objetivos específicos da pesquisa se deu através da aplicação da análise SWOT com auxílio do método AHP, a partir de respostas obtidas aplicando-se um questionário em algumas associações de catadores de materiais recicláveis da cidade de Curitiba, visando identificar os desafios vivenciados em relação aos materiais de baixo valor de reciclabilidade ou de reciclagem limitada e, assim, propor alternativas que maximizem a logística reversa desse material.

Assim, optou-se por utilizar o método de estudo de caso, pois, de acordo com Chacón et al. (2008), essa abordagem é a mais adequada e apropriada para pesquisas exploratórias, descritivas e indutivas. Segundo Martínez (2006), o objetivo desse método é identificar e descrever os fatores que influenciam um fenômeno específico, além de

contrastar a teoria com a realidade analisada, possibilitando discutir uma hipótese estabelecida ou propor alternativas para modificar uma situação real (MARTÍNEZ, 2006).

Quanto à natureza desta pesquisa, a mesma pode ser caracterizada de caráter qualitativo-descritivo que, de acordo com Gibbs (2009), visa entender, descrever e explicar os fenômenos sociais de diversas maneiras diferentes. Assim, a mesma pôde ser empregada para analisar as diferentes abordagens e tecnologias disponíveis para lidar com os resíduos estudados e para realizar uma análise comparativa dos benefícios e malefícios associados a cada alternativa de gestão de resíduos.

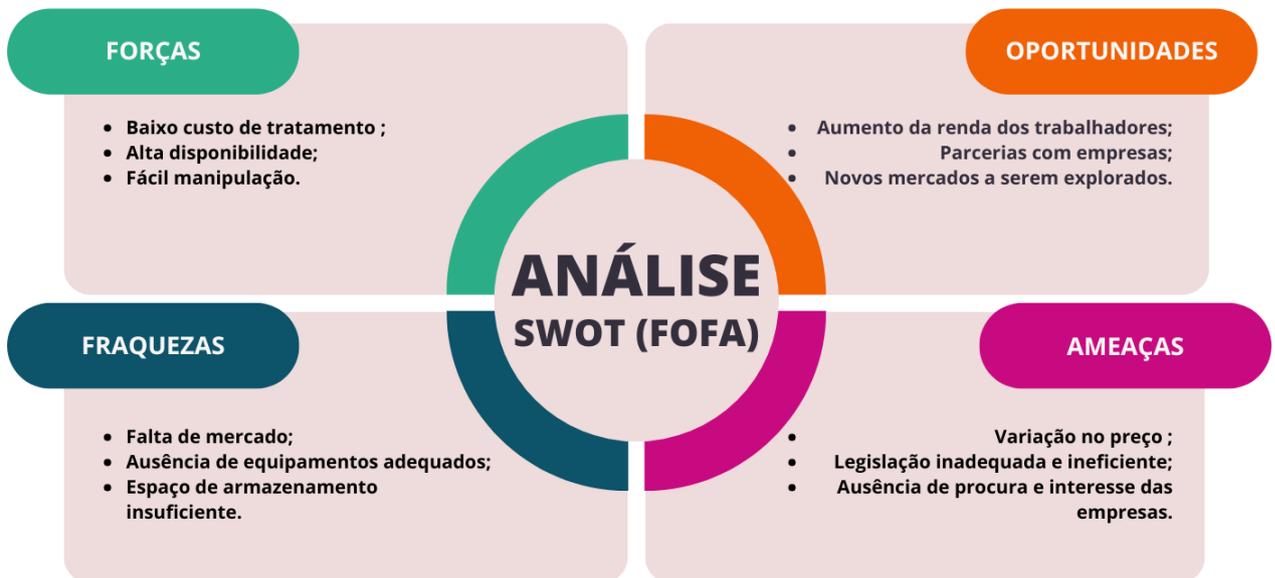
Já quanto aos meios pode ser caracterizada como pesquisa de campo, onde de acordo com Vergara (2013), baseia-se pela experiência que está sendo aplicada na investigação e é realizada exatamente no local onde são observados os fenômenos estudados. O método de pesquisa empregado foi o estudo de caso aplicado aos catadores de materiais recicláveis de Curitiba, baseado na opinião dos mesmos, fazendo uso de entrevistas a fim de identificar os desafios enfrentados pelos mesmos no manuseio dos resíduos em questão, analisando as razões e buscando soluções para as problemáticas levantadas por esse público em relação à logística reversa desse material, para assim determinar as melhores práticas a fim de melhorar esse sistema e promover maior sustentabilidade na cadeia dos materiais de baixa reciclabilidade ou de reciclagem limitada.

Por fim, os dados coletados foram analisados qualitativamente. A análise consistiu na interpretação e categorização das informações obtidas nas entrevistas. Dessa forma, os questionários possibilitaram o levantamento de dados necessários para aplicar a análise SWOT e a avaliação baseada no método AHP. Esse processo permitiu caracterizar o cenário da reciclagem de resíduos com baixo valor de reciclabilidade e reciclagem limitada, identificando alternativas que possam favorecer um maior encaminhamento desses materiais na logística reversa pós-consumo.

4.2.2 Elaboração da Matriz SWOT

Inicialmente, com o objetivo de padronizar as respostas e trazer maior clareza aos resultados, foi criada uma matriz SWOT. Esse processo utilizou estudos anteriores sobre o mesmo tema e o conhecimento e a experiência prática dos profissionais da SMMA, que apoiaram a elaboração do trabalho. A matriz SWOT incorporou os principais fatores que abrangem tanto a problemática dos resíduos compostos de PS, PP e BOPP quanto a situação das cooperativas de catadores de materiais recicláveis de Curitiba. Dessa forma, foram identificados os aspectos que podem ser observados na matriz apresentada na Figura 11, bem como nas questões referentes à análise SWOT no questionário aplicado aos catadores.

FIGURA 11 – MATRIZ SWOT ELABORADA PARA A APLICAÇÃO DO ESTUDO



FONTE: A autora (2024)

4.3 PROCESSO DE OBTENÇÃO DOS DADOS

Com o objetivo de compreender os desafios enfrentados pelos catadores e empresas e propor soluções que promovam a sustentabilidade na cadeia de materiais de baixa reciclabilidade, foi elaborado um questionário semiestruturado para cada público (empresas e associações de catadores). Esses questionários foram aplicados para aprofundar o entendimento da problemática estudada.

Inicialmente, ambos os questionários (disponíveis nos Apêndices 1 e 2) foram desenvolvidos com base em estudos de caso anteriores, mencionados na seção 3 de fundamentação teórica, e em conversas com membros da Secretaria de Meio Ambiente de Curitiba. Esses profissionais, que trabalham diretamente com as Associações de Catadores do programa municipal EcoCidadão, compartilharam sua experiência sobre os pontos fortes e fracos dessas associações, permitindo a formulação de perguntas mais direcionadas e assertivas, com questões de múltipla escolha. Esse cuidado visou reduzir o tempo de resposta e aumentar a adesão do público-alvo.

O objetivo dos questionários foi entender a realidade das associações e empresas, permitindo o estabelecimento de um perfil de cada grupo e a identificação de suas prioridades em relação à problemática. Isso possibilitou a aplicação do Método de

Análise Hierárquica (AHP), utilizando as alternativas com maior número de respostas como as principais prioridades a serem consideradas.

O questionário destinado aos catadores (Apêndice 1) foi redigido em linguagem coloquial, facilitando a compreensão e garantindo clareza nos objetivos, o que proporcionou maior precisão nas respostas. Essa abordagem buscou assegurar que as respostas refletissem fielmente a realidade enfrentada pelos catadores no manejo dos resíduos plásticos de baixa reciclabilidade ou reciclagem limitada.

Já o questionário destinado às empresas (Apêndice 2) foi desenvolvido com o intuito de compreender os desafios enfrentados e as práticas adotadas na gestão de resíduos plásticos de baixa reciclabilidade, bem como na logística reversa desses materiais. O objetivo era identificar pontos críticos e práticas já implementadas, para que, a partir dessa compreensão, fosse possível propor soluções que promovam maior eficiência e sustentabilidade na cadeia produtiva.

4.4 ANÁLISE QUALITATIVA DOS DADOS

Baseando-se no estudo de Ocharán (2017), o problema foi inicialmente esquematizado segundo o Método de Análise Hierárquica (AHP), considerando os quatro critérios da análise SWOT.

Assim, o objeto deste estudo, a gestão da logística reversa de embalagens de PP, PS e BOPP, foi utilizado como categoria principal. Como critérios, foram alocadas as forças, fraquezas, ameaças e oportunidades da análise SWOT. No último nível, encontram-se os fatores específicos a cada critério, abordados nos questionamentos de análise SWOT, conforme o método AHP.

A esquematização dessa hierarquia também foi adaptada de Ocharán (2017) e pode ser observada na Figura 12.

FIGURA 12 – ESQUEMA HIERÁRQUICO DA CATEGORIA, CRITÉRIOS E FATORES EM ESTUDO



FONTE: Adaptado de Ocharán (2017)

4.4.1 Construção das Matrizes de Comparação par a par entre os fatores de cada critério

Inicialmente, construiu-se a matriz de comparação par a par com base no número de votos das alternativas. Os valores atribuídos seguem a escala de 1 a 9 do método AHP, onde 1 indica que duas alternativas têm a mesma importância e 9 indica que uma alternativa é extremamente mais importante que a outra.

Para a elaboração das matrizes dos fatores de cada critério, o método utilizado para definir a importância foi o número de respostas em cada fator, em comparação com os demais fatores em seu critério, considerando o valor arredondado dessa razão. O valor máximo de importância foi estabelecido em 9, de acordo com a metodologia de Saaty. Dessa forma, cada fator recebeu uma importância específica de acordo com a sua preferência no questionário, permitindo sua correta definição na matriz, conforme o exemplo esquemático a seguir:

Fatores de um critério exemplo com seus respectivos números de respostas:

- Fator 1 (Ftr1) - "x" respostas
- Fator 2 (Ftr2) - "y" respostas
- Fator 3 (Ftr3) - "z" respostas

Com o número de respostas para cada fator, os seguintes cálculos foram realizados para a determinação de importância par a par:

$$\begin{array}{lll} \text{Ftr1 vs. Ftr2} = \frac{x}{y} = a & \text{Ftr2 vs. Ftr1} = \frac{y}{x} = \frac{1}{a} & \text{Ftr1 vs. Ftr1} = \frac{x}{x} = 1 \\ \text{Ftr1 vs. Ftr3} = \frac{x}{z} = b & \text{Ftr3 vs. Ftr1} = \frac{z}{x} = \frac{1}{b} & \text{Ftr2 vs. Ftr2} = \frac{y}{y} = 1 \\ \text{Ftr2 vs. Ftr3} = \frac{y}{z} = c & \text{Ftr3 vs. Ftr2} = \frac{z}{y} = \frac{1}{c} & \text{Ftr3 vs. Ftr3} = \frac{z}{z} = 1 \end{array}$$

Assim, definidas as importâncias entre cada fator, foi possível elaborar a tabela de comparação par a par (Tabela 1).

TABELA 1 – Matriz de Comparação Par a Par dos Fatores Exemplo

FATORES	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Fator 1	1	a	b
Fator 2	1/a	1	c
Fator 3	1/b	1/c	1

FONTE: A autora (2024)

Para a elaboração dos demais cálculos, transforma-se a tabela em uma matriz de comparação par a par de fatores, ficando da forma:

$$\text{Matriz de Comparação} = \begin{bmatrix} 1 & a & b \\ \frac{1}{a} & 1 & c \\ \frac{1}{b} & \frac{1}{c} & 1 \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

Após a construção da matriz de comparação par a par dos fatores, o próximo passo é a normalização da matriz.

A normalização consiste em dividir cada elemento da matriz pelo somatório dos elementos da coluna correspondente. Esse processo permite que cada coluna da matriz tenha uma soma igual a 1, facilitando a obtenção dos pesos relativos de cada fator.

A normalização da matriz é realizada da seguinte forma:

Inicialmente, calcula-se a soma dos elementos de cada coluna

$$\text{Somatório da Coluna 1} = 1 + \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = SM1$$

$$\text{Somatório da Coluna 2} = a + 1 + \frac{1}{c} = SM2$$

$$\text{Somatório da Coluna 3} = b + c + 1 = SM3$$

Em seguida, divide-se cada elemento da matriz original pela soma da coluna correspondente para obter a matriz normalizada:

$$\text{Matriz Normalizada} = \begin{bmatrix} \frac{1}{SM1} & \frac{a}{SM2} & \frac{b}{SM3} \\ \frac{1/a}{SM1} & \frac{1}{SM2} & \frac{c}{SM3} \\ \frac{1/b}{SM1} & \frac{1/c}{SM2} & \frac{1}{SM3} \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

Em seguida, calcula-se o vetor dos pesos dos fatores, chamados de w_1 , w_2 , e w_3 , os quais representam a importância relativa de cada fator.

Esses vetores são obtidos calculando-se a média dos elementos de cada linha da matriz normalizada, resultando nos pesos dos fatores considerados para o critério avaliado.

$$w_1 = \frac{\frac{1}{SM1} + \frac{a}{SM2} + \frac{b}{SM3}}{n} \quad w_2 = \frac{\frac{1/a}{SM1} + \frac{1}{SM2} + \frac{c}{SM3}}{n} \quad w_3 = \frac{\frac{1/b}{SM1} + \frac{1/c}{SM2} + \frac{1}{SM3}}{n} \quad (4.3)$$

Onde n é a quantidade de elementos da linha (no caso do exemplo, $n = 3$).

Esses valores de w_1 , w_2 , e w_3 representam os pesos relativos dos fatores dentro do critério analisado, proporcionando uma base quantitativa para avaliar a contribuição de cada fator.

Por fim, para verificar a consistência dos julgamentos realizados e validar a matriz, é necessário calcular o Autovalor principal (λ_{\max}), o Índice de Consistência (IC) e a Razão de Consistência (RC).

Para calcular o autovalor principal, multiplicamos a matriz original pelos pesos relativos e dividimos cada elemento resultante pelo peso relativo correspondente:

$$\lambda_{\max} \approx \frac{\sum \left(\frac{\text{Produto da matriz original pelos pesos}}{\text{Peso relativo}} \right)}{n} \quad (4.4)$$

$$\text{Produto} = \begin{bmatrix} 1 & a & b \\ \frac{1}{a} & 1 & c \\ \frac{1}{b} & \frac{1}{c} & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w1 \\ w2 \\ w3 \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} m1 \\ m2 \\ m3 \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

Em seguida, dividimos cada elemento do vetor resultante ($m_1, m_2, e m_3$) pelo peso relativo correspondente:

$$\lambda_1 = \frac{m_1}{w_1} \quad \lambda_2 = \frac{m_2}{w_2} \quad \lambda_3 = \frac{m_3}{w_3} \quad (4.6)$$

Calculamos a média dos valores de λ para encontrar λ_{\max} :

$$\lambda_{\max} \approx \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}{n} \approx n \quad (4.7)$$

O autovalor principal (λ_{\max}) obtido deve ser de aproximadamente n , indicando que a matriz de comparação é razoavelmente consistente. Um valor de λ_{\max} próximo ao número de alternativas (no caso do estudo, 3) sugere que as comparações realizadas têm uma boa consistência.

Com o valor de (λ_{\max}) determinado, é necessário agora determinar agora o Índice de Consistência (CI).

O Índice de Consistência é uma medida que avalia o grau de inconsistência nas comparações par a par dentro de uma matriz AHP. No processo de comparar fatores, essas comparações devem seguir uma lógica transitiva. Ou seja, se o Fator 1 é mais importante que o Fator 2, e o Fator 2 é mais importante que o Fator 3, então o Fator 1 deveria ser, intuitivamente, mais importante que o Fator 3. O CI ajuda a verificar se as comparações realmente seguem essa lógica ou se há alguma contradição.

O cálculo para a determinação de CI pode ser observado a seguir:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4.8)$$

Onde:

- λ_{\max} é o maior autovalor da matriz.
- n é o número de critérios ou alternativas.

Se todas as comparações forem totalmente consistentes, λ_{\max} será igual a n , e o CI será zero, indicando consistência perfeita. Quando o CI é diferente de zero, indica que existe alguma inconsistência, sendo que quanto maior o CI, maior o grau de inconsistência.

A Razão de Consistência (CR) é o índice final que permite avaliar a aceitabilidade da inconsistência na matriz de comparações. O CR é calculado comparando o Índice de Consistência (CI) com o Índice de Consistência Aleatória (RI), ou seja, ele nos informa se a inconsistência observada (CI) é aceitável em relação ao que se espera em

uma matriz aleatória (RI). Essa razão ajuda a determinar se as comparações par a par realizadas são confiáveis o suficiente para serem utilizadas na análise ou se precisam ser revistas.

O Índice de Consistência Aleatória (RI) é um valor de referência que representa o nível médio de inconsistência esperado em uma matriz preenchida aleatoriamente. Ele é utilizado para contextualizar o CI e avaliar se a inconsistência observada é significativa ou se está dentro de uma margem aceitável.

Como algumas inconsistências são inevitáveis ao se fazer julgamentos subjetivos, o RI fornece uma base para comparar o CI. Essa base é construída para cada tamanho de matriz (número de fatores), de forma que reflete o nível médio de inconsistência esperada em matrizes aleatórias. O RI depende do número n de fatores comparados e é compilado conforme a Tabela 2

TABELA 2 – Índice de Consistência Aleatória (RI) para diferentes dimensões da matriz

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

FONTE: Adaptado de Saaty e Vargas (2006)

Por fim, tendo determinados os valores de CI e RI, aplica-se na fórmula e determina-se a Razão de Consistência (CR).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4.9)$$

- Se $CR < 0.1$, a consistência é considerada aceitável.
- Se $CR > 0.1$, indica que a matriz possui inconsistências significativas.

Se a Razão de Consistência estiver dentro do limite aceitável, os pesos obtidos podem ser utilizados para a tomada de decisão. Caso contrário, é necessário rever as comparações par a par até que se obtenha um Índice de Consistência inferior a 0,1.

4.4.2 Construção da Matriz de Comparação par a par entre critérios

Com os pesos relativos de cada fator definidos, foi possível identificar o fator de maior relevância em cada critério.

Em seguida, utilizando os fatores mais relevantes de cada critério, foi determinada a importância relativa dos critérios, possibilitando a criação da matriz de comparação par a par entre eles.

Dessa forma, os mesmos cálculos matriciais aplicados aos fatores foram utilizados para os critérios, seguindo a metodologia AHP. Isso permitiu identificar os critérios de maior relevância para a problemática principal, possibilitando a realização de análises situacionais com base nos dados obtidos.

4.4.3 *Softwares* de obtenção e validação de resultados

Para agilizar e facilitar os cálculos complexos envolvidos na aplicação do método AHP e na análise de dados deste estudo, foram utilizados os *softwares* *SuperDecisions* (CREATIVE DECISIONS FOUNDATION, 2024) e o *AHP Priority Calculator* (GOEPEL, 2018). Esses *softwares* foram escolhidos pela confiabilidade e pela facilidade de uso que oferecem, além de serem amplamente utilizados para análises multicritério, proporcionando maior precisão e rapidez no processamento dos dados.

O *SuperDecisions* é um *software* especializado para análise AHP, desenvolvido pela *Creative Decisions Foundation*. Esse *software* facilita a criação de modelos hierárquicos e permite a construção de matrizes de comparação par a par, automatizando cálculos essenciais, como a normalização das matrizes e a verificação da consistência dos dados, sendo um dos mais recomendados no campo de decisões multicritério.

No contexto deste estudo, o *SuperDecisions* foi essencial para agilizar o processo de obtenção dos pesos relativos de cada critério e fator analisado. Com ele, foi possível organizar e estruturar os fatores em uma hierarquia visual, simplificando a análise e permitindo ajustes rápidos nas matrizes conforme necessário. O *software* também auxiliou na verificação da consistência das comparações, que é uma etapa crucial no método AHP, fornecendo alertas e correções automáticas para matrizes com razão de consistência (CR) acima do limite aceitável.

Outrossim, o *AHP Priority Calculator*, é uma ferramenta online desenvolvida especificamente para o cálculo de matrizes de comparação AHP. Este *software* é conhecido por sua interface simples e prática, sendo uma excelente opção para análises que requerem agilidade. Apesar de ser uma plataforma online, oferece resultados precisos e confiáveis, com as mesmas funcionalidades de cálculo de pesos e verificação de consistência das matrizes, tal como outros *softwares* robustos do mercado.

Durante o desenvolvimento deste estudo, o *AHP Priority Calculator* foi utilizado principalmente para realizar cálculos de consistência de matrizes de comparação par a par e para validar os pesos obtidos. A simplicidade do *software* e sua interface intuitiva permitiram uma rápida obtenção de resultados, complementando a análise feita com o *SuperDecisions* e garantindo precisão na obtenção dos dados finais.

O uso desses *softwares* foi determinante para que o processo de obtenção de dados fosse mais rápido, prático e preciso. Os cálculos necessários para o método AHP

podem ser complexos e demorados se feitos manualmente, especialmente na etapa de comparação par a par e verificação de consistência. Ambos os *softwares* permitiram uma execução ágil dessa etapa, automatizando cálculos e fornecendo uma análise confiável dos dados. Dessa forma, foi possível obter uma estrutura hierárquica coerente, com pesos adequados para cada critério e fator, não apenas otimizando o processo de obtenção dos dados, mas também garantindo a precisão necessária para uma análise robusta e fundamentada, permitindo que os resultados fossem consistentes com os objetivos deste trabalho.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DETERMINAÇÃO DO PERFIL DAS ASSOCIAÇÕES DE CATADORES DE CURITIBA

Atualmente, o município de Curitiba apoia 49 associações de catadores de materiais recicláveis por meio do programa EcoCidadão. Essas associações recebem, fazem a triagem e comercializam resíduos provenientes da coleta seletiva da cidade. De acordo com a prefeitura, cada cooperativa participante do EcoCidadão é remunerada com base na quantidade de material recebido, recurso destinado a cobrir as despesas operacionais. O lucro é obtido pela venda dos materiais separados nos barracões que integram essa etapa da cadeia de reciclagem (CURITIBA, s.d.).

Para o presente estudo, com o auxílio da SMMA, solicitou-se a participação de todas as associações no preenchimento do questionário, obtendo-se respostas de 36 das 49 associações consolidadas no município, o que representa uma participação superior a 70% das cooperativas. Essa taxa constitui uma amostra representativa e fundamentada da situação municipal, podendo ser utilizada como um bom parâmetro para refletir as condições em que esses trabalhadores operam suas associações.

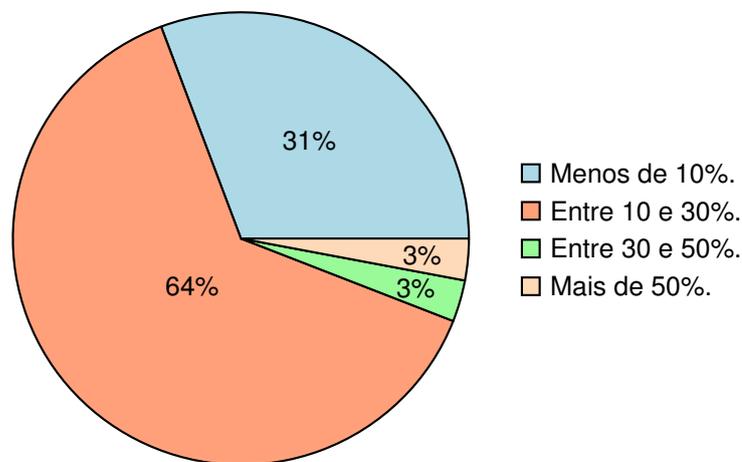
A maioria dessas organizações, cerca de 58%, possui estruturas reduzidas, empregando de 1 a 15 trabalhadores, enquanto uma parcela um pouco menor, de aproximadamente 42%, conta com equipes entre 16 e 30 pessoas, que ainda podem ser consideradas pequenas. Essas associações operam com recursos limitados, o que reflete a realidade de muitas cooperativas e associações de catadores no Brasil.

Um estudo realizado por Dias e Alves (2020) em cooperativas no Rio de Janeiro mostra que 65% das cooperativas locais operam com menos de 15 trabalhadores e enfrentam restrições financeiras e logísticas, limitando sua capacidade de processamento e crescimento. Da mesma forma, as cooperativas em São Paulo analisadas por Silva (2019) demonstraram que a falta de investimentos em infraestrutura afeta a eficiência das operações e o potencial de lucro, especialmente em regiões onde o apoio governamental é restrito. Esses estudos corroboram a realidade enfrentada pelas associações em Curitiba, sugerindo que, em escala nacional, o setor carece de melhorias estruturais para promover maior impacto econômico e ambiental.

Em relação ao volume de plástico processado semanalmente, cerca de 83% das associações relatam lidar com mais de 1.000 kg desse material, enquanto os outros 17% recebem entre 500 e 1.000 kg, o que representa uma carga considerável para operações menores.

Entretanto, o alto volume vem acompanhado de dificuldades, pois parte desses plásticos possui baixa reciclabilidade. Como observado na Figura 13, em cerca de 31% das associações, esses materiais de baixa reciclabilidade representam menos de 10% do volume total, enquanto outras 64% apontam que compõem entre 10% e 30% dos resíduos processados. Aproximadamente 6% das associações relatam que os materiais de baixo valor ou difíceis de reciclar representam mais de 30% de todo o material plástico recebido. Esse percentual indica um desafio no manuseio de resíduos com baixa demanda e valor reduzido no mercado.

FIGURA 13 – PERCENTUAL DE MATERIAL PLÁSTICO RECEBIDO SEMANALMENTE COM BAIXO VALOR DE RECICLABILIDADE

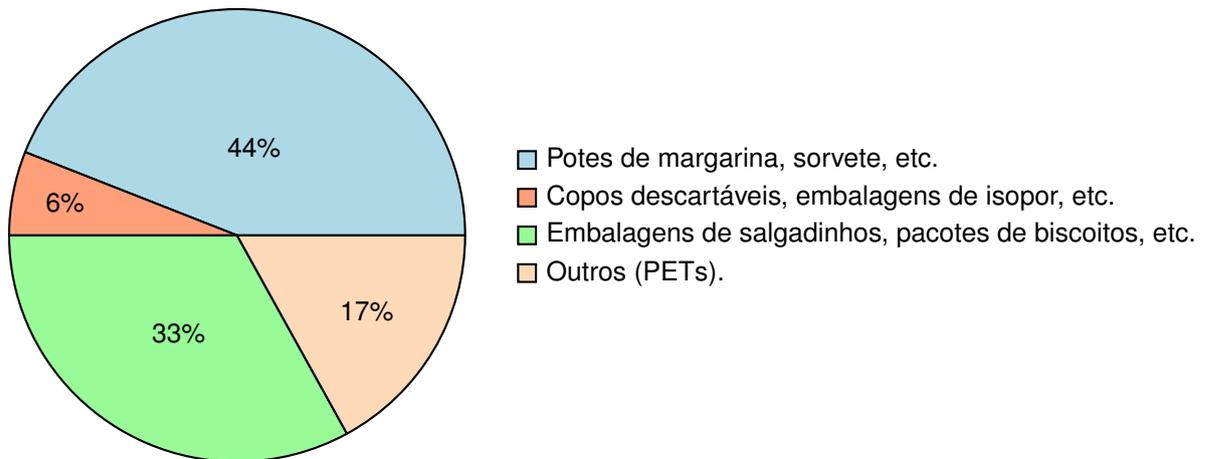


FONTE: A autora (2024)

Entre os materiais mais comuns processados estão embalagens de salgadinhos, copos descartáveis e PETs, como observado na Figura 14. Dessas embalagens, 97% dos respondentes afirmam que os pacotes de salgadinhos e biscoitos, majoritariamente produzidos em BOPP, são os mais difíceis de vender.

O alto volume de plástico processado semanalmente pelas associações também é um desafio comum em outras cooperativas de reciclagem no país. No estudo de Ferreira e Costa (2021) sobre cooperativas em Recife, foi observado que mais de 70% das cooperativas lidam com plásticos de baixo valor no mercado, como embalagens de BOPP, que são difíceis de vender e geralmente acumulam-se nos centros de triagem. Tal semelhança indica uma barreira significativa no setor, que poderia ser atenuada com incentivos para o desenvolvimento de tecnologias de reciclagem e criação de mercados específicos para esses materiais.

FIGURA 14 – TIPOS DE EMBALAGENS PLÁSTICAS MAIS RECEBIDAS PELAS ASSOCIAÇÕES



FONTE: A autora (2024)

Ademais, como exemplificado na Figura 15, cerca de 72% dos respondentes indicam que a principal dificuldade na venda desses materiais é a falta de procura por parte dos compradores, enquanto 19% citam o baixo valor de mercado e 8% mencionam a dificuldade de reciclagem como fator limitante. A ausência de interesse e o baixo valor comercial desses materiais dificultam a geração de receita para as associações.

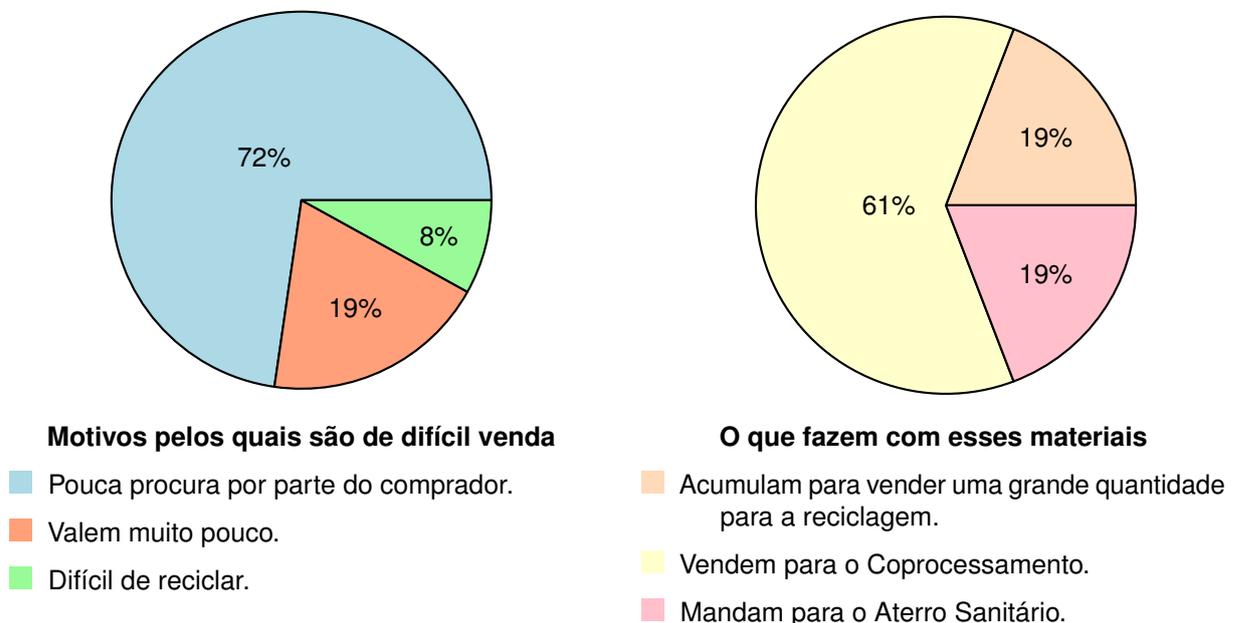
Para lidar com o manuseio de grandes quantidades de material, essas associações adotam práticas como acumular o plástico para venda em grandes lotes, o que facilita a comercialização e reduz custos logísticos. Como pode-se observar ainda na Figura 15, cerca de 19% dos respondentes utilizam essa estratégia, enquanto 61% destinam os materiais ao coprocessamento e 19% ao aterro sanitário, práticas que consideram alternativas responsáveis para o descarte. Em relação aos compradores de materiais recicláveis, a maioria das associações vende seus produtos recicláveis para empresas de reciclagem, com aproximadamente 78% das vendas destinadas a essas empresas, enquanto comerciantes locais respondem por 22% das transações.

A prática de acumular materiais para venda em grandes lotes reflete uma estratégia adotada por muitas cooperativas para reduzir os custos logísticos e tornar a venda economicamente viável. Estudos conduzidos por Mendes e Torres (2020) em cooperativas do interior de São Paulo mostraram que o acúmulo de materiais para negociação em maior escala é uma alternativa comum para cooperativas que operam com recursos limitados. Esse método, no entanto, requer espaço adequado de armazenamento e planejamento logístico, o que muitas vezes representa um desafio adicional para cooperativas menores.

Ademais, as dificuldades enfrentadas na venda de materiais plásticos com

baixa demanda e valor de mercado são amplamente documentadas em outros contextos. Carvalho e Oliveira (2022), ao analisarem cooperativas no sul de Minas Gerais, destacaram que a falta de procura por plásticos de baixa reciclabilidade, como PS e BOPP, representa um obstáculo econômico para os catadores. Esses materiais, com pouca atratividade comercial, tendem a gerar baixa receita e, muitas vezes, acabam sendo descartados em aterros, gerando custos adicionais para as associações. Esse cenário aponta para uma necessidade urgente de políticas de valorização e incentivo à reciclagem de plásticos de baixo valor, que ainda representam uma carga significativa para as cooperativas.

FIGURA 15 – MAIORES DIFICULDADES E GESTÃO DOS RESÍDUOS DE BAIXO VALOR DE RECICLABILIDADE



FONTE: A autora (2024)

Outrossim, os desafios mais citados estão relacionados à falta de mercado e à infraestrutura inadequada. Cerca de 70% das associações apontam a ausência de mercado para plásticos de baixa reciclabilidade como seu maior obstáculo, enquanto uma minoria destaca a falta de equipamentos e espaço como uma limitação importante. Muitas associações acreditam que melhorias na infraestrutura, como a aquisição de novos equipamentos e a expansão do espaço de armazenamento, poderiam aumentar a eficiência das operações e possibilitar o crescimento da renda.

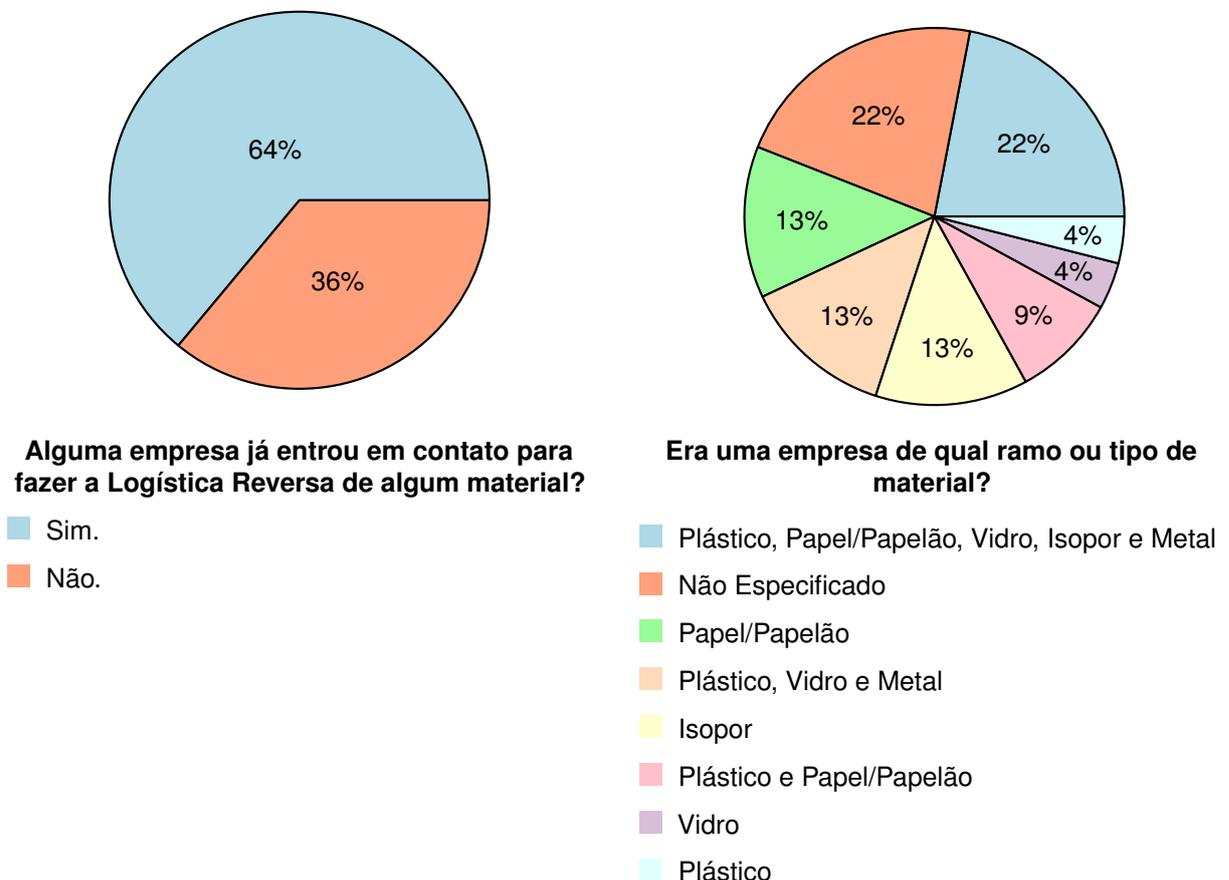
A falta de infraestrutura e a necessidade de equipamentos adicionais também são desafios documentados em outras regiões do Brasil. Gomes e Ribeiro (2021) observaram que, em cooperativas de Porto Alegre, a ausência de prensas e trituradores afeta negativamente o volume de material processado e a qualidade dos produtos reciclados. Além disso, estudos de Santos e Martins (2019) indicam que a expansão

do espaço físico e a atualização de equipamentos são elementos essenciais para que as cooperativas possam lidar com a crescente demanda por reciclagem. Tais investimentos não apenas aumentariam a eficiência das operações, mas também poderiam impulsionar a geração de renda, um ponto de grande relevância para as associações de catadores em Curitiba.

A integração das cooperativas de catadores nos sistemas de logística reversa tem sido objeto de diversos estudos no Brasil. Por exemplo, uma pesquisa realizada por Barbieri et al. (2014) analisou a participação de cooperativas de catadores em programas empresariais de logística reversa para reciclagem de embalagens pós-consumo. O estudo revelou que as cooperativas atuam como fornecedoras de primeira camada em setores como vidro, papelão, embalagens longa vida e plástico PET, evidenciando a importância dessas organizações na cadeia de reciclagem.

Quando questionadas sobre a Logística Reversa, 89% das associações afirmam saber o que esse termo significa. Dessas, 64% relatam já ter recebido alguma proposta de empresas interessadas em realizar a logística reversa de embalagens em parceria com a associação, sendo essas empresas de diversos setores, com destaque para as indústrias de Plástico e Papel, como observado na Figura 16.

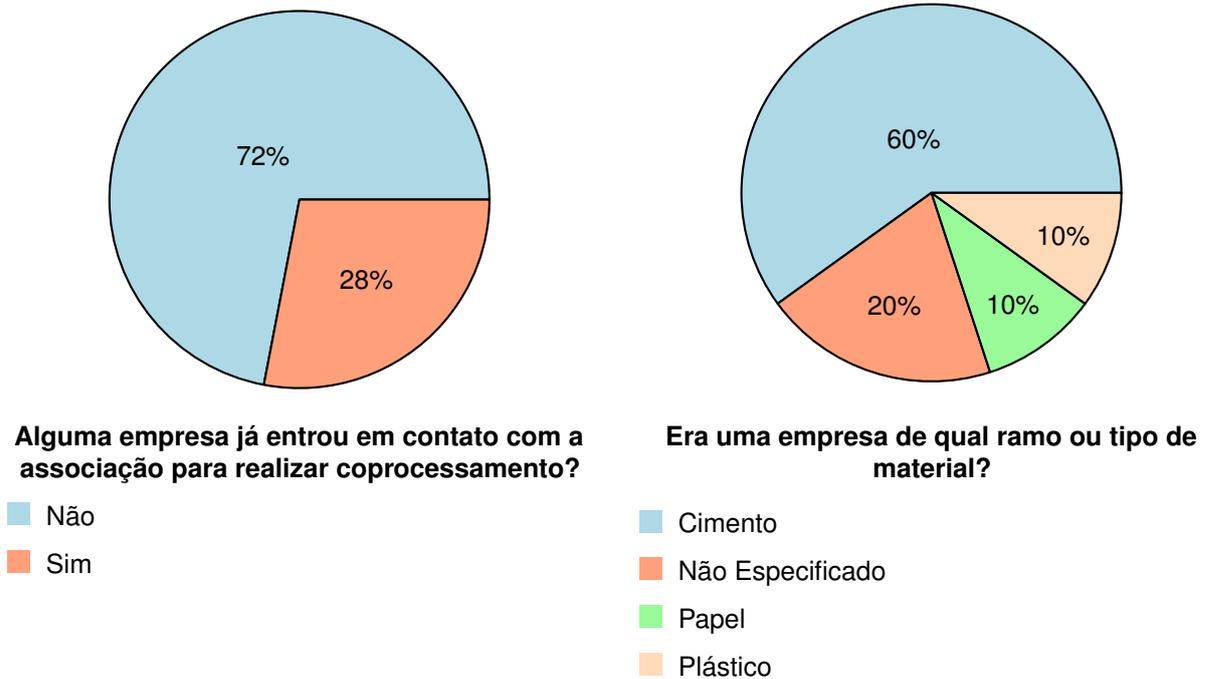
FIGURA 16 – QUESTIONAMENTOS SOBRE LOGÍSTICA REVERSA



FONTE: A autora (2024)

Já quando questionadas sobre o conhecimento em Coprocessamento, apenas 56% das associações afirmaram saber do que se tratava e, dentre essas, 27% relataram já ter recebido contato de alguma empresa interessada em estabelecer uma parceria para o coprocessamento de seus resíduos. O ramo majoritário dessas empresas é o de cimenteiras, conforme ilustrado na Figura 17.

FIGURA 17 – QUESTIONAMENTOS SOBRE COPROCESSAMENTO



FONTE: A autora (2024)

Observa-se que, além do maior número de associações que possuem conhecimento sobre a logística reversa, também há um aumento no número de empresas desse ramo que entraram em contato com as associações, evidenciando o crescente interesse por parte das empresas em realizar essa prática. A logística reversa é considerada por 97% dos entrevistados como uma alternativa mais sustentável e vantajosa de destinação dos resíduos em comparação ao coprocessamento.

Apesar das dificuldades, as associações reconhecem aspectos positivos em sua organização. Entre os pontos fortes estão a qualificação dos catadores e as parcerias estabelecidas com empresas, ambos mencionados como vantagens por mais de 50% dos respondentes. Esses fatores representam um diferencial competitivo, mostrando o valor das parcerias e da capacitação dos trabalhadores envolvidos.

Para o futuro, as associações enxergam oportunidades de expansão por meio do estabelecimento de novas parcerias empresariais e do aumento de suas receitas. Mais de 70% das associações expressam interesse em fortalecer a geração de renda e explorar novos mercados, visualizando essas parcerias como fundamentais para seu

crescimento econômico e para a sustentabilidade de suas atividades.

Entretanto, essas associações também enfrentam barreiras externas significativas. A maioria dos respondentes identifica a legislação ambiental inadequada e a falta de interesse das empresas como obstáculos importantes que limitam a expansão do mercado de reciclagem. A ausência de suporte regulatório e incentivo empresarial dificulta a comercialização de plásticos de baixa reciclabilidade, restringindo o impacto ambiental positivo que essas organizações poderiam alcançar.

Recentemente, o prefeito de Curitiba Rafael Greca anunciou um incentivo adicional ao setor, aumentando o valor da tonelada de resíduos sólidos urbanos paga às associações do programa EcoCidadão. Esse aumento foi possível por meio de uma parceria com as cimenteiras Votorantim e Itambé e com a empresa Packem, uma fábrica recicladora de garrafas PET, para o uso do Combustível Derivado de Resíduos Urbanos (CDRU). Com isso, o valor da tonelada de CDRU passou de R\$ 30 para R\$ 50 (CURITIBA, s.d.).

Entretanto, conforme Ferreira e Costa (2021), embora a iniciativa represente um progresso na valorização dos resíduos sólidos urbanos, ela ainda está distante de implementar plenamente os princípios da economia circular. O uso de resíduos como combustível alternativo, embora possa ser considerado mais sustentável em comparação à disposição em aterros sanitários, constitui uma solução intermediária que não aborda problemas estruturais do setor. Entre esses problemas estão a necessidade de redesenhar produtos para maior reciclabilidade, reduzir o consumo de materiais e estimular cadeias produtivas que priorizem o reaproveitamento total dos resíduos (FERREIRA; COSTA, 2021).

Nesse contexto, a queima de resíduos para a produção de CDRU pode ser classificada como um processo de "*downcycling*", no qual o material perde qualidade e valor ao ser utilizado de forma irreversível, em vez de ser reintegrado à cadeia produtiva como matéria-prima para novos produtos (FERREIRA; COSTA, 2021).

Ainda, conforme apontado por Ferreira e Costa (2021), a incineração de resíduos para recuperação de energia, embora apresente benefícios, pode desviar materiais potencialmente recicláveis de processos que os manteriam em circulação, reduzindo sua vida útil e, conseqüentemente, os benefícios da economia circular. Portanto, para alcançar os objetivos dessa abordagem, é fundamental investir em tecnologias avançadas de reciclagem, no redesenho de produtos para maior reciclabilidade e em políticas públicas que promovam a redução na geração de resíduos e a logística reversa (FERREIRA; COSTA, 2021).

Assim, o perfil das associações de catadores de Curitiba revela uma rede de organizações que, apesar de enfrentar obstáculos, possui grande potencial para

ampliar sua atuação caso receba o apoio e as condições necessárias para crescer. Essa compreensão é fundamental para que políticas públicas e programas de incentivo possam ser formulados de modo a fortalecer o setor de reciclagem e o impacto positivo dessas associações na região.

5.2 DETERMINAÇÃO DO PERFIL DAS EMPRESAS PARTICIPANTES DO ESTUDO

De maneira semelhante ao que foi realizado com as associações de catadores, a coleta de respostas junto a empresas de diferentes ramos de atuação foi essencial para compreender o papel e as responsabilidades dessas organizações na temática central deste estudo: a logística reversa de embalagens. A inclusão de empresas no levantamento permitiu identificar como diferentes setores da economia percebem e se posicionam diante de uma problemática crescente e altamente relevante para a gestão de resíduos sólidos.

De acordo com Barbieri et al. (2010), a colaboração entre empresas e outros atores da cadeia de reciclagem, como cooperativas de catadores, é essencial para o sucesso das iniciativas de logística reversa. Os autores destacam que a implementação de sistemas integrados exige o alinhamento entre práticas empresariais e políticas públicas, garantindo que todos os elos da cadeia estejam engajados na busca por soluções eficientes e sustentáveis.

Por se tratar de um público menos acessível, foi necessário adaptar a abordagem metodológica, com um número reduzido de questionamentos de modo a preservar a confidencialidade dos respondentes e estimular uma maior adesão ao estudo. A profundidade dos temas abordados foi cuidadosamente ajustada para garantir que os dados coletados fossem suficientes para traçar um panorama confiável e representativo, sem comprometer o anonimato dos participantes.

A pesquisa de Silva e outros (2017) também enfatiza a importância de adaptar metodologias de coleta de dados ao perfil das empresas, considerando aspectos como confidencialidade e especificidades de cada setor. Essa adaptação é crucial para obter informações precisas e representativas, que auxiliem na formulação de políticas públicas e estratégias empresariais eficazes na gestão de resíduos sólidos.

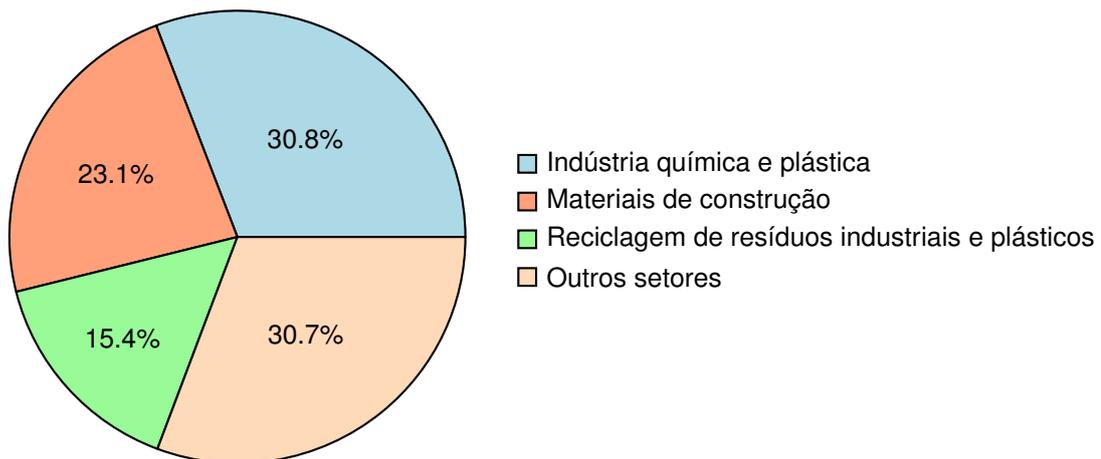
Participaram da pesquisa 13 empresas que possuem sede ou filiais no estado do Paraná, de diferentes setores e portes, variando desde pequenas organizações até grandes indústrias com centenas de funcionários. A diversidade de perfis permitiu obter uma visão ampla das práticas, percepções e desafios enfrentados no âmbito da logística reversa. Evidenciando como diferentes segmentos industriais estão lidando com a gestão de embalagens pós-consumo, seja por meio de práticas sustentáveis já implementadas ou das barreiras que ainda limitam a adoção de sistemas de logística

reversa mais eficientes.

Além disso, conforme aponta Leite (2009), a diversidade de setores empresariais envolvidos na logística reversa contribui para uma visão mais abrangente dos desafios e oportunidades na implementação dessas práticas. Essa heterogeneidade permite adaptar estratégias específicas para diferentes tipos de resíduos e mercados, promovendo maior eficácia na gestão.

Das respondentes, 38% das empresas se declararam de porte grande, 46% de porte médio e 15% de porte pequeno, representando uma amostra variada dos diferentes tipos de indústrias presentes no Brasil. Quanto à sua área de atuação, os setores predominantes incluem a indústria química e plástica, materiais de construção, reciclagem de resíduos industriais e plásticos, além de outros setores, como o automobilístico e alimentício, como pode-se observar na Figura 18.

FIGURA 18 – DISTRIBUIÇÃO DOS RAMOS DE ATUAÇÃO DAS EMPRESAS RESPONDENTES



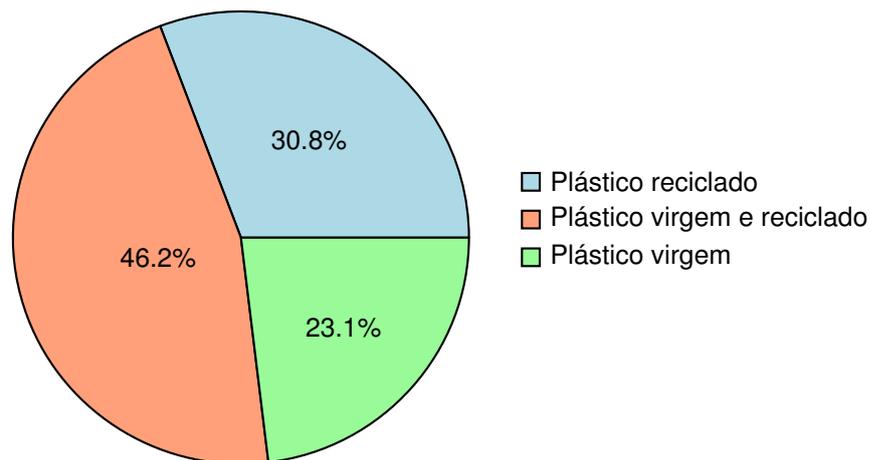
FONTE: A autora (2024)

Entre esses setores, a logística reversa tem ganhado maior relevância em segmentos como eletroeletrônicos, bebidas, embalagens e o próprio setor automotivo. No caso dos eletroeletrônicos, empresas têm implementado programas para recolhimento e reciclagem de produtos obsoletos, reutilizando materiais valiosos como metais raros e plásticos. Já a indústria de bebidas e embalagens se destaca pela recuperação de garrafas de vidro, PET e papelão, promovendo a economia circular. O setor automotivo, por sua vez, atua na logística reversa de baterias, pneus e peças metálicas, reaproveitando componentes e garantindo o descarte ambientalmente adequado. Essas iniciativas, como aponta Leite (2009), são impulsionadas tanto por exigências legais quanto pela crescente demanda por práticas sustentáveis, posicionando a logística reversa como uma ferramenta essencial para alinhar a atuação empresarial às demandas socioambientais e regulatórias.

Ademais, as empresas respondentes destacaram a utilização de diferentes matérias-primas em seus processos produtivos, com 31% utilizando exclusivamente plástico reciclado, 46% combinando plástico virgem e plástico reciclado, e 23% trabalhando exclusivamente com plástico virgem, como exemplificado na Figura 19.

Esses dados indicam um movimento significativo em direção ao reaproveitamento de materiais, especialmente por empresas de médio e grande porte. Quanto aos materiais fabricados e/ou reciclados, os mais mencionados incluem polímeros como PP (polipropileno), PE (polietileno), PS (poliestireno) e PVC, amplamente utilizados em embalagens, utensílios domésticos e componentes industriais. Essa diversificação de materiais reciclados e fabricados evidencia o potencial das empresas para contribuir com uma economia circular, uma vez que esses polímeros possuem alta demanda e ampla aplicabilidade em diversos setores da indústria.

FIGURA 19 – DISTRIBUIÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS PELAS EMPRESAS RESPONDENTES



FONTE: A autora (2024)

A utilização de plástico reciclado como matéria-prima principal, mencionada por 31% das empresas respondentes, reflete um movimento crescente no setor industrial em direção à sustentabilidade. Estudos como o de Silva et al. (2020b) destacam que o uso de plástico reciclado não apenas reduz a demanda por polímeros virgens, como também diminui os impactos ambientais associados à produção, como a emissão de gases de efeito estufa e o consumo de energia. Além disso, empresas que optam por combinar plástico reciclado e virgem, encontram um equilíbrio entre custo, qualidade do produto e práticas sustentáveis.

Contudo, o fato de quase um quarto das empresas utilizarem exclusivamente plástico virgem reflete barreiras significativas, como a ausência de infraestrutura adequada para reciclagem ou a dificuldade em acessar materiais reciclados de qualidade suficiente para atender às exigências de produção. Conforme destacado por Silva

(2020), os polímeros reciclados mais utilizados, como o PP e o PE, possuem ampla aplicabilidade em embalagens e utensílios industriais, desempenhando um papel fundamental na promoção da transição para uma economia circular.

Além disso, observou-se que 69% das empresas possuem alguma certificação ambiental, como a ISO 14001, indicando comprometimento com práticas sustentáveis alinhadas aos padrões internacionais. As práticas de sustentabilidade mais mencionadas incluem o uso de materiais recicláveis na produção, a redução no consumo de energia e a diminuição de emissões de gases de efeito estufa.

A adesão à logística reversa entre as empresas respondentes revelou-se significativa, com 77% das empresas afirmando já possuir um sistema de logística reversa implementado, enquanto 23% indicaram não ter iniciativas nesse sentido. Entre as empresas que adotaram a logística reversa, as práticas mais comuns incluem o recolhimento de embalagens pós-consumo, envio de resíduos para recicladoras (80%) e reaproveitamento de materiais no próprio processo produtivo (20%), principalmente no setor de plásticos.

Dessa forma, essas ações têm se mostrado eficazes para reduzir custos operacionais e minimizar impactos ambientais, conforme apontado por Silva (2020). Por outro lado, as empresas que ainda não implementaram essas práticas destacaram barreiras como altos custos e infraestrutura inadequada, evidenciando os desafios para ampliar a adesão. Os resultados reforçam a necessidade de políticas públicas e parcerias estratégicas que incentivem a implementação de sistemas de logística reversa e promovam sua eficácia no setor empresarial.

Ademais, entre as empresas que ainda não adotaram a logística reversa, destaca-se uma percepção positiva quanto aos potenciais benefícios de sua implementação. A melhoria da imagem da empresa foi citada como o principal atrativo por 67% dessas organizações, enquanto 33% mencionaram a redução de custos como uma vantagem relevante.

Além disso, 100% das empresas que ainda não possuem um sistema de logística reversa implementado declararam já ter considerado sua adoção no futuro, sendo que 67% planejam fazê-lo no médio prazo (3-5 anos) e 33% no curto prazo (1-2 anos). Esses resultados evidenciam que as empresas reconhecem o valor estratégico da logística reversa tanto para melhorar sua competitividade no mercado quanto para alinhar suas práticas às demandas ambientais e sociais contemporâneas.

Segundo Barbieri et al. (2010), a colaboração entre empresas e outros atores da cadeia de reciclagem, como cooperativas de catadores, é fundamental para superar essas barreiras. Além disso, conforme discutido por Leite (2009), a integração de estratégias de logística reversa permite adaptar soluções específicas para diferentes

mercados e resíduos, promovendo maior eficiência e impacto ambiental positivo.

Assim, o perfil das empresas participantes do estudo demonstra uma diversidade de portes e setores de atuação, refletindo a multiplicidade da economia brasileira. Com uma adesão significativa à logística reversa e iniciativas voltadas ao uso de matérias-primas recicladas, muitas dessas empresas apresentam práticas alinhadas à sustentabilidade e ao fortalecimento da economia circular. Contudo, as barreiras identificadas, como altos custos e infraestrutura insuficiente, indicam a necessidade de políticas públicas mais robustas e incentivos específicos para promover uma maior adesão a essas práticas. As empresas que ainda não implementaram a logística reversa, embora enfrentem desafios, demonstram interesse em adotar tais sistemas no futuro, o que evidencia o potencial desse segmento para ampliar seu impacto positivo na gestão de resíduos e no desenvolvimento sustentável.

5.3 APLICAÇÃO DA ANÁLISE HIERÁRQUICA ÀS RESPOSTAS DA ANÁLISE SWOT

Além da determinação do perfil das associações, o questionário objetivou realizar a Análise Hierárquica dos fatores e critérios abordados na Análise SWOT criada.

Através dos cálculos ante explicados e exemplificados na seção 4, foi possível chegar aos seguintes resultados de importância de cada um dos fatores.

Para os fatores do critério Forças, a matriz de comparação par a par se deu através da Tabela 3, possuindo Autovalor Principal $\lambda_{\max} = 3,054$ e uma Razão de Consistência $CR = 5,6\%$.

TABELA 3 – Matriz de Comparação Par a Par dos Fatores - FORÇAS

FORÇAS	Baixo custo de tratamento	Alta disponibilidade	Fácil manipulação
Baixo custo de tratamento	1	2	9
Alta disponibilidade	1/2	1	9
Fácil manipulação	1/9	1/9	1

FONTE: A autora (2024)

Gerando dessa forma o peso de 58%, 37% e 5%, respectivamente, para os fatores de Baixo custo de tratamento, Alta disponibilidade e Fácil manipulação.

A identificação do "Baixo custo de tratamento" como uma força significativa (58%) alinha-se com achados em estudos sobre reciclagem de materiais de baixo valor. Em seu estudo, Gonçalves e Ferreira (2021) ressaltam que a eficiência econômica e operacional é um fator essencial para a viabilidade da reciclagem de resíduos de menor

valor agregado, pois o baixo custo de tratamento torna o processo mais acessível e sustentável para empresas. Da mesma forma, a logística reversa de embalagens de baixo valor mostra-se economicamente favorável, principalmente quando comparada a outros materiais mais dispendiosos de reciclar.

Para os fatores do critério Oportunidades, a matriz de comparação par a par se deu através da Tabela 4, possuindo Autovalor Principal $\lambda_{\max} = 3,054$ e uma Razão de Consistência $CR = 5,6\%$.

TABELA 4 – Matriz de Comparação Par a Par dos Fatores - OPORTUNIDADES

OPORTUNIDADES	Aumento da renda dos trabalhadores	Parcerias com empresas	Novos mercados a serem explorados
Aumento da renda dos trabalhadores	1	9	9
Parcerias com empresas	1/9	1	1/2
Novos mercados a serem explorados	1/9	2	1

FONTE: A autora (2024)

Gerando dessa forma o peso de 81%, 7% e 11%, respectivamente, para os fatores de Aumento da renda dos trabalhadores, Parcerias com empresas e Novos mercados a serem explorados.

A oportunidade "Aumento da renda dos trabalhadores" (81%) é outro ponto que encontra respaldo na literatura. Segundo Chaves e Batalha (2006), a logística reversa, quando implementada de forma abrangente, não apenas beneficia o meio ambiente, mas também contribui para o aumento da renda de catadores e outros trabalhadores no setor, reforçando a importância desse fator como uma oportunidade econômica relevante. Esse aumento de renda é um incentivo direto para a participação e o engajamento na reciclagem, o que fortalece a cadeia de valor da logística reversa.

Para os fatores do critério Fraquezas, a matriz de comparação par a par se deu através da Tabela 5, possuindo Autovalor Principal $\lambda_{\max} = 3,000$ e uma Razão de Consistência $CR = 0,0\%$.

TABELA 5 – Matriz de Comparação Par a Par dos Fatores - FRAQUEZAS

FRAQUEZAS	Falta de mercado	Ausência de equipamentos adequados	Espaço de armazenamento insuficiente
Falta de mercado	1	9	9
Ausência de equipamentos adequados	1/9	1	1
Espaço de armazenamento insuficiente	1/9	1	1

FONTE: A autora (2024)

Gerando dessa forma o peso de 82%, 9% e 9%, respectivamente, para os fatores de Falta de mercado, Ausência de equipamentos inadequados e Espaço de armazenamento insuficiente.

A "Falta de mercado" como fraqueza predominante (82%) é consistente com desafios encontrados na comercialização de materiais reciclados de baixo valor. Lima (2024) observam que a limitação do mercado para esses materiais é um entrave comum em sistemas de logística reversa, uma vez que a baixa demanda torna a operação menos atrativa financeiramente. Esse ponto sugere que políticas de incentivo e conscientização de mercado são essenciais para ampliar a viabilidade desses processos.

E, por fim, para os fatores do critério Ameaças, a matriz de comparação par a par se deu através da Tabela 6, possuindo Autovalor Principal $\lambda_{\max} = 3,029$ e uma Razão de Consistência $CR = 3,0\%$.

TABELA 6 – Matriz de Comparação Par a Par dos Fatores - AMEAÇAS

AMEAÇAS	Variação no preço	Legislação inadequada e ineficiente	Ausência de procura e interesse das empresas
Variação no preço	1	1	1/3
Legislação inadequada e ineficiente	1	1	1/5
Ausência de procura e interesse das empresas	3	5	1

FONTE: A autora (2024)

Gerando dessa forma o peso de 18%, 16% e 66%, respectivamente, para os fatores de Variação no preço, Legislação inadequada e ineficiente e Ausência de procura e interesse das empresas.

A ameaça "Ausência de procura e interesse das empresas" (66%) reflete uma barreira identificada por Silva (2023), que destacam a importância da participação empresarial para o sucesso da logística reversa. Segundo seu estudo, a falta de interesse das empresas em adquirir materiais recicláveis de baixo valor se deve, em parte, à falta de incentivos e de regulamentações que estimulem essa prática. Assim, aumentar o envolvimento empresarial e implementar incentivos fiscais poderiam contribuir para superar essa barreira.

Através desse processamento numérico, determinaram-se as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças mais relevantes. Assim, realizando a análise dos pesos dos fatores, os pesos mais importantes em cada critério e, conseqüentemente, os pesos atribuídos a cada critério foram:

- **FORÇAS:** Peso do fator mais importante = 0,5820.
- **OPORTUNIDADES:** Peso do fator mais importante = 0,8142.
- **FRAQUEZAS:** Peso do fator mais importante = 0,8182.
- **AMEAÇAS:** Peso do fator mais importante = 0,6586.

Com base nesses pesos, a matriz de comparação foi construída atribuindo valores conforme a importância relativa entre os critérios:

Comparando Forças com Oportunidades e Fraquezas, que tem fatores mais relevantes (0,8142 e 0,8182 contra 0,5820), foram atribuídos valores de importância iguais a 3. Já em comparação com Ameaças (0,6586), foi atribuída a magnitude 5, refletindo uma importância forte.

Comparando Oportunidades com Forças, foi atribuído $\frac{1}{3}$, indicando maior importância. Em comparação com Fraquezas, foi atribuído 2, refletindo uma importância ligeiramente maior. Com Ameaças, foi atribuído 4, indicando importância forte.

Comparando Fraquezas com Forças e Oportunidades, foram atribuídos valores de $\frac{1}{3}$ e $\frac{1}{2}$, respectivamente, mostrando que esses critérios são mais importantes. Em comparação com Ameaças, foi atribuído importância 3.

Como critério de ameaças já foi dimensionado nas comparações anteriores, apenas foram atribuídos valores inversos aos já determinados em comparação com os demais critérios.

Assim, a matriz de comparação formada ficou da forma observada na Tabela 7. A matriz final foi construída considerando os pesos mais importantes dos subcritérios de cada critério e as relações de importância relativa entre eles. Essa abordagem permitiu atribuir valores coerentes e consistentes para a análise.

TABELA 7 – Matriz de Comparação Par a Par dos Critérios

CRITÉRIOS	Forças	Oportunidades	Fraquezas	Ameaças
Forças	1	3	3	5
Oportunidades	1/3	1	2	4
Fraquezas	1/3	1/2	1	3
Ameaças	1/5	1/4	1/3	1

FONTE: A autora (2024)

Tornando-se então a matriz principal observada na Equação 5.1:

$$\text{Matriz de Comparação entre Critérios} = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 & 5 \\ \frac{1}{3} & 1 & 2 & 4 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 & 3 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

Os pesos relativos de cada critério foram obtidos calculando a média dos valores de cada linha da matriz normalizada:

- **FORÇAS:** 51%
- **OPORTUNIDADES:** 25%
- **FRAQUEZAS:** 16%
- **AMEAÇAS:** 7%

O autovalor principal (λ_{\max}) foi calculado para verificar a consistência da matriz:

$$\lambda_{\max} \approx 4,111 \quad (5.2)$$

A Razão de Consistência (CR) foi calculada como:

$$CR \approx 0,041 \text{ (ou } 4,1\%) \quad (5.3)$$

Como o valor de CR foi menor que 10%, a matriz pode ser considerada consistente.

Assim, a análise revelou que o critério Forças é o mais importante, com um peso de 51%, seguido por Oportunidades com 25%. Fraquezas e Ameaças apresentam menores importâncias relativas, com 16% e 7%, respectivamente. Portanto, a atenção principal deve ser dada às Forças, seguidas pelas Oportunidades, para estratégias e tomadas de decisão eficazes.

Finalmente, com as informações e dados observados, determinou-se a fase na qual se encontra a gestão da Logística Reversa de embalagens de baixo valor de reciclabilidade através do mecanismo proposto em seção 3.9, dando um grau de importância aos componentes da metodologia SWOT para posteriormente cruzá-los de acordo com os quadrantes da matriz.

Portanto, a gestão da logística reversa de embalagens com baixo valor de reciclabilidade, objeto do presente estudo, situa-se na fase de “Desenvolvimento”, como observado na Figura 9.

Esse quadrante ou fase, como indica Pagano (2003), descreve às organizações que estão no início de sua vida, a fase "madura" do crescimento no atual ciclo. Chang e Huang (2006 apud FARIA, 2011) ressaltam que as empresas e organizações nessa fase têm muitas possibilidades de prosperar e possuem fortemente a presença dos seus aspectos positivos ao seu favor.

Os pesos atribuídos revelam informações essenciais sobre o impacto de cada fator nos critérios analisados. No critério Oportunidades, o fator com maior peso foi o "Aumento da renda dos trabalhadores"(81%), sugerindo que esse parâmetro é uma motivação importante para os envolvidos na logística reversa. Esse aumento de renda não apenas melhora a qualidade de vida dos trabalhadores, mas também pode incentivar maior adesão ao programa de reciclagem. No critério Fraquezas, a “Falta de mercado” (82%) mostrou-se como o maior desafio, o que reforça a necessidade de estratégias que possam viabilizar o mercado para produtos de baixo valor reciclável.

Além disso, é possível explorar as interações entre Forças e Oportunidades como mecanismos para mitigar as Fraquezas e Ameaças. Por exemplo, o fator "Baixo custo de tratamento"(58% em Forças) pode compensar a falta de mercado ao permitir que as operações sejam sustentáveis com menor retorno financeiro. Da mesma forma, o fator "Aumento de renda dos trabalhadores"(81% em Oportunidades) pode servir como motivador para aumentar a adesão e o envolvimento dos trabalhadores, reduzindo o impacto da “Falta de mercado”.

De modo geral, os resultados deste estudo estão em consonância com a literatura existente, que reconhece tanto as vantagens econômicas e ambientais da logística reversa quanto os desafios operacionais e de mercado associados à reciclagem de materiais de baixo valor. A identificação de forças e oportunidades sugere que, apesar das fraquezas e ameaças, há potencial para o desenvolvimento e aprimoramento de práticas de logística reversa em Curitiba, especialmente com o apoio de políticas públicas e incentivos econômicos que promovam a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental.

CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que, embora a logística reversa de resíduos de baixo valor de reciclabilidade enfrente desafios significativos, como a falta de mercado e infraestrutura inadequada de empresas e associações, ela apresenta um potencial expressivo para contribuir com a sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos urbanos. As forças identificadas, como o baixo custo de tratamento, e as oportunidades, como o aumento da renda dos trabalhadores, reforçam que com incentivos e investimentos adequados, é possível ampliar a eficácia dessas iniciativas.

A falta de mercado, destacada como a maior fraqueza, limita a viabilidade econômica, mas estratégias como parcerias empresariais e incentivos fiscais podem mitigar esse entrave. Além disso, a valorização das associações de catadores e o estímulo à inclusão social são elementos essenciais para fortalecer a cadeia de reciclagem e integrar a logística reversa a uma economia circular.

Assim, recomenda-se a implementação de políticas públicas robustas e parcerias estratégicas para aproveitar as forças e oportunidades identificadas, reduzindo o impacto das fraquezas e ameaças. O cenário observado em Curitiba pode servir de modelo para outras regiões, demonstrando que é possível equilibrar sustentabilidade, viabilidade econômica e impacto social positivo.

Por fim, a logística reversa se apresenta como um instrumento fundamental para o desenvolvimento sustentável, desde que apoiada por esforços conjuntos de empresas, associações e governo, promovendo avanços na gestão de resíduos e no fechamento do ciclo produtivo.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R.; SPERANZA, J. S.; PETITGAND, C. **Resíduos Lixo Zero**. [S.l.: s.n.], 2013. Disponível em: <https://www.ethos.org.br/wp-content/uploads/2013/09/Residuos-Lixo-Zero.pdf>. Citado 1 vez na página 38.
- AFF AMBIENTAL. **Serviços da AFF Ambiental**. [S.l.: s.n.], 2024. Acesso em: 25 jun. 2024. Disponível em: <https://affambiental.com.br/>. Citado 2 vezes na página 43.
- ALMEIDA, C. A. A. et al. Coprocessamento de resíduos em fornos de cimento: estudo de caso em Minas Gerais. In: X Congresso Brasileiro de Energia Solar, Fotovoltaica, Eólica, Eficiência Energética e Matriz Elétrica Sustentável (CBE). Belo Horizonte: UNIFENAS, 2020. Citado 4 vezes nas páginas 40, 41.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. [S.l.: s.n.], 2015. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Citado 2 vezes nas páginas 19, 23.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação**. [S.l.: s.n.], 2024. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=2702>. Citado 1 vez na página 19.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023**. São Paulo, Brasil: ABREMA, 2023. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/download-panorama-2023/>. Citado 4 vezes nas páginas 21–23.
- BARBIERI, J. C.; DIAS, S. M.; ALVES, A. P. F. Atuação de Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis na Logística Reversa de Resíduos Sólidos Pós-Consumo. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 45–62, 2014. Disponível em: https://pesquisa-eaesp.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/arquivos/jose_carlos_barbieri_atuacao_de_cooperativas. Citado 1 vez na página 66.
- BARBIERI, J. C.; VASCONCELOS, I. F. G. de; JUNIOR, T. W.; VASCONCELOS, F. C. de. Inovação e Sustentabilidade: Novos Modelos e Proposições. **RAE-Revista de Administração de Empresas**, v. 50, n. 2, p. 146–154, 2010. Disponível em: <https://hml-bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rae/article/view/31280>. Citado 2 vezes nas páginas 69, 72.
- BATEMAN, T. S.; SNELL, S. A. **Administração: novo cenário competitivo**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2010. Citado 2 vezes na página 45.

BENAVIDES, R. J. P. **Administración**. 2. ed. México D.F., México:

McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A., 2014. Citado 3 vezes na página 46.

BRAGA, A. F.; RIBEIRO, H. Como São Francisco se tornou paradigma na gestão de resíduos sólidos urbanos. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 14, n. 29, p. 18–24, 2018. Disponível em: <https://periodicos.utfrpr.edu.br/rts>. Acesso em: 5 jun. 2024. Citado 2 vezes na página 36.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. [S.l.: s.n.], 2010. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Citado 7 vezes nas páginas 16, 20, 22, 32, 37.

_____. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Planares**. Brasília, DF: MMA, 2022. ISBN 978-65-88265-15-4. Disponível em:

<https://portal-api.sinir.gov.br/wp-content/uploads/2022/07/Planares-B.pdf>. Citado 4 vezes nas páginas 34, 35.

_____. **Projeto de Lei n.º 1.228, de 2020**. [S.l.]: Câmara dos Deputados, 2020.

Dispõe sobre a proibição, em todo território nacional, da fabricação, comercialização e uso de produtos plásticos de único uso. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1937374#:~:text=O%20. Citado 1 vez na página 27.

CARVALHO, T.; OLIVEIRA, R. Impactos Econômicos da Falta de Demanda por Plásticos de Baixa Reciclabilidade em Cooperativas de Minas Gerais. **Revista de Economia e Sustentabilidade**, v. 9, n. 4, p. 145–159, 2022. Citado 1 vez na página 65.

CHACÓN, A.; LÓPEZ, M.; ROMERO, J. **Normas para la elaboración y presentación de trabajos de grado**. Venezuela: [s.n.], 2008. P. 142. Citado 1 vez na página 51.

CHAVES, G.; BATALHA, M. Logística Reversa como Prática de Responsabilidade Ambiental. **Gestão Produção**, 2006. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/gp/a/Lrp6CxM5gvgCxNc84WLgKHB/?format=pdf>. Citado 1 vez na página 74.

CHEN, Y.; WANG, X.; LIU, Z.; HUANG, W. Challenges and Solutions in the Recycling of Common Plastics: PVC and Polystyrene. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 22, n. 3, p. 567–579, 2020. Citado 7 vezes nas páginas 32, 33.

COALIZÃO EMBALAGENS. **Acordo setorial para implantação do sistema de logística reversa de embalagens em geral**. [S.l.: s.n.], 2015.

https://www.coalizacaoembalagens.com.br/wp-content/uploads/2019/12/Acordo_embalagens.pdf. Citado 3 vezes na página 32.

COSTA, T. H. C. d.; LUCIAN, R. Análise de direcionadores estratégicos na logística reversa. **Revista de Logística Reversa**, v. 12, n. 2, p. 157–170, 2008. Acesso em: 23 jun. 2024. Citado 1 vez na página 39.

CREATIVE DECISIONS FOUNDATION. **SuperDecisions Software**. [S.l.], 2024. Versão 3.2 para macOS. Disponível em: <https://www.superdecisions.com>. Citado 1 vez na página 60.

DIAS, R.; ALVES, J. Desafios Estruturais em Cooperativas de Reciclagem: Um Estudo no Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Sustentabilidade**, v. 15, n. 2, p. 121–134, 2020. Citado 1 vez na página 62.

DUTRA, D. V. **A análise SWOT no brand DNA process: um estudo da ferramenta para aplicação em trabalhos em branding**. 2014. F. 241. Dissertação (Mestrado em Design e Expressão Gráfica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Comunicação e Expressão, Florianópolis, SC. Citado 3 vezes na página 45.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Germany's Deposit Refund Scheme**. [S.l.: s.n.], 2020. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu>. Citado 2 vezes nas páginas 31, 39.

EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL. **Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain directives**. [S.l.: s.n.], 2008. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=EN>. Citado 3 vezes nas páginas 16, 20, 21.

EUROPEAN UNION. **Directive (EU) 2019/904 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment**. [S.l.: s.n.], 2019. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019L0904>. Citado 2 vezes nas páginas 26, 27.

FARIA, F. P. **Avaliação do desempenho ambiental do processo de reciclagem de poliolefinas utilizando as ferramentas produção mais limpa, análise envoltória de dados e análise SWOT**. 2011. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Polímeros) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano, Rio de Janeiro. Citado 3 vezes na página 47.

FEIJÓ, A. C. et al. Planejamento estratégico de PMEs: um estudo de caso no segmento de reciclagem de plástico industrial no estado do Rio de Janeiro. In: XI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. [S.l.: s.n.], Outubro 2014. Citado 1 vez na página 46.

- FERREIRA, M.; GOMES, A. Desafios e Oportunidades para a Reciclagem de Resíduos Plásticos no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 123–139, 2020. Citado 3 vezes na página 16.
- FERREIRA, P.; COSTA, L. Desafios na Reciclagem de Plásticos de Baixo Valor em Cooperativas de Recife. **Gestão Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 201–215, 2021. Citado 6 vezes nas páginas 63, 68.
- FERRELL, O. C.; HARTLINE, M. D. **Estratégia de marketing**. 5. ed. Santa Fe, México D.F., México: Cengage Learning Editores S.A. de C.V., 2012. Citado 2 vezes na página 45.
- FIRSTA GROUP. **Understanding the Difference Between PP and BOPP**. [S.l.: s.n.]. <https://www.firstagroup.com/news/understanding-the-difference-between-pp-and-bopp>. Acesso em: 23 jun. 2024. Citado 1 vez na página 27.
- FREITAS, V. P. d. Os resíduos sólidos na civilização de consumo: desafio para a existência de um desenvolvimento sustentável. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, v. 1, n. 1, p. 81–107, 2010. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6172829.pdf>. Citado 1 vez na página 19.
- GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, v. 3, n. 7, e1700782, 2017. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1700782>. Citado 6 vezes nas páginas 19, 24, 26, 31.
- GHOSH, S. K.; PARLIKAR, U. V.; KARSTENSEN, K. H. Sustainable Management of Wastes Through Co-processing. In: JOURNAL of Material Cycles and Waste Management. [S.l.]: Springer, 2020. P. 17–33. Citado 3 vezes nas páginas 39, 40.
- GIBBS, G. R. **Analyzing Qualitative Data**. 1st. London: SAGE Publications Ltd, 2009. ISBN 9781849201561. Citado 1 vez na página 52.
- GOEPEL, K. D. Implementation of an Online Software Tool for the Analytic Hierarchy Process (AHP-OS). **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, v. 10, n. 3, p. 469–487, 2018. DOI: 10.13033/ijahp.v10i3.590. Disponível em: <https://doi.org/10.13033/ijahp.v10i3.590>. Citado 1 vez na página 60.
- GOMES, L.; RIBEIRO, F. A Importância de Infraestrutura Adequada em Cooperativas de Reciclagem: Evidências de Porto Alegre. **Estudos de Gestão Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 88–102, 2021. Citado 1 vez na página 65.
- GONÇALVES, A.; FERREIRA, L. Destinação Adequada de Embalagens e Práticas de Logística Reversa. **Fateclog**, 2021. Disponível em: <https://fateclog.com.br/anais/2021/parte2/716-955-1-RV.pdf>. Citado 1 vez na página 73.

GOVINDAN, K.; SARKIS, J.; PRESLEY, A. M. Fluxos reversos e sua importância para a economia circular. **Journal of Cleaner Production**, v. 43, p. 101–112, 2015. Acesso em: 23 jun. 2024. Citado 1 vez na página 39.

HERNÁNDEZ, C. T.; MARINS, F. S.; CASTRO, R. C. Modelo de gerenciamento da logística reversa. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 19, n. 3, p. 445–456, 2012. Citado 3 vezes na página 48.

HÍJAR, G. F. **Planeación estratégica: la visión prospectiva**. México: Limusa, 2014. Citado 2 vezes na página 45.

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. **Urban Development Series**, 2012. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>. Citado 1 vez na página 31.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2022**. [S.l.: s.n.], 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Citado 6 vezes nas páginas 22, 42.

INTEGRITY, C. **Fraud of Plastic Recycling**. [S.l.: s.n.], 2024. Acesso em: 5 jun. 2024. Disponível em: <https://climateintegrity.org/uploads/media/Fraud-of-Plastic-Recycling-2024.pdf>. Citado 1 vez na página 25.

ISHOLA, M.; TILLI, C. Waste-to-energy solutions in Uppsala, Sweden. In: **RENEWABLE Energy and Sustainable Buildings**. Cham: Springer International Publishing, 2020. P. 529–535. Citado 3 vezes na página 37.

JAMBECK, J. R. et al. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science**, v. 347, n. 6223, p. 768–771, 2015. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1260352>. Citado 2 vezes nas páginas 31, 33.

JOHNSON, G.; SCHOLLES, K.; WHITTINGTON, R. **Dirección estratégica**. Madrid: Pearson Education, S.A., 2006. Citado 1 vez na página 47.

JURAS, P. E. **Waste Management Practices: Municipal, Hazardous, and Industrial**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2005. ISBN 9780849319126. Citado 2 vezes na página 21.

KIM, D.; PHAE, C. Analysis of the Environmental and Economic Effect of the Co-Processing of Waste in the Cement Industry in Korea. **Sustainability**, v. 14, n. 23, p. 15820, 2022. Acesso em: 24 jun. 2024. Citado 2 vezes na página 40.

KNIGHTS, C. **Sustainable Cities Index 2022**. 2022. Disponível em: <https://www.corporateknights.com/wp-content/uploads/2022/06/2022-Sustainable-Cities-Report.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2024. Citado 1 vez na página 36.

LARBI, M.; KELLETT, J.; PALAZZO, E. Urban sustainability transitions in the global south: A case study of Curitiba and Accra. **Urban Forum**, v. 33, n. 2, p. 223–244, 2022. Citado 1 vez na página 43.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: Meio Ambiente e Competitividade**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. Citado 6 vezes nas páginas 37, 38, 70, 72.

LIMA, P. e. a. Desafios na Gestão de Resíduos Sólidos na Indústria Alimentícia. **Revista P2P**, 2024. Disponível em: <https://revista.ibict.br/p2p/article/view/6881>. Citado 1 vez na página 75.

LINS, M. P. **Organização e funcionamento das associações de catadores de materiais recicláveis em Curitiba**. 2018. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Paraná. Citado 2 vezes na página 44.

MAÇÃES, M. **Planeamento, Estratégia e Tomada de Decisão - Vol IV**. Portugal: Grupo Almedina, 2018. E-book. ISBN 9789896942274. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9789896942274/>. Acesso em: 19 nov. 2023. Citado 2 vezes na página 51.

MACHADO, C. J.; PIRES, J. L.; OLIVEIRA, S. M.; MOCCELLIN, J. V. Coleta seletiva e inclusão social: um estudo sobre a realidade de catadores de materiais recicláveis em municípios brasileiros. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 23, e24338, 2019. DOI: 10.5902/2236117032693. Citado 2 vezes na página 34.

MAGALHÃES, A. S.; PIASSI, L. M.; AGUIAR, E. M. d. Logística reversa de eletrodomésticos da linha branca: processo de escolha pelo método de análise hierárquica (AHP). In: FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO. ANAIS do XIV Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais – SIMPOI. São Paulo: [s.n.], 2011. Citado 2 vezes nas páginas 48, 49.

MAJLESSI, M.; VAEZI, A.; RABORI, M. M. Strategic management of solid waste in Tehran: a case study in District n°. 1. **Environmental Health Engineering and Management Journal**, v. 2, n. 2, p. 59–66, 2015. Citado 2 vezes na página 47.

MARINS, C. S.; SOUZA, D.; BARROS, M. O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais: um estudo de caso. In: ANAIS do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Porto Seguro, Bahia: [s.n.], 2009. P. 1779–1788. Citado 1 vez na página 49.

MARTÍNEZ, P. C. El método de estudio de caso: estratégia metodológica de la investigación científica. **Rev. Pensamiento y Gestión**, División de Ciencias Administrativas de la Universidad del Norte, Colombia, n. 20, p. 165–193, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 51, 52.

- MENDES, A.; TORRES, S. Estratégias de Comercialização em Cooperativas de Reciclagem: Um Estudo em São Paulo. **Logística e Desenvolvimento**, v. 5, n. 3, p. 98–112, 2020. Citado 1 vez na página 64.
- MENDES, M. F. Gestão de resíduos sólidos: caracterização e tratamento. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 14, n. 2, p. 134–142, 2021. Acesso em: 23 jun. 2024. Citado 1 vez na página 41.
- MORO, A.; SOUZA, J. Logística reversa e sustentabilidade: um estudo sobre a gestão de resíduos sólidos. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 9, n. 2, p. 154–171, 2020. Citado 1 vez na página 37.
- OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES - INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Índice de Bem-Estar Urbano (IBEU) 2023**. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <https://www.observatoriodasmetrolopes.net>. Citado 1 vez na página 42.
- OCHARÁN, J. L. S. **Avaliação da coleta e reciclagem do poliestireno expandido visando o incremento da logística reversa no Brasil**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica & Escola de Química, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli2087.pdf>. Citado 9 vezes nas páginas 46, 48–50, 54, 55.
- OLIVEIRA, J. R. Resíduos Plásticos e Sustentabilidade: Uma Revisão dos Desafios e Soluções na Gestão de Resíduos. **Revista de Engenharia Ambiental**, v. 26, n. 3, p. 301–315, 2021. Citado 1 vez na página 16.
- OLIVEIRA, R. et al. Impact of contamination on the recycling of plastic waste: A case study in urban areas. **Journal of Environmental Management**, v. 220, p. 235–244, 2019. Citado 3 vezes na página 31.
- OPENAI. **Imagem gerada por inteligência artificial utilizando DALL-E**. [S.l.]: OpenAI, 2024. Imagem personalizada gerada para uso em trabalho acadêmico. Disponível em: <https://chat.openai.com>. Acesso em: 27 nov. 2024. Citado 0 vezes nas páginas 28–30.
- PARK, S. Y.; KIM, S. H. Polypropylene: Structure, Properties, Manufacturing Processes, and Applications. **Journal of Polymer Science**, v. 55, n. 3, p. 254–260, 2019. Citado 3 vezes nas páginas 28, 30.
- PICKTON, D. W.; WRIGHT, S. What's swot in strategic analysis? **Strategic Change**, v. 7, n. 2, p. 101–109, 1998. Citado 1 vez na página 47.
- PIZARRO, G. E. S.; ROSA, R. R.; SOARES, R. C.; FERREIRA, M. Coleta seletiva e sua relação com a preservação do meio ambiente. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 22, e29154, 2018. DOI: 10.5902/2236117030309. Citado 1 vez na página 34.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Relatório de Desenvolvimento Humano 2023**. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em:

<https://www.pnud.org>. Citado 3 vezes na página 42.

PROJETO de Lei n.º 1874, de 2022. [S.l.: s.n.], 2022a. <https://www.lexml.gov.br/urn/urn:lex:br:senado:federal:projeto.lei;pl:2022;1874>.

Acesso em: 25 jun. 2024. Citado 1 vez na página 26.

PROJETO de Lei n.º 2524, de 2022. [S.l.: s.n.], 2022b.

<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/155736>.

Acesso em: 25 jun. 2024. Citado 1 vez na página 27.

RAHARJO, S. et al. Community-based solid waste bank program for municipal solid waste management improvement in Indonesia: a case study of Padang city. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, mai. 2015. Published Online. Citado 2 vezes na página 47.

RODRIGUES, A. et al. Planejamento estratégico de uma empresa do ramo farmacêutico: um estudo de caso do município de Cantagalo - PR. In: 1. SEMINÁRIO de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFFS. [S.l.: s.n.], 2016. v. 6. Anais. Citado 3 vezes nas páginas 39, 46.

RODRIGUES, C. d. S. **Desafios e oportunidades da Logística Reversa no Brasil**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Citado 1 vez na página 38.

RODRIGUES, R. G.; BARBOSA, M. F.; CORRÊA, D. P.; VARELA, C. L. Coleta seletiva como prática educativa ambiental em escolas públicas de ensino fundamental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 25–43, 2020. DOI: 10.13115/2236-1170v15n5p25. Citado 2 vezes nas páginas 33, 34.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. D. **Decision Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Application with Benefits, Opportunities, Costs and Risks**. Pittsburgh, PA, EUA: [s.n.], 2006. Citado 1 vez nas páginas 49, 59.

SABIÁ, R. **Logística reversa aplicada à gestão, tecnologias e padrões de resíduos em cidades em busca da sustentabilidade**. [S.l.], 2015. P. 34. Citado 2 vezes na página 50.

SANTOS, E.; MARTINS, P. O Papel da Infraestrutura na Eficiência de Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis. **Revista Brasileira de Política Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 33–48, 2019. Citado 1 vez na página 65.

SANTOS, E. D. S. d. **Análise da implantação da logística reversa de embalagens no Brasil**. 2013. F. 121. Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro. Citado 2 vezes na página 45.

- SANTOS, L. M. **O papel dos catadores de materiais recicláveis na gestão de resíduos sólidos em Curitiba**. 2017. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Paraná. Citado 2 vezes nas páginas 44, 45.
- SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE DE CURITIBA. **Coleta Seletiva**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/coleta-seletiva/309>. Citado 8 vezes nas páginas 35, 36, 42, 43, 62, 68.
- SENA, J. L. d. et al. Análise estratégica do plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos do município de Pedras de Fogo - Paraíba. **Revista Ambiental**, v. 1, n. 2, p. 21–33, Abr/Jun 2015. Citado 2 vezes na página 47.
- SILVA, L. C. et al. Logística Reversa e a Economia Circular: Estudos de Caso no Setor de Plásticos. **Revista de Sustentabilidade Industrial**, v. 7, n. 1, p. 47–62, 2019. Citado 1 vez na página 16.
- SILVA, L. M. d.; SILVA, A. R. D. Planejamento estratégico de uma experiência pedagógica inovadora. **Revista Pesquisa e Tecnologia - Minerva**, v. 6, n. 1, p. 99–106, 2012. Citado 1 vez na página 50.
- SILVA, L. d. S. A Logística Reversa na promoção da economia circular. **Revista de Gestão Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 189–204, 2021. Citado 1 vez na página 38.
- SILVA, M. e. a. Infraestrutura e Eficiência em Cooperativas de Reciclagem no Estado de São Paulo. **Cadernos de Logística**, v. 12, n. 1, p. 77–89, 2019. Citado 1 vez na página 62.
- SILVA, M. H. C. D. et al. Resíduos sólidos: O uso da gestão ambiental como ferramenta para o manejo adequado do lixo urbano / solid waste: The use of environmental management as a tool for the proper management of urban waste. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 85668–85677, 2020. Citado 1 vez na página 28.
- SILVA, M. S. **Estudo sobre a Reciclabilidade do Poliestireno Expandido**. 2020. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Citado 3 vezes nas páginas 30, 71, 72.
- SILVA, M. C.; OLIVEIRA, J. P.; COSTA, F. O impacto do uso de plásticos reciclados na sustentabilidade das indústrias. **Revista de Gestão Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 45–60, 2020. Citado 1 vez na página 71.
- SILVA, R. e. a. Logística Reversa e Sustentabilidade nas Empresas Brasileiras. **Revista de Estudos da Logística**, 2023. Disponível em: <https://revistaft.com.br/a-logistica-reversa-e-sua-relevancia-economica-e-sustentavel-nas-empresas-brasileiras/>. Citado 1 vez na página 76.

SILVA, R. S.; COSTA, J. P.; OLIVEIRA, A. L. Renda e condições de trabalho dos catadores de materiais recicláveis em associações. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 3, p. 453–467, 2019. Citado 2 vezes na página 44.

SILVA, V. A.; OUTROS. Gestão de resíduos sólidos e a logística reversa no Brasil: uma análise crítica. **Gestão & Regionalidade**, v. 33, n. 98, p. 67–82, 2017. Disponível em: <https://www.metodista.br/revistas/revistas-unimep/index.php/gr/article/view/2690>. Citado 1 vez na página 69.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS. **Relatório Anual de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos no Brasil 2019**. [S.l.: s.n.], 2019. Disponível em: <http://sinir.gov.br/relatorios>. Citado 1 vez na página 20.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2022**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Citado 1 vez na página 42.

SMITH, A.; JOHNSON, B.; LEE, C.; MARTINEZ, D. Urban Plastic Waste and Its Challenges: A Study on Low-Value Plastics. **Journal of Environmental Science and Management**, v. 34, n. 2, p. 123–134, 2021. Citado 7 vezes nas páginas 32, 33.

SORET, J. et al. Co-processing of waste in cement kilns: Concepts, constraints, and the evaluation of hydrocarbon-rich waste as alternative fuel. **Waste Management**, v. 52, p. 47–57, 2016. DOI: 10.1016/j.wasman.2016.03.029. Citado 1 vez na página 41.

SOUZA, M. E.; ALMEIDA, V. P. Parcerias público-privadas na gestão de resíduos sólidos urbanos: O caso de Curitiba. **Revista de Políticas Públicas**, v. 12, n. 1, p. 89–102, 2020. Citado 4 vezes nas páginas 16, 44.

SUMMIT, W. F. E. **Waste-to-Energy ramps up – ME Prospects for 2024**. [S.l.: s.n.], 2024. Accessed: 2024-06-25. Disponível em: <https://www.worldfutureenergysummit.com/en-gb/future-insights-blog/blogs/waste-to-energy.html>. Citado 2 vezes nas páginas 43, 44.

SUTTHAR, S. Estudo da viabilidade econômica da coleta seletiva de lixo: Um caso na cidade de Rajkot. **Revista de Pesquisa Científica Multidisciplinar**, v. 3, n. 7, p. 48–57, 2017. DOI: 10.21713/2448-0959.2017.v3.420. Citado 2 vezes na página 34.

TAVANA, M. et al. An integrated intuitionistic fuzzy AHP and SWOT method for outsourcing reverse logistics. **Applied Soft Computing**, v. 40, p. 544–557, 2016. Citado 2 vezes na página 50.

TIBOLA, F. R. **Logística Reversa: Uma análise dos benefícios econômicos, sociais e ambientais**. 2015. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade de São Paulo, São Paulo. Citado 2 vezes na página 38.

TMG, K. M. G. **Waste Management in Tokyo**. s.d. Disponível em:
https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/en/waste/index.files/waste_management.pdf.
Citado 1 vez na página 36.

UNIJORGE. **Urbanismo sustentável: desafios e soluções para cidades sustentáveis**. [S.l.: s.n.], 2023.

<https://www.unijorge.edu.br/postagens/urbanismo-sustentavel-desafios-solucoes-cidades-sustentaveis/>. Citado 1 vez na página 31.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Single-use plastics: A roadmap for sustainability**. [S.l.: s.n.], 2018. Disponível em:

<https://www.unep.org/resources/report/single-use-plastics-roadmap-sustainability>.
Citado 3 vezes nas páginas 25, 27, 31.

VARGAS, R. V. Utilizando a programação multicritério (analytic hierarchy process - AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio. In: PMI Global Congress 2010 - North America. Washington - DC: [s.n.], 2010. Citado 2 vezes na página 49.

VEIGA, J. E. d. Indicadores de sustentabilidade. **Estudos Avancados**, USP, v. 24, n. 68, p. 39–52, 2010. Citado 2 vezes na página 47.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 14^a. São Paulo: Atlas, 2013. ISBN 9788522472013. Citado 2 vezes nas páginas 38, 52.

VIANA, H. F.; MATOS, F. A. R.; SILVA, V. R. Implementation of co-processing in Brazil: Success in reducing environmental impacts. **Environmental Science Policy**, v. 95, p. 26–34, 2019. Citado 1 vez na página 40.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics**. [S.l.: s.n.], 2016. Disponível em:

https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_New_Plastics_Economy.pdf. Citado 1 vez nas páginas 24, 25.

YANG, W.; SONG, L.; ZHANG, Y. Advances in the Recycling Processes for BOPP Films. **Polymers**, v. 11, n. 2, p. 321–335, 2019. Citado 4 vezes nas páginas 29, 30.

ZHANG, H.; CHEN, M. Research on the recycling industry development model for typical exterior plastic components of end-of-life passenger vehicle based on the SWOT method. **Waste Management**, v. 33, p. 2341–2353, 2013. Citado 4 vezes nas páginas 48, 50.

ZHANG, Y.; LI, X. An Overview of Polystyrene and its Applications. **Materials Today Communications**, v. 22, p. 100–110, 2020. Citado 4 vezes nas páginas 29, 30, 39.

ZHANG, Z. et al. Current status and future perspectives of co-processing in Chinese cement industry: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 236, p. 117647, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.117647. Citado 1 vez na página 41.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO - ASSOCIAÇÃO DE CATADORES**1. Quantas pessoas trabalham na associação?**

- Entre 1 e 15.
- Entre 16 e 30.
- Mais de 30.

2. Qual a quantidade de plástico que vocês recebem por semana?

- Menos de 500 kg.
- Entre 500 e 1.000 kg.
- Mais de 1.000 kg.

3. Entre os plásticos, qual a quantidade de material que vale pouco ou é muito difícil de reciclar?

- Menos de 10%.
- Entre 10 e 30%.
- Entre 30 e 50%.
- Mais de 50%.

4. Entre a lista abaixo, quais são os principais tipos de embalagens de plástico que vocês mais recebem?

- Potes de margarina, sorvete, etc.
- Copos descartáveis, embalagens de isopor, etc.
- Embalagens de salgadinhos, pacotes de biscoitos, etc.
- Outros: _____

5. Entre a lista abaixo, quais embalagens de plástico são mais difíceis de vender?

- Potes de margarina, sorvete, etc.
- Copos descartáveis, embalagens de isopor, etc.
- Embalagens de salgadinhos, pacotes de biscoitos, etc.
- Outros: _____

6. Por que esses materiais são difíceis de vender?

- Difícil de reciclar.
- Pouca procura por parte do comprador.
- Valem muito pouco.
- Outro: _____

7. O que vocês fazem com esses materiais?

- Acumulam para vender uma grande quantidade para a reciclagem.
- Mandam para o Aterro Sanitário.
- Vendem para o Coprocessamento.
- Outro: _____

8. Quem compra os materiais recicláveis da associação?

- Indústrias.
- Empresas de reciclagem.
- Comerciantes locais.
- Outro: _____

9. Vocês sabem o que é Logística Reversa?

- Sim.
- Não.

10. Alguma empresa já entrou em contato com vocês para fazer a Logística Reversa de algum material? Se sim, de qual material/tipo?

- Sim, era uma empresa de _____
- Não.

11. Você sabe o que é coprocessamento?

- Sim.
- Não.

12. Alguma empresa já entrou em contato com a associação para pegar material para coprocessamento? Se sim, de qual material/tipo?

- Sim, era uma empresa de _____
- Não.

13. Vocês recebem algum apoio financeiro de alguma empresa ou da prefeitura? Se sim, quanto ou como?

- Não recebemos ajuda financeira de ninguém.
- Sim, recebemos ajuda financeira da prefeitura de _____.
- Sim, recebemos ajuda financeira de uma empresa de _____.

14. Sabendo que a Logística Reversa significa devolver o material para a empresa que fabricou ele, vocês acham que ela seria uma solução melhor do que o coprocessamento para esses materiais que se tem dificuldade de reciclar?

- Sim.
- Não.

15. Como vocês processam as embalagens de plástico que recebem?

- Só separam e vendem.
- Separam, limpam e trituram.
- Separam e prensam.
- Separam limpam e prensam.
- Outro: _____

16. Qual seria um preço justo para vocês venderem essas embalagens para tornar a reciclagem economicamente viável?

- Menos de R\$1,00 por kg.
- R\$1,00 - R\$5,00 por kg.
- Mais de R\$5,00 por kg.

17. Se tivessem melhorias na infraestrutura da associação, ajudaria a aumentar a reciclabilidade dessas embalagens?

- Não, nenhuma melhoria ajudaria.
- Sim, novos equipamentos ajudariam.
- Sim, mais espaço de armazenamento ajudaria.
- Sim, outro: _____

18. Falando exclusivamente sobre os plásticos que não conseguem vender para a reciclagem porque valem muito pouco. Na sua opinião, qual a maior dificuldade para melhorar a reciclagem ou aumentar o valor desse material na sua associação?

- Falta de equipamento adequado.

- Falta de mercado.
- Falta de conhecimento técnico.
- Espaço insuficiente para armazenamento.
- Outro: _____

19. Falando exclusivamente sobre os plásticos que não conseguem vender para a reciclagem porque valem muito pouco. Na sua opinião, qual o maior ponto forte desse material?

- Alta disponibilidade.
- Baixo custo.
- Fácil de manipular.
- Outro: _____

20. Quais aspectos da associação vocês consideram como os principais pontos fortes na gestão das embalagens de plástico?

- Equipamentos disponíveis.
- Qualificação dos catadores.
- Parcerias com empresas.
- Outro: _____

21. Falando exclusivamente sobre os plásticos que não conseguem vender para a reciclagem porque valem muito pouco. Na sua opinião, quais são as oportunidades que esse material proporcionaria se tivesse maior valor ou melhor reciclagem?

- Novos mercados.
- Aumento de renda.
- Parcerias com empresas.
- Outro: _____

22. Falando exclusivamente sobre os plásticos que não conseguem vender para a reciclagem porque valem muito pouco. Quais oportunidades vocês acham que seriam interessantes para melhorar a reciclagem e venda dessas embalagens?

- Novas parcerias com empresas.
- Incentivos governamentais.
- Aumento da demanda por materiais recicláveis.

Outro: _____

23. Falando exclusivamente sobre os plásticos que não conseguem vender para a reciclagem porque valem muito pouco. Na sua opinião, quais as maiores dificuldades que impedem esse material de ter maior reciclagem e valor de venda?

Falta de procura.

Alto valor para reciclar.

Leis inadequadas.

Outro: _____

24. Falando exclusivamente sobre os plásticos que não conseguem vender para a reciclagem porque valem muito pouco. Quais ameaças vocês acreditam dificultam a reciclagem dessas embalagens?

Variação nos preços.

Falta de interesse das empresas.

Legislação ambiental inadequada.

Outro: _____

APÊNDICE 2 – QUESTIONÁRIO - EMPRESAS**1. Qual o porte da empresa?**

- Pequena.
- Média.
- Grande.

2. Qual o número de funcionários?

- Menos de 50.
- Entre 50 e 100.
- Entre 100 e 500.
- Mais de 500.

3. Qual o ramo?

- Alimentício.
- Bebidas.
- Higiene e limpeza.
- Outro: _____

4. Qual a matéria-prima da empresa?

- Plástico virgem.
- Plástico reciclado.
- Outro: _____

5. Quais materiais são fabricados/reciclados?

- PP (Polipropileno).
- PS (Poliestireno).
- BOPP (Polipropileno Biorientado).
- Outro: _____

6. Qual o público-alvo da empresa (principal ramo que atende)?

- Varejo.
- Indústria.

- Consumidor final.
- Outro: _____

7. A empresa possui equipe de meio ambiente responsável pelos resíduos gerados durante a produção e/ou no pós-consumo?

- Sim.
- Não.

8. A empresa possui alguma certificação? Se sim, qual/quais?

- Sim, _____
- Não.

9. Quais práticas de sustentabilidade a empresa já adota atualmente?

- Redução do consumo de energia.
- Uso de materiais recicláveis na produção.
- Redução de emissão de gases.
- Outro: _____

10. Possui sistema de Logística Reversa? Se não, por quê?

- Sim.
- Não, pois _____

Em caso afirmativo do questionamento 10:

11. Qual o sistema adotado para fazer a logística reversa?

- Parcerias com cooperativas.
- Pontos de coleta próprios.
- Outro: _____

12. Qual a taxa de adesão/eficácia em relação à produção total da empresa?

- Menos de 10%.
- Entre 10 e 30%.
- Entre 30 e 50%.

Mais de 50%.

13. O que faz com o resíduo recebido pelo sistema de LR?

- Reciclagem própria.
- Envio para recicladoras.
- Outro: _____

Em caso negativo do questionamento 10:

14. Qual é o principal motivo para a empresa não ter implementado um sistema de Logística Reversa?

- Custo elevado.
- Falta de conhecimento.
- Falta de demanda.
- Outro: _____

15. A empresa já considerou a implementação de um sistema de Logística Reversa no futuro?

- Sim, no curto prazo (1-2 anos).
- Sim, no médio prazo (3-5 anos).
- Não, não há planos no momento.

16. Quais seriam os principais benefícios que a empresa acredita que a Logística Reversa poderia trazer?

- Redução de custos.
- Melhoria da imagem da empresa.
- Conformidade com regulamentos ambientais.
- Outro: _____

17. Quais barreiras a empresa enxerga para a implementação de um sistema de Logística Reversa?

- Logística complexa.
- Falta de infraestrutura.

- Resistência interna.
- Outro: _____

18. A empresa está ciente de incentivos ou programas governamentais que possam facilitar a implementação de um sistema de Logística Reversa?

- Sim.
- Não.

19. A empresa tem interesse em parcerias com outras organizações para desenvolver um sistema de Logística Reversa?

- Sim.
- Não.

20. Existem iniciativas dentro da empresa para reduzir a geração de resíduos ou aumentar a reciclabilidade dos produtos?

- Sim, _____
- Não.

21. A empresa tem recebido feedback dos clientes sobre a falta de um sistema de Logística Reversa?

- Sim.
- Não.

22. Quais mudanças a empresa acredita que seriam necessárias para viabilizar um sistema de Logística Reversa?

- Melhorias na infraestrutura.
- Treinamento de funcionários.
- Aumento de parcerias.
- Outro: _____