

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA
CAMPUS DE SOROCABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – PPGEPS

FÁBIO FERREIRA SANTOS

**IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM UMA
COOPERATIVA DE RECICLAGEM DE PLÁSTICOS NA CIDADE DE SOROCABA-
SP**

Sorocaba
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA
CAMPUS DE SOROCABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – PPGEPS

FÁBIO FERREIRA SANTOS

**IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM UMA
COOPERATIVA DE RECICLAGEM DE PLÁSTICOS NA CIDADE DE SOROCABA-
SP**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientação: Prof. Dra. Virgínia Aparecida da Silva Moris

Sorocaba
2017

Santos, Fábio Ferreira

Identificação de oportunidades de Produção Mais Limpa em uma cooperativa de reciclagem de plásticos na cidade de Sorocaba-SP / Fábio Ferreira Santos. -- 2017.

137 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador: Virgínia Aparecida da Silva Moris

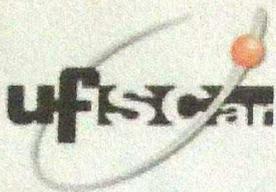
Banca examinadora: Silvia Helena Bonilla, Jane Maria Faulstich de Paiva

Bibliografia

1. Cooperativas de reciclagem. 2. Produção Mais limpa. 3. Reciclagem de plásticos. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Fábio Ferreira Santos, realizada em 21/03/2017:

Profa. Dra. Virgínia Aparecida da Silva Moris
UFSCar

Prof. Dr. Silvia Helena Bonilla
UNIP

Profa. Dra. Jane Maria Faulstich de Paiva
UFSCar

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado a todos que trabalham em empreendimentos econômicos solidários, especialmente aos cooperados da Divisão Polímeros da Rede Cata-Vida.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão da bolsa.

Ao PPGEPS pela grande oportunidade e suporte no aprendizado.

À Erica (PPGEPS) por toda paciência, eficiência e boa vontade em sempre informar e ajudar de alguma forma.

À minha orientadora Prof. Dra. Virgínia Moris pela amizade, profissionalismo, boa vontade, apoio constante em todas as fases de execução da pesquisa e apoio moral em diversas circunstâncias. Esta pesquisa é produto também de nossa energia conjunta!

A todos os cooperados da Divisão Polímeros da Rede Cata-Vida, a qual possibilitou que esta pesquisa se tornasse realidade. E a “seu” Isaías que esteve lado a lado durante toda a pesquisa de campo com boa vontade e atenção.

Aos colegas do PPGEPS, especialmente Thiago Lopes, José Maria e Gabriel Machado, por acima de tudo ter oferecido uma grande amizade.

Aos professores do PPGEPS pelo incentivo e condução a diferentes conhecimentos. Principalmente aqueles os quais tive um contato maior em disciplinas: minha orientadora Virgínia Moris, Andrea Fontes, Ricardo Mergulhão, Jorge Meirelles e Juliana Mendes.

A banca de qualificação e defesa pelos importantes direcionamentos: Prof^a. Dra. Silvia Bonilla e Prof^a. Dra. Jane de Paiva.

Aos colegas de “AP” Pedro Henrique, Raphael Klinke e Amauri, pelas longas conversas, resenhas e diversas outras situações ao longo dos dois anos de mestrado.

Aos amigos de Sorocaba, Votorantim e outras cidades do estado de São Paulo, que me receberam e me trataram “super bem”, tornando meus dias menos estressantes, menos enfadonhos e me proporcionando muitas loucuras que jamais teria imaginado, amenizando a saudade da minha família e amigos da Bahia e Rio de Janeiro.

À minha família, não menos importante, por estar sempre me apoiando nas decisões que tomo, sempre me incentivando a crescer como pessoa e profissional e por ser o alicerce da minha vida. Agradecimentos especiais a minha mãe Luzia, ao meu pai Evandro, meus irmãos Luiz Fernando, Mateus e Fernanda e minha cunhada Josilene.

Ao grupo do Facebook “Bolsistas Capes” que me fez perceber que eu não estava sozinho e que no final tudo converge para o melhor, quando assim acreditamos.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa.

RESUMO

SANTOS, Fábio Ferreira. **Identificação de oportunidades de Produção Mais Limpa em uma cooperativa de reciclagem de plásticos na cidade de Sorocaba-SP**. 136f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2017.

A geração de resíduos é um desafio mundial a ser enfrentado, principalmente nos países em processo de industrialização como o Brasil, no qual a alta geração de resíduos alinhada aos problemas estruturais de gestão e descartes inadequados podem ocasionar problemas ambientais, econômicos e sociais. Assim, a reciclagem pode ser considerada como uma importante estratégia para se enfrentar este desafio com o objetivo de desenvolver práticas voltadas para o tripé da sustentabilidade. A cadeia de reciclagem no Brasil é considerada complexa por envolver múltiplos atores, dentre eles, podem-se destacar a atuação dos catadores como agentes fundamentais na viabilização da reciclagem. No entanto, os catadores nem sempre são reconhecidos, são os que menos se beneficiam na cadeia e enfrentam várias dificuldades. Na busca por superar as dificuldades e obter um melhor posicionamento na cadeia, os catadores têm-se organizado em cooperativas, redes e centros de processamento de materiais. Sob o ponto de vista ambiental, os processos de reciclagem, principalmente dos plásticos oriundos do pós-consumo, também podem ocasionar impactos ao meio ambiente, caso não se estabeleça uma gestão desde a coleta até a destinação final dos mesmos. Assim, é importante a adoção de ferramentas de gestão ambiental como a Produção Mais Limpa (P+L), por exemplo, que resulte em benefícios ao meio ambiente, a sociedade e as organizações. Esta pesquisa objetivou identificar oportunidades de melhorias no processo de reciclagem dos plásticos em uma cooperativa de Sorocaba – SP, por meio da utilização da ferramenta P+L. A pesquisa consistiu em um estudo de caso em uma cooperativa que realiza o processo de reciclagem do Polietileno (PE) e Polipropileno (PP), transformando-os em *flakes* (fragmentos) e/ou *pellets* (grânulos). As etapas da P+L adotadas nesta pesquisa foram baseadas no Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL, 2003) e complementada pelas orientações do SEBRAE (2005) e pelo estudo de Silva et al. (2013). Assim realizaram-se as seguintes etapas: sensibilização e caracterização geral da cooperativa, mapeamento do processo de reciclagem, quantificação das correntes de entradas e saídas, definição de indicadores, seleção do foco de avaliação, identificação das causas de geração de resíduos, efluentes e emissões, e identificação de oportunidades de P+L. O estudo revelou que o processo de reciclagem da cooperativa é passivo de gerar impactos ambientais, devido principalmente a ausência de padronização da matéria-prima e o alto consumo de água na etapa de lavagem e consequente geração de efluentes. Foram identificadas 26 oportunidades de melhorias, em sua maioria classificadas no nível 1 da P+L (*housekeeping*). Além disso, foram identificadas barreiras de P+L na cooperativa, principalmente as relacionadas às questões financeiras e ausência de apoio governamental. Assim, foi constatado a necessidade de superar essas barreiras para uma efetiva implementação da P+L e obter os consequentes benefícios econômicos, ambientais e sociais.

Palavras-chave: Gestão Ambiental. Produção Mais Limpa. Reciclagem. Cooperativa. Catadores. Plásticos.

ABSTRACT

SANTOS, Fábio Ferreira. **Identification of Cleaner Production opportunities in a plastic recycling cooperative in the city of Sorocaba-SP**. MSc Dissertation (Production Engineering) –Federal University of São Carlos, Sorocaba, 2017.

Waste generation is a global challenge to be faced, especially in industrializing countries such as Brazil, where high waste generation in line with structural problems and inadequate waste management can result in environmental, economic and social problems. Thus, recycling can be considered as an important strategy to face this challenge in order to develop practices focused on the triple bottom line (sustainability). The recycling chain in Brazil is considered complex involving multiple actors, among them we can highlight the activities of scavengers as fundamental agents on viability of recycling. However, the scavengers are not always recognized, they are the ones that benefit least in the chain and they face several difficulties. In seeking to overcome the difficulties and achieve better positioning in the chain, scavengers have organized into cooperatives, networks and materials processing centers. From the environmental point of view, recycling processes, especially of post-consumer plastics, can also have an impact on the environment, if management is not established from the collection until the final disposal of the same. It is therefore important to adopt environmental management tools such as Cleaner Production (CP), for example, that result in benefits to the environment, society and organizations. This research aimed to identify opportunities for improvement in plastics recycling process in a cooperative of Sorocaba-SP, through the use of the CP tool. The research consisted of a case study in a cooperative that performs the recycling process of Polyethylene (PE) and Polypropylene (PP), transforming them into flakes and / or pellets. The steps of the CP adopted in this research were based on the Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL, 2003) and complemented by SEBRAE guidelines (2005) and by the study of Silva et al. (2013). The following steps were carried out: awareness and general characterization of the cooperative, mapping of the recycling process, quantification of input and output streams, definition of indicators, selection of the evaluation focus, identification of causes of waste generation, effluents and emissions, and identification of CP opportunities. The study revealed that the recycling process of the cooperative is passive to generate environmental impacts, mainly due to the lack of standardization of the raw material and the high consumption of water in the washing stage and consequent generation of effluents. 25 improvement opportunities were identified, focusing mainly on level 1 of housekeeping. In addition, barriers to CP in the cooperative were identified, especially those related to financial issues and lack of government support. Thus, it is necessary to overcome these barriers to an effective implementation of the CP and obtain the consequent economic, environmental and social benefits.

Keywords: Environmental Management. Cleaner Production. Recycling. Cooperative. Scavengers. Plastics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura geral da dissertação.....	22
Figura 2 – Principais produtores mundiais de plásticos e poliuretanos.....	25
Figura 3 – Principais etapas do processo de reciclagem mecânica dos plásticos.....	30
Figura 4 – Símbolos adotados pela ABNT para os tipos de plásticos.....	30
Figura 5 – Etapas simplificadas do processo de reciclagem química dos plásticos.....	31
Figura 6 – Posicionamento dos processos de reciclagem na cadeia dos plásticos.....	32
Figura 7 – Fluxograma geral da cadeia de reciclagem no Brasil.....	34
Figura 8 – Representação sintética da cadeia de reciclagem dos plásticos no Brasil....	35
Figura 9 – Estrutura logística da rede de catadores.....	43
Figura 10 – Níveis de prioridades da P+L.....	49
Figura 11 – Etapas da P+L adotadas na pesquisa.....	57
Figura 12 – Produtos da cooperativa (matéria-prima secundária).....	62
Figura 13 - Áreas da cooperativa.....	63
Figura 14 – Layout e fluxo de materiais da cooperativa.....	65
Figura 15 – Fluxograma do processo de reciclagem dos plásticos da cooperativa.....	66
Figura 16 – Acondicionamento de resíduos plásticos e agregados.....	70
Figura 17 – Etapa da corte dos resíduos plásticos.....	71
Figura 18 – Etapa de triagem.....	72
Figura 19 – Resíduos coloridos a serem processados.....	72
Figura 20 – Resíduos descartados na etapa de triagem.....	73
Figura 21 – Inserção de resíduos plásticos no moinho.....	74
Figura 22 – Resíduos e efluentes da etapa de moagem	75
Figura 23 – Tanque de lavagem de <i>flakes</i>	75
Figura 24 – Tubulação de desvio da etapa de lavagem dos <i>flakes</i> de PP.....	76
Figura 25 – Saídas da etapa de lavagem.....	76
Figura 26 – Secador primário e secundário.....	77
Figura 27 – Saídas da etapa de secagem.....	77
Figura 28 – Recursos utilizados para armazenagem e pesagem dos <i>flakes</i>	78
Figura 29 – Etapa de aglutinação.....	78
Figura 30 – Extrusão dos <i>flakes</i> de PEAD.....	79
Figura 31 – Borrás de PEAD e queima de borras de PEAD.....	80
Figura 32 – Etapa de resfriamento.....	80
Figura 33 – Granulação do PEAD.....	81
Figura 34 – Pesagem e embalagem dos <i>pellets</i>	81
Figura 35 – Moinho de facas utilizado para transformar os resíduos de PEAD em <i>Flakes</i>	82
Figura 36 – Fluxograma global da ETE.....	84
Figura 37 – Diagrama de Pareto para consumo de água.....	95
Figura 38 – Diagrama de Pareto para consumo de energia.....	95
Figura 39 – Diagrama de Pareto para geração de resíduos secos.....	95
Figura 40 – Diagrama de Pareto para geração de efluentes.....	96
Figura 41 – Diagrama de causa-e-efeito para geração de resíduos.....	97
Figura 42 – Diagrama de causa-e-efeito para geração de efluentes.....	98
Figura 43 – Diagrama de causa-e-efeito para emissões.....	100
Figura 44 – Etapas da RBS: cooperativas de reciclagem.....	101
Figura 45 – Síntese das etapas de filtros da RBS: cooperativas de reciclagem.....	127
Figura 46 – Etapas da RBS: P+L.....	129
Figura 47 – Síntese das etapas de filtros da RBS: P+L.....	131
	133

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Aplicações dos plásticos mais utilizados pela indústria	24
Quadro 2 – Funções dos principais atores da cadeia de reciclagem	36
Quadro 3 – Diferença entre cooperativas e empresas de capital privado.....	38
Quadro 4 – Integração de abordagens com a P+L.....	53
Quadro 5 – Aspectos e impactos ambientais na indústria de reciclagem.....	55
Quadro 6 – Entradas e saídas das etapas de reciclagem da cooperativa.....	68
Quadro 7 – Recursos utilizados nas etapas de reciclagem.....	69
Quadro 8 – Descrição das causas de geração de resíduos.....	99
Quadro 9 – Descrição das causas de geração de efluentes.....	100
Quadro 10 – Descrição das causas de emissões.....	101
Quadro 11 – Oportunidades de P+L para a cooperativa	103
Quadro 8 – String de busca em bases de dados para a RBS: cooperativas de reciclagem.....	128
Quadro 9 – Critérios de inclusão e exclusão da RBS: cooperativas de reciclagem....	128
Quadro 10 – Critérios de inclusão e exclusão da RBS: P+L.....	132
Quadro 11 – Artigos selecionado para a RBS: P+L.....	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais informações dos recursos da ETE.....	84
Tabela 2 – Informações preliminares do funcionamento da cooperativa.....	85
Tabela 3 – Quantificação das correntes de entradas e saídas na produção de <i>flakes</i>	86
Tabela 4 – Quantificação das correntes de entradas e saídas na produção de <i>pellets</i>	87
Tabela 5 – Quantificação de alguns insumos de atividades auxiliares	88
Tabela 6 – Quantidade de matérias-primas e auxiliares.....	88
Tabela 7 – Quantificação de produtos produzidos em 35 dias e 1 ano.....	88
Tabela 8 – Consumo de energia elétrica no período analisado.....	89
Tabela 9 – Consumo de água no período analisado.....	90
Tabela 10 – Geração de efluentes no período analisado.....	90
Tabela 11 – Resíduos secos gerados no período analisado	91
Tabela 12 – Custos envolvidos no período analisado e estimativas de um ano.....	92
Tabela 13 – Custos dos resíduos no período avaliado.....	92
Tabela 14 – Indicadores de aspectos ambientais e custos.....	93
Tabela 15 – Eficiência produtiva das etapas do processo de reciclagem da cooperativa.....	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIPLAST Associação Brasileira da Indústria de Plástico

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ACC *Association Chemistry Council*

CEADEC Centro de Estudos e Apoio ao Desenvolvimento, Emprego e Cidadania

CEMPRE Compromisso Empresarial para Reciclagem

CETESB Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CMMAD Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento

CNTL Centro Nacional de Tecnologias Limpas

CORESÓ Cooperativa de Reciclagem de Sorocaba

DIEESE Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos

EPA Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

EUA Estados Unidos da América

ETE Estação de Tratamento de Efluentes

HCl Ácido Clorídrico

HF Ácido Fluorídrico

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPEA Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

ISWA *International Solid Waste Association*

NAFTA Tratado Norte-Americano de Livre Comércio

NR Norma Reguladora

P+L Produção Mais Limpa

PE Polietileno

PEAD Polietileno de Alta Densidade

PEBD Polietileno de Baixa Densidade

PET Polietileno Tereftalato

PLASTIVIDA Instituto Socio-Ambiental dos Plásticos

PNRS Política Nacional dos Resíduos Sólidos

PP Polipropileno

PS Poliestireno

PVA Álcool Polivinílico

PVC Policloreto de Vinila

RBS Revisão Bibliográfica Sistemática

REP Responsabilidade Estendida do Produtor

SEBRAE Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequenas Empresas

SINDIPLAST Sindicato da Indústria de Material Plástico do Estado de São Paulo

UN Unidade

UNEP *United Nations Environment Programme*

UNIDO *United Nations Industrial Development Organization*

UNISOL-RS Central de Cooperativas e Empreendimentos Solidários do Rio Grande do Sul

USEPA *United States Environmental Protection Agency*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 QUESTÕES DE PESQUISA E OBJETIVOS.....	20
1.1.1 Objetivo Geral	21
1.1.2 Objetivos Específicos	21
1.1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	21
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	23
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS PLÁSTICOS: GERAÇÃO E RECICLAGEM.....	23
2.1.1 Plásticos: caracterização e produção mundial	23
2.1.2 Geração e reciclagem de resíduos sólidos plásticos	26
2.1.3 Processos de reciclagem dos resíduos plásticos	29
2.2 AS COOPERATIVAS DE RECICLAGEM.....	33
2.2.1 A cadeia de reciclagem no Brasil	33
2.2.2 Cooperativas sob a ótica da Economia Solidária	37
2.2.3 Da coleta individual a formação de redes de cooperativas	39
2.2.3.1 <i>O contexto dos catadores de materiais recicláveis</i>	39
2.2.3.2 <i>Organização cooperativa de reciclagem: benefícios e dificuldades</i>	40
2.2.3.3 <i>Redes e centros de processamento como estratégia para agregar de valor</i>	42
2.2.4 A PNRS as cooperativas de reciclagem	45
2.3 A PRODUÇÃO MAIS LIMPA.....	47
2.3.1 P+L: da evolução do pensamento ambiental as suas principais características ...	47
2.3.2 Benefícios e Barreiras de implementação da P+L.....	49
2.3.3 Abordagens dos estudos de P+L no Brasil	52
2.3.3.1 <i>Sustentabilidade e Gestão Ambiental</i>	52
2.3.3.2 <i>Integração de abordagens com a P+L</i>	53
2.3.4 A P+L e a reciclagem dos plásticos	54

3METODOLOGIA.....	56
3.1 PESQUISA DE CAMPO	57
3.1.1 Etapas da pesquisa de campo e os procedimentos metodológicos.....	58
3.1.1.1 <i>Visitas de sensibilização.....</i>	58
3.1.1.2 <i>Caracterização geral da cooperativa de reciclagem.....</i>	58
3.1.1.3 <i>mapeamento do processo de reciclagem.....</i>	58
3.1.1.4 <i>Quantificação das correntes de entradas e saídas.....</i>	59
3.1.1.5 <i>Definição dos indicadores e seleção do foco de avaliação.....</i>	59
3.1.1.6 <i>Identificação e avaliação das causas de geração de resíduos, efluentes e emissões.....</i>	60
3.1.1.7 <i>Identificação de oportunidades de P+L.....</i>	60
3.1.1.8 <i>Barreiras da P+L na cooperativa.....</i>	60
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
4.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA COOPERATIVA.....	62
4.2. MAPEAMENTO DO PROCESSO DE RECICLAGEM.....	64
4.2.1 Layout, fluxo de materiais e fluxograma do processo de reciclagem.....	65
4.2.2 Identificação das entradas e saídas das etapas do processo de reciclagem...	67
4.2.3 Descrição das etapas do processo de reciclagem.....	69
4.2.3.1 <i>Recepção.....</i>	69
4.2.3.2 <i>Corte.....</i>	70
4.2.3.3 <i>Triagem.....</i>	71
4.2.3.4 <i>Moagem.....</i>	73
4.2.3.5 <i>Lavagem.....</i>	75
4.2.3.6 <i>Secagem.....</i>	77
4.2.3.7 <i>Armazenamento, pesagem e embalagem dos flakes.....</i>	78
4.2.3.8 <i>Aglutinação.....</i>	78
4.2.3.9 <i>Extrusão e resfriamento</i>	79

4.2.3.10 <i>Granulação</i>	80
4.2.3.11 <i>Pesagem e embalagem de pellets</i>	81
4.2.3.12 <i>Etapa extra de moagem de resíduos de PEAD</i>	82
4.2.4 Atividades auxiliares da cooperativa	82
4.2.4.1 <i>Armazenagem e movimentação de materiais</i>	82
4.2.4.2 <i>Manutenção e limpeza</i>	83
4.2.4.3 <i>Estação de Tratamento de Efluentes- ETE</i>	84
4.3 QUANTIFICAÇÃO DAS CORRENTES DE ENTRADAS E SAÍDAS	85
4.4 INDICADORES DE ASPECTOS AMBIENTAIS E SELEÇÃO DO FOCO DE AVALIAÇÃO	93
4.5 IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS, EFLUENTES E EMISSÕES	98
4.6 IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE P+L	103
4.6.1 Descrição das oportunidades identificadas	104
4.7 BARREIRAS DA P+L	110
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
REFERÊNCIAS	116
APÊNDICE A	127
APÊNDICE B	131
APÊNDICE C	135

1 INTRODUÇÃO

Os plásticos são materiais poliméricos de fundamental importância para a sociedade. Pois, suas propriedades possibilitam uma ampla aplicação em diferentes setores produtivos, como da construção civil, automotiva e de embalagens (SPINACÉ; PAOLI, 2005; ASSOCIATION CHEMISTRY COUNCIL - ACC, 2016a). As possibilidades da vasta aplicação dos plásticos, alinhadas ao crescimento da população mundial nas últimas décadas e a necessidade das pessoas obterem melhores condições de vida têm propiciado um aumento do consumo de materiais poliméricos, especialmente dos plásticos (BREMS; BAEYENS; DEWIL, 2012; HAMAD; KASEEM; DERI, 2013).

Como consequência do aumento no consumo dos plásticos, verifica-se também a geração de resíduos plásticos, que quando descartados inadequadamente podem ocasionar impactos ao meio ambiente. Pois, possuem baixa biodegradabilidade e podem durar anos ou séculos para se decompor, poluindo, por exemplo, os recursos naturais como a água e o solo (HOPEWELL, DVORAK; KOSIOR, 2009).

Este cenário é desafiador, pois de um lado se tem a sociedade constantemente estimulada a consumir cada vez mais, e de outro se tem o problema da geração de resíduos passivos de gerar impactos ambientais. Países da América Latina, África e Ásia possuem uma complexidade ainda maior, devido nas últimas décadas terem sofrido intensas transformações socioeconômicas com o aumento populacional, urbanização desordenada e ausência de infraestrutura eficiente para a gestão dos resíduos (MEDINA, 2000; 2010). Desse modo, é necessário refletir sobre as formas de consumo e a definição de instrumentos, tecnologias e políticas públicas que busquem, no mínimo, mitigar os efeitos dos resíduos que já foram gerados e estimular processos e consumo mais sustentáveis.

A reciclagem dos resíduos plásticos tem despertado o interesse dos pesquisadores e da indústria, sendo reconhecida como uma das estratégias mais importantes de se enfrentar os desafios ocasionados pela geração de resíduos e desenvolver práticas sustentáveis (HOPEWELL; DVORAK; KOSIOR, 2009). Na literatura é possível encontrar estudos que retratam sobre os processos da reciclagem dos plásticos (HAMAD; KASEEM; DERI, 2013; AL-SALEM; LETTIERI; BAEYENS, 2010). No estudo de Hamad, Kaseem e Deri (2013), por exemplo, é apresentada uma visão geral de trabalhos sobre o tema, analisando as características dos plásticos reciclados sob o ponto vista das propriedades físico-químicas. Já o estudo de Al-Salem, Lettieri e Baeyens (2010), apresenta a importância dos processos de reciclagem e os progressos na área.

No Brasil, a lei 12.305 de agosto de 2010 a qual se refere à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010), é um dos fatores que contribuíram para uma maior atenção aos processos de reciclagem. Isso pode ser verificado no estudo de Campos (2014), no qual foi realizada uma análise comparativa de desempenho de áreas formais e informais que lidam com resíduos sólidos no país e que confirmaram os significativos progressos nas áreas relacionadas à reciclagem.

Em termos ambientais, a reciclagem contribui para a minimização dos resíduos dispostos em aterros e dos impactos ocasionados pelo descarte inadequado: aumento da vida útil dos aterros, redução da necessidade de matérias-primas virgens em produtos que permitem o uso do material reciclado, redução das emissões de gases do efeito estufa, economia de energia, entre outros (PACHECO; RONCHETTI; MASANET, 2012; KING; GUTBERLET, 2013). Os plásticos reciclados podem ser utilizados em sacolas de supermercado, tubulações, calhas, perfis de janelas e portas, persianas, cortinas, mangueiras, entre outros.

Entretanto, além dos benefícios ambientais é necessário compreender a estrutura da cadeia de reciclagem e os fatores que influenciam a sua viabilidade, de modo a identificar os impactos sociais e econômicos desta atividade e seus respectivos benefícios. De acordo com Pacheco, Ronchetti e Masanet (2012), a reciclagem pode gerar trabalhos diretos e indiretos através das transformações dos resíduos, contribuindo dessa forma para o desenvolvimento sustentável.

No Brasil, a estrutura da cadeia de reciclagem dos plásticos, assim como para outros materiais recicláveis, é considerada complexa por envolver múltiplos atores com diferentes objetivos e estruturas organizacionais. Esses atores são os consumidores, catadores, cooperativas, sucateiros, indústria de reciclagem e de fabricação de produtos e governos locais (GONÇALVES-DIAS, 2009; CARMO; OLIVEIRA, 2010).

Assim como em outros países em desenvolvimento, o trabalho de coleta de materiais recicláveis no Brasil é uma alternativa de renda, diante de um cenário econômico de reestruturação/precarização do trabalho, marcado pela exclusão social. De acordo com Aquino, Castilho Junior e Pires (2009), o trabalho dos catadores é de grande relevância econômica, ambiental e social, porém é pouco valorizado e é o que menos se beneficia da atividade de reinserção do material coletado ao ciclo produtivo. Isso se deve principalmente a sua dependência em relação aos sucateiros (atores intermediários), pois na maioria dos casos não são capazes de atender a demanda de uma economia de escala. Assim, a organização em cooperativas tem sido apontada como uma estratégia para superar as dificuldades enfrentadas

pelos catadores autônomos e agregar valor aos materiais coletados (FILARDI; SIQUEIRA; BINOTTO, 2011).

As cooperativas têm recebido destaque no Brasil, principalmente após a aprovação da PNRS, na qual as definem como agentes prioritários na coleta seletiva (BRASIL, 2010; CAMPOS, 2014). Geralmente as suas atividades se concentram na coleta, separação, compactação e venda de materiais recicláveis. No entanto, as ineficiências estruturais e de gestão, ausência de capital e volume insuficiente de materiais coletados, impossibilitam negociações diretas com as indústrias, tornando-se também dependentes dos intermediários.

Como alternativa para a diminuição da dependência dos intermediários e de benefícios para as cooperativas, sugere-se a articulação em redes e a implantação de centros de processamento de materiais (AQUINO; CASTILHO JUNIOR; PIRES, 2009; GUTBERLET et al., 2013). Esses centros de processamento são locais onde se realizam as etapas do processo de reciclagem e a sua criação, vinculadas a redes de cooperativas, é indicada como uma importante estratégia para agregar valor aos materiais e pode resultar em uma maior rentabilidade para os cooperados (FIDELIS; FERREIRA; COLMENERO, 2015). Assim, trata-se de uma verticalização das atividades, na qual os centros de processamento se posicionam estrategicamente em locais favoráveis a realização da atividade. Desse modo, passam a desempenhar funções semelhantes aos sucateiros e indústria de reciclagem, transformando os resíduos plásticos em matéria-prima secundária para a indústria de transformação, ou até mesmo oferecendo um produto final ao mercado.

Diante dessa nova perspectiva estratégica desempenhada pelas cooperativas, é necessário, assim como nas indústrias, que seus processos produtivos também sejam eficientes e maximizem os retornos financeiros para os cooperados. Ao desempenhar funções da indústria, a cooperativa além de gerar impactos econômicos e sociais também está sujeita a gerar impactos ambientais, caso seus processos não sejam monitorados. Principalmente devido às condições físicas variadas em que os plásticos pós-consumo chegam aos locais de reciclagem. Desse modo, justifica-se a adoção de ferramentas de gestão ambiental que tornem os processos mais eficientes, mais limpos e com menos riscos para a saúde e segurança do cooperado, levando em consideração os limitantes estruturais, econômicos e de gestão das cooperativas.

Um das ferramentas de gestão ambiental que converge para essa direção é a Produção Mais Limpa (P+L). De acordo com a *United Nations Environment Programme* (UNEP, 2016) a P+L é definida como a “aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada a processos, produtos e serviços para aumentar a eficiência e reduzir os riscos para

os seres humanos e ao meio ambiente”. Assim, trata-se de uma ferramenta, cuja aplicação poderá contribuir para se evitar e/ou minimizar os potenciais impactos negativos atrelados ao processo de reciclagem, propiciar eficiência produtiva e melhorar o ambiente de trabalho.

De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo e o Sindicato da Indústria de Material Plástico do Estado de São Paulo (CETESB; SINDIPLAST, 2011), é possível obter vários benefícios com a adoção da P+L no processo de reciclagem: redução do consumo de energia elétrica e água, redução da geração de refugo (material para reprocesso e ou reciclagem) e de resíduos, melhor acompanhamento do processo, redução das necessidades de manutenção corretivas, entre outros.

Existem trabalhos na literatura que abordam as questões da reciclagem atreladas a P+L, porém poucos focam no processo de reciclagem dos plásticos. Dentre os existentes podem-se mencionar os estudos de Faria e Pacheco (2011), Oliveira Neto et al. (2015a) e CETESB e SINDIPLAST (2011). Faria e Pacheco (2011) estudaram a aplicação da P+L em empresas que realizam a reciclagem mecânica dos plásticos, identificando ações que possam ser realizadas para tornar a empresa ambientalmente mais correta. Oliveira Neto et al. (2015a) avaliaram a viabilidade ambiental e econômica da implantação da P+L em uma empresa fabricante de plásticos, com foco na reciclagem. Já o CETESB e SINDIPLAST (2011) forneceu um guia prático denominado “Guia Ambiental da Indústria de Transformação e Reciclagem de Materiais Plásticos”, com o propósito de auxiliar as empresas de reciclagem na implantação da P+L.

Portanto, existe uma lacuna de trabalhos voltados para P+L especificamente nas cooperativas de reciclagem. Assim, observa-se a necessidade de uma abordagem que busque contextualizar a P+L e o processo de reciclagem em cooperativas, onde geralmente não existe um apoio técnico e conceitual fortemente estabelecido.

1.1 QUESTÕES DE PESQUISA E OBJETIVOS

Frente às possibilidades de agregar valor aos resíduos plásticos por meio da verticalização das atividades nas cooperativas, as diferentes limitações organizacionais e a necessidade de se obter processos mais eficientes e com menores impactos ao meio ambiente, esta pesquisa busca responder as seguintes questões:

- A P+L pode de fato ser utilizada como uma ferramenta de gestão ambiental em cooperativas de reciclagem?
- A adoção da ferramenta P+L pode fornecer oportunidades de melhorias viáveis e significativas para o processo de reciclagem em cooperativas?

1.1.1 Objetivo geral

Identificar oportunidades de melhorias no processo de reciclagem de plásticos em uma cooperativa de Sorocaba-SP, por meio da utilização da ferramenta P+L.

1.1.2 Objetivos específicos:

- Caracterizar a cooperativa de reciclagem;
- Mapear o processo de reciclagem de plásticos da cooperativa, desde a chegada dos resíduos plásticos pós-consumo até a transformação em matéria-prima secundária (*flakes* e *pellets*);
- Identificar os aspectos ambientais do processo de reciclagem dos plásticos na cooperativa;
- Selecionar o foco de avaliação das etapas do processo de reciclagem;
- Identificar oportunidades de melhorias considerando as questões econômicas, ambientais e sociais.
- Identificar as barreiras de P+L.

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está dividida em cinco capítulos, incluindo a introdução. Inicialmente, elaborou-se a introdução buscando contextualizar a pesquisa, mostrar as linhas de investigação e apresentar as questões de pesquisa e os objetivos (geral e específicos).

No capítulo dois é realizada a revisão de literatura que está subdividida em três seções principais: Na primeira seção (2.1), buscou-se obter um panorama sobre a produção de plásticos, geração de resíduos plásticos e processos de reciclagem. Na segunda seção (2.2), são apresentadas informações sobre a cadeia de reciclagem no Brasil, o contexto de formação e desenvolvimento de empreendimentos econômicos solidários com ênfase em cooperativas, as características, benefícios e desafios da estrutura das cooperativas, desde o catador autônomo até as estratégias de formação de redes e por fim o contexto das cooperativas sob o aspecto da PNRS. Na seção três (2.3) é realizada uma discussão sobre a P+L, tais como os principais, conceitos, benefícios, barreiras de implementação e ferramentas de apoio.

Para a elaboração da revisão e definição dos principais tópicos a serem abordados foi adotado a Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS). As etapas da revisão para a elaboração da seção 2.2 podem ser verificadas no Apêndice A. Já as etapas para elaboração da seção 2.3 podem ser verificadas no Apêndice B. A RBS não foi aplicada a Seção 2.1 por se constituir de

uma seção informativa e de definições básicas. No entanto, ela contempla algumas referências obtidas nas etapas da RBS da seção 2.2.

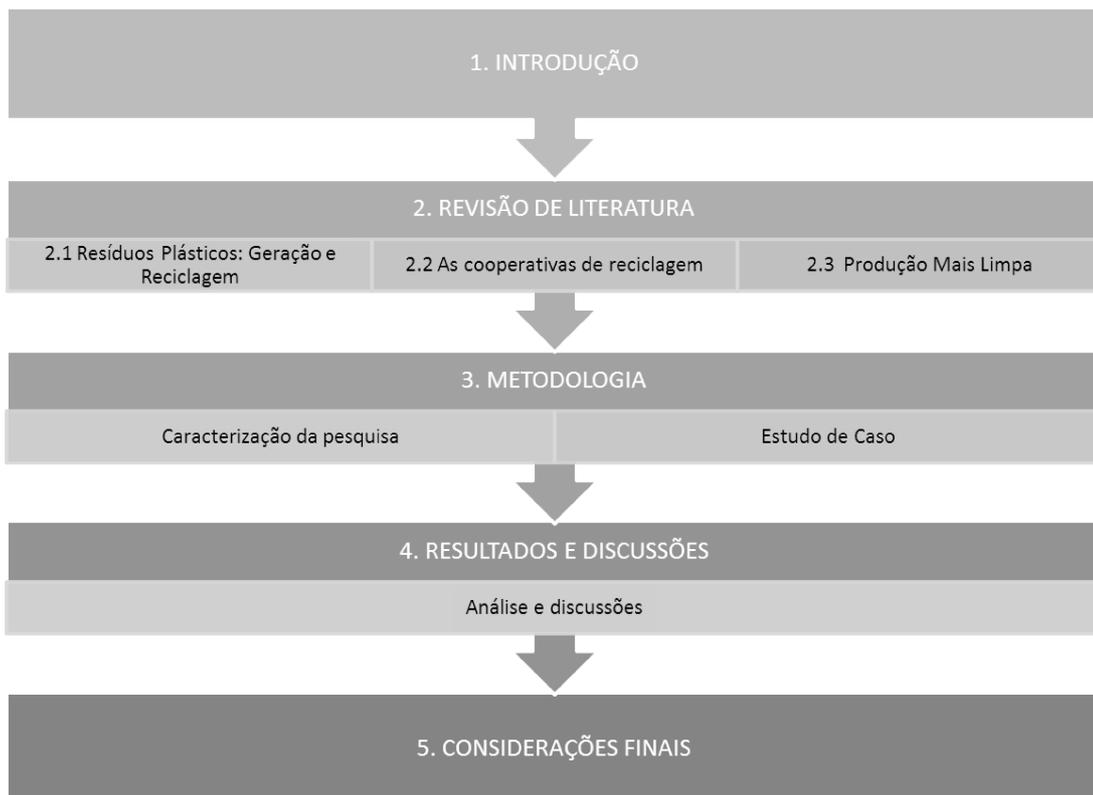
No capítulo três são discutidos a metodologia de pesquisa e os direcionamentos para a execução do estudo de caso. Neste capítulo apresentam-se as etapas da P+L adotadas e os respectivos procedimentos de coleta e análise de dados.

No capítulo quatro são apresentados os resultados e discussão da pesquisa. O capítulo está dividido em sete seções que correspondem às etapas da P+L adotadas na pesquisa.

No capítulo cinco são apresentadas as considerações finais baseadas na revisão de literatura e nos resultados da pesquisa. Além disso, destacam-se as principais contribuições, limitações e sugestões de pesquisa.

A Figura 1 apresenta a estrutura geral da dissertação

FIGURA 1 – Estrutura geral da dissertação



Fonte: Elaboração Própria

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 RESÍDUOS PLÁSTICOS: GERAÇÃO E RECICLAGEM

Inicialmente, é necessário compreender o significado do termo resíduos sólidos plásticos. De acordo com a Lei Nº 12.305, que institui a PNRS, os resíduos sólidos podem ser definidos como:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Plásticos é o nome dado a um tipo de material polimérico. Os materiais poliméricos são macromoléculas que possuem unidades químicas unidas por meio de ligações covalentes e que se repetem ao longo da cadeia. Considerando a fusibilidade e/ou solubilidade, eles podem ser classificados como termoplásticos (plásticos) e termofixos (ou termorrígidos) (SPINACÉ; PAOLI, 2005; ACC, 2016a). Alguns autores, como Spinacé e Paoli (2005), denominam os termoplásticos apenas de “plásticos”, devido as suas propriedades de plasticidade e reciclabilidade.

Diante da definição dos resíduos sólidos e dos plásticos, adotou-se nesta pesquisa o entendimento de que os resíduos sólidos plásticos ou apenas resíduos plásticos referem-se aos materiais termoplásticos descartados, oriundos das atividades humanas. O objetivo dessa seção foi apresentar uma visão geral sobre os resíduos sólidos com ênfase nos plásticos. Assim, buscou-se analisar dados referentes à produção dos plásticos, geração de resíduos e a reciclagem.

2.1.1 Plásticos: caracterização e produção mundial

Assim como identificado anteriormente, os materiais poliméricos podem ser classificados como termoplásticos (plásticos) e termofixos (termorrígidos). Os plásticos quando submetidos a uma temperatura acima do seu ponto de “amolecimento” tornam-se fluidos e possíveis de serem moldáveis a quente. Esta propriedade permite um melhor processamento e facilita a reciclagem. Além disso, os termoplásticos são resistentes ao impacto, isolantes térmicos, de baixa densidade e de baixo custo (SPINACÉ; PAOLI, 2005; BREMS; BAEYENS; DEWIL, 2012; ACC, 2016a). Representam mais de 80% do total de

materiais poliméricos consumidos no mundo e têm diversas aplicações como embalagens, sacolas, fibras têxteis, etc. (BREMS; BAEYENS; DEWIL, 2012).

Já os termofixos não podem ser remoldados, pois se decompõem e deterioram quando aquecidos. Eles são valorizados pela sua durabilidade e resistência, sendo utilizados principalmente em aplicações mais específicas como em altas temperaturas, por exemplo, e em aplicações derivadas, como pneus de automóveis, alguns tipos de adesivos, tintas e revestimentos (BREMS; BAEYENS; DEWIL, 2012; ACC, 2016b).

Os plásticos possuem aplicações em variados setores, dentre eles podem-se destacar: construção civil, alimentos, automóveis e autopeças, máquinas e equipamentos, bebidas, móveis, perfumaria, higiene e limpeza, agricultura, eletrônico, químico, entre outros (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO - ABIPLAST, 2016; ASSOCIATION OF PLASTICS MANUFACTURES - PLASTICS EUROPE, 2016).

Fatores como o crescimento da população mundial, a necessidade das pessoas em obter melhores condições de vida e a aplicabilidade em várias indústrias e setores têm contribuído principalmente para o aumento no uso dos plásticos, e conseqüentemente para o desenvolvimento da indústria. Dentre os plásticos mais utilizados, podem-se destacar o Polietileno (PE) (Baixa Densidade – PEBD - e Alta Densidade - PEAD), Polipropileno (PP), Polietileno Tereftalato (PET), Poliestireno (PS) e Policloreto de Vinila (PVC) (SPINACÉ; PAOLI, 2005; AL-SALEM; LETTIERI; BAEYENS, 2010; BREMS; BAEYENS; DEWIL, 2012; HAMAD; KASEEM; DERI, 2013; SILVA; MOITA NETO, 2011). O Quadro 1 apresenta alguns exemplos de aplicações dos plásticos mais utilizados pelas indústrias.

QUADRO 1 - Aplicações dos plásticos mais utilizados pelas indústrias

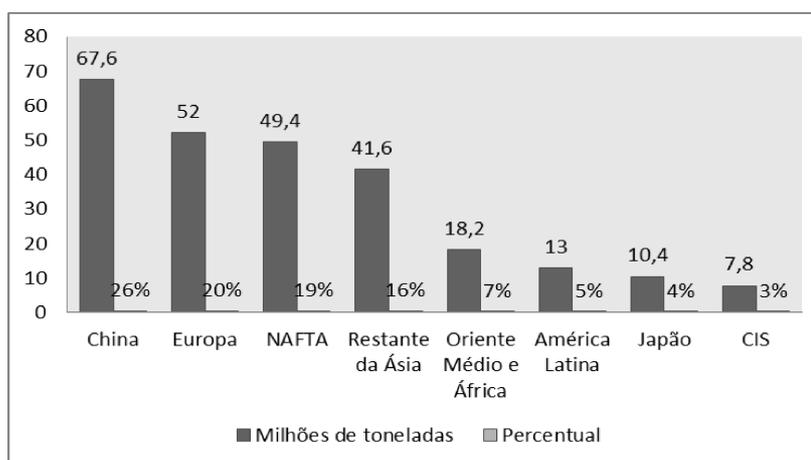
Tipo de Plástico	Aplicação
PE	Sacos de compras, embalagens de alimentos, filmes, isolamento elétrico, frascos de leite e de água, entre outros.
PVC	Garrafas, recipientes, mangueiras, pavimentos e paredes, tapumes e painéis de automóveis, entre outros.
PET	Embalagens para bebidas e alimentos, fibras de roupas e tapetes, entre outros.
PS	Garrafas e caixas térmicas, embalagens médicas e alimentares, artigos de laboratório, entre outros.
PP	Fraldas, brinquedos, embalagens rígidas, fibras para tapete, algumas peças de amortecedores automotivos, recipientes de micro-ondas, entre outros.

Fonte: Elaborado a partir de informações da Abiplast (2016), Plastics Europe (2016) e ACC (2016b).

Brems; Baeyens; Dewil (2012) destacam que a produção e o consumo global de materiais poliméricos cresceram entre 1950 e 2007 a uma taxa de anual 10%, passando de 1,5

milhões de toneladas em 1950 para 245 milhões de toneladas em 2007. De acordo com os dados da Plastics Europe (2016), estima-se que no ano de 2014 foram produzidos no mundo 260 milhões de toneladas de plásticos e poliuretanos - um tipo de polímero utilizado para isolamento acústico, isolamento térmico, espumas, entre outros -. A Figura 2 mostra os principais produtores mundiais de plásticos e poliuretanos em 2014, organizados por região (China, Europa, bloco econômico NAFTA, entre outros), produção e percentual da produção total (260 milhões de toneladas).

FIGURA 2 - Principais produtores mundiais de plásticos e poliuretanos



Fonte: Plastic Europe (2016)

Na Figura 2, verifica-se que a China é líder mundial na produção de plásticos com uma participação de 26% (67,6 milhões de toneladas), representado aproximadamente $\frac{1}{4}$ do total produzido no mundo, seguida pela Europa (União Europeia, Suíça e Noruega) e o bloco econômico NAFTA (Estados Unidos, Canadá e México). A América Latina representa 5% (13 milhões de toneladas) da produção total de 260 milhões de toneladas.

Em 2014 o Brasil foi responsável pela produção de 6,3 milhões de toneladas de plásticos, representando 48,5% da participação da América latina e 2,4% da produção mundial. Além disso, o setor de transformados plásticos no Brasil, compreendido por cerca de 11.600 empresas distribuídas pelo país, obteve um faturamento total de 62,2 bilhões de reais. Apesar de o setor ser constituído em sua maioria por micro e pequenas empresas (93%), são as empresas transformadoras de grande porte que consomem em torno de 92% do volume de resinas plásticas no Brasil (ABIPLAST, 2016).

Diante da importância econômica do setor dos plásticos, a ampla aplicação e o volume de material produzido, torna-se pertinente verificar a destinação dos resíduos plásticos pós-consumo.

2.1.2 Geração e reciclagem de resíduos plásticos

A geração e destinação dos resíduos têm sido amplamente discutidas na literatura. A gestão eficiente dos resíduos é um desafio a ser enfrentado pela sociedade, principalmente quando se refere às cidades situadas na África, Ásia e América Latina, as quais possuem níveis de desenvolvimento e condições socioeconômicas diferentes dos países industrializados (MEDINA, 2010; GUTBERLET, 2015b).

De acordo com a literatura (MEDINA, 2000; 2010; IPEA, 2012; PACHECO; RONCHETTI; MASANET, 2012; SOUZA; PAULA; SOUZA-PINTO, 2012; FERRI; CHAVES; RIBEIRO, 2015, e GUTBERLET, 2015a, 2015b), o aumento das preocupações mundiais em relação ao incremento do volume de resíduos sólidos está atrelado aos seguintes fatores:

- Crescimento da população mundial;
- Urbanização acelerada, principalmente em países em desenvolvimento, na qual muitas vezes tem ocorrido de maneira desordenada e sem planejamento;
- Melhorias nas condições de vida com conseqüente aumento do consumo de produtos industrializados e aumento no descarte de resíduos;
- Ausência ou infraestrutura ineficiente dos serviços urbanos para a coleta e destinação dos resíduos;
- Falta de aterros controlados para disposição final dos resíduos e ausência de gestão e/ou programas de incentivo a logística reversa;
- Deficiências nas legislações voltadas à gestão dos resíduos;
- Recursos financeiros limitados para a gestão dos resíduos;
- Diversidade na composição dos resíduos, que podem variar desde os orgânicos (na grande maioria) até a presença de resíduos de difícil degradação e tóxicos;
- Projetos de produtos e embalagens compostos por materiais de difícil tratamento e/ou aproveitamento. Ou seja, o ciclo de vida do produto não é avaliado na sua concepção.

Dos fatores acima apresentados podem-se destacar pontos importantes: aumento populacional, melhores condições de vida, incentivo ao consumo e sistemas ineficientes de reaproveitamento e descarte. O atual modelo de desenvolvimento pautado no consumo e a ineficiência de gerenciamento resultam em grandes desafios quando se analisa os resíduos sob o ponto de vista da sustentabilidade. Pois, a disposição inadequada pode se constituir de fonte de poluição ambiental e representar riscos para a saúde humana. O crescimento urbano, em

conjunto com o descarte e o estilo de vida orientado ao consumo, criou problemas complexos para a gestão dos resíduos (GUTBERLET et al., 2015a).

No que se refere aos plásticos, a sua utilização tem sido importante devido à ampla aplicabilidade em diversos setores e produtos, como apontados na seção 2.1.1. No entanto, a disposição desses materiais após o uso têm sido uma das grandes preocupações, pois grande parte da aplicação dos plásticos é destinada a setor de embalagens, que por sua vez possuem um ciclo de vida curto e são geralmente descartáveis. O descarte inadequado pode ocasionar impactos ao meio ambiente, devido à baixa biodegradabilidade e permanecendo por décadas e séculos no ambiente (HOPEWELL; DVORAK; KOSIOR, 2009; SILVA; MOITA NETO, 2011).

A reciclagem tem sido indicada como uma importante forma de mitigar os efeitos negativos da geração e descarte de resíduos (FURGUTZ; DIAS; MITLIN, 2011; PACHECO; RONCHETTI; MASANET, 2012; JESUS; BARBIERE, 2013; KING; GUTBERLET, 2013). Dentre os principais benefícios podem-se mencionar:

- Aumento da vida útil dos aterros sanitários com a redução do volume de resíduos depositados;
- Redução dos resíduos descartados indiscriminadamente no meio ambiente;
- Redução na propagação das doenças, contaminação do solo, do ar, da água e das emissões de gases do efeito estufa;
- A conservação dos recursos naturais não renováveis, como o petróleo, com a utilização de matéria-prima reciclada em vez da matéria-prima virgem;
- Diminuição da necessidade de extração de recursos naturais como matéria-prima (economia de matéria-prima virgem);
- Redução do custo de coleta de “lixo” doméstico;
- Conservação de energia;
- Benefícios socioeconômicos com a geração de emprego e renda direto e indireto em toda a cadeia logística reversa (desde a coleta, triagem até os processos de reciclagem);
- Processos de produção eco-eficientes; e
- Melhor imagem para as empresas.

Em concordância com Gutberlet et al. (2015a), salienta-se que apesar dos vários benefícios da reciclagem, a mesma não deve ser tratada como uma única alternativa para a resolução do problema da geração dos resíduos, uma vez que se busca “tratar e/ou

reaproveitar” os resíduos que já foram gerados e não prevenir ou reduzir a geração. Layargues (2002) pontua a necessidade de revisão das concepções do desenvolvimento pautado no consumo e no descarte. Portanto, é necessário seguir prioritariamente a sequência lógica de: redução do consumo, reutilização e reciclagem (política dos 3R's). Ou seja, a reciclagem deve ser adotada após ter sido esgotada as opções de redução e reutilização.

De acordo com a *United Nations Environment Programme e International Solid Waste Association* (UNEP; ISWA, 2015) estima-se que são gerados anualmente no mundo de 7 a 10 bilhões de toneladas de resíduos sólidos, sendo aproximadamente 2 bilhões de toneladas de resíduo sólido urbano (resíduos domésticos e de limpeza pública). Além disso, acredita-se que a taxa de geração é fortemente relacionada com renda de cada país e à medida que forem se desenvolvendo economicamente, espera-se um incremento na geração de resíduos.

Quanto à geração de resíduos plásticos, na Europa no ano de 2014 foram geradas 25,8 milhões de toneladas. Desse total, 69,2 % foram reaproveitados através da reciclagem e reaproveitamento de energia (29,7% e 39,5%, respectivamente do valor total dos resíduos) e 30,8% foram para aterros. Além disso, entre os anos de 2006 e 2014 reduziu-se a taxa de destinação final nos aterros em 38 % e aumentou-se o reaproveitamento de energia e reciclagem em 46% e 64%, respectivamente (PLASTICS EUROPE, 2016).

No Brasil, em 2014 a geração total de resíduo sólido urbano foi aproximadamente 78,6 milhões de toneladas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE, 2015). Estima-se que 80,3% dos resíduos sólidos são destinados a lixões e aterros sanitários ou reciclagem, o restante é queimado, jogados em rios, lagos ou mar, dispostos em terreno baldio, etc. Os resíduos plásticos representam 13,5% dos resíduos sólidos urbanos gerados e é o principal resíduo descartado ao invés de ter a destinação correta como, por exemplo, a reciclagem, (ABIPLAST, 2015,2016).

No Brasil, há uma escassez de dados referentes aos valores e percentuais de reciclagem dos resíduos plásticos, no entanto estima-se que a indústria brasileira de reciclagem mecânica de plásticos reciclou em 2012 um total de 684 mil toneladas de 3,26 milhões de toneladas gerados. Isso significa que 21 % de todo resíduo plástico pós-consumo gerado foi reciclado por processos mecânicos, o que coloca o Brasil entre os maiores recicladores do mundo, estando à frente de países como Portugal (20,8%), Reino Unido (20%), França (19%), Finlândia (18%) e Grécia (17,6%) (INTITUTO SOCIOAMBIENTAL DOS PLÁSTICOS - PLASTIVIDA, 2012; ABRELPE, 2015). Na seção 2.1.3 é possível verificar os processos de reciclagem existentes e suas principais características.

Diante dos pontos acima destacados, constata-se que a reciclagem pode propiciar vários benefícios de ordem econômica, social e ambiental, podendo ser indicada como uma importante estratégia em direção à sustentabilidade. Dado o volume de resíduos plásticos gerados, percebe-se que apesar dos esforços ainda precisa se avançar em termos de reciclagem. Além disso, deve-se considerar que assim como outras soluções, como por exemplo, a disposição em aterros e incineração, a reciclagem é um processo caro e não está isento de apresentar impactos ambientais se não realizada de forma adequada (GUTBERLET, 2015a). Sendo necessário, portanto, priorizar a não geração e minimização desses resíduos na fonte de geração. E isso demanda uma mudança técnica, econômica e sociocultural a respeito da produção, consumo e descarte de produtos (LAYARGUES, 2002).

2.1.3 Processos de reciclagem dos resíduos plásticos

De acordo com PNRS a reciclagem é “um processo de transformação dos resíduos sólidos que envolvem a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos...” (BRASIL, 2010). Os processos de reciclagem dos plásticos podem ser classificados em quatro categorias: primária, secundária, terciária e quaternária (SPINACÉ; PAOLI, 2005; HOPEWELL; DVORAK; KOSIOR, 2009; AL-SALEM; LETTIERI; BAEYENS, 2010; BREMS; BAEYENS; DEWIL, 2012).

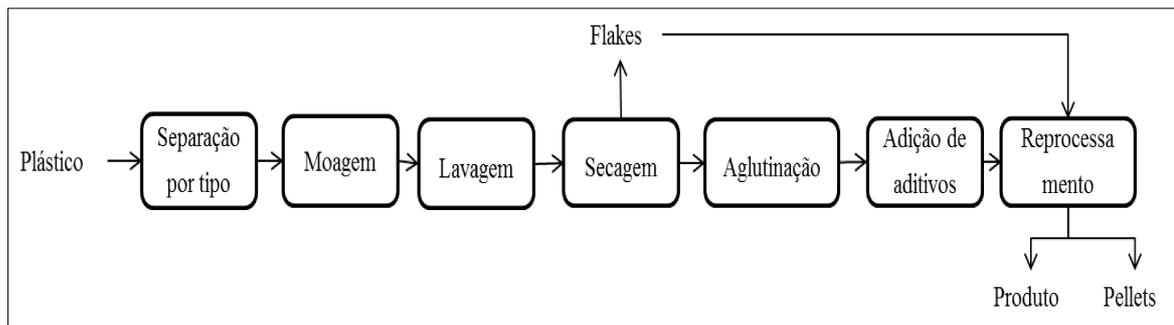
As reciclagens primária e secundária são conhecidas como reciclagem mecânica ou física, diferenciando-se apenas pela origem dos resíduos plásticos a serem reciclados, pós-industrial na primária e pós-consumo na secundária (SPINACÉ; PAOLI, 2005). A reciclagem primária caracteriza-se pela reintrodução de *scrap* plástico limpo (sucata, refugo, dentre outros) ao ciclo de produção, a fim de produzir produtos com propriedades semelhantes (HOPEWELL; DVORAK; KOSIOR, 2009; AL-SALEM; LETTIERI; BAEYENS, 2010; BREMS; BAEYENS; DEWIL, 2012).

A reciclagem secundária (mecânica ou física) caracteriza-se pelo reprocessamento dos plásticos pós-consumo por meios mecânicos, para a sua posterior utilização na fabricação de produtos. Ela pode apenas ser executada em materiais plásticos simples como o PE, PP, PS e outros (AL-SALEM; LETTIERI; BAEYENS, 2010). Neste tipo de reciclagem, os resíduos plásticos são moídos e em seguida reprocessados para produzir um novo componente que pode ou não ter a mesma finalidade que o original (HAMAD; KASEEM; DERI, 2013).

A reciclagem mecânica envolve algumas etapas de tratamento e preparação que vão desde a redução do tamanho dos resíduos plásticos até a obtenção da forma desejada (*flakes*

ou *pellets*) (AL-SALEM; LETTIERI; BAEYENS, 2010). Spinacé e Paoli (2005) afirmam que a reciclagem mecânica pode ser viabilizada através do reprocessamento por extrusão, injeção, moldagem por compressão, etc., podendo ou não ser utilizados em conjunto. A Figura 3 ilustra as principais etapas da reciclagem mecânica dos plásticos.

FIGURA 3 - Principais etapas do processo de reciclagem mecânica dos plásticos



Fonte: Adaptado de Spinacé e Poli (2005), CETESB e SINDIPLAST (2011), Pacheco, Ronchetti e Masanet (2012).

As etapas do processo de reciclagem mecânica dos plásticos podem ser descritas da seguinte forma (SPINANCÉ; POLI, 2005; CETESB; SINDIPLAST, 2011; PACHECO, RONCHETTI; MASANET, 2012):

- **Separação:** consiste em separar, classificar e limitar as impurezas dos resíduos plásticos, podendo ser realizada de maneira manual ou automática. A norma NBR 13230 (ABNT, 2008) padroniza os símbolos que identificam cada tipo de plástico, a fim de ser triado. A Figura 4 ilustra os símbolos adotados pela ABNT para os tipos de plásticos, facilitando a separação dos mesmos.

FIGURA 4 – Símbolos adotados pela ABNT para os tipos de plásticos



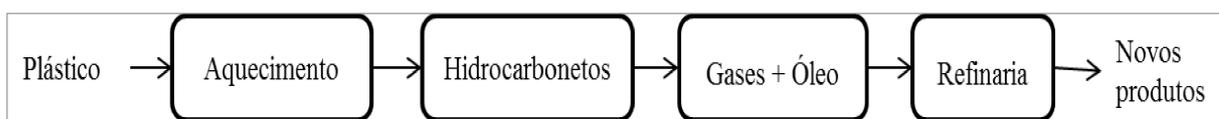
Fonte: ABNT (2008)

- Moagem: os resíduos plásticos oriundos da etapa de separação são moídos em moinhos de facas rotativas, reduzindo-se assim de tamanho (*flakes* - fragmentos);
- Lavagem: os *flakes* são lavados em tanques contendo água e/ou solução de detergentes aquecidos;
- Secagem: os *flakes* oriundos da lavagem são enviados para a secagem. Após essa etapa, os *flakes* podem ser enviados para outra empresa recicladora ou continuar com as demais etapas do processo;
- Aglutinação: ocorre um pré-aquecimento dos *flakes*, a fim de eliminar a umidade ainda restante e compactar o material, reduzindo-se de tamanho;
- Adição de aditivos: adição de antioxidantes, plastificantes, materiais virgens, entre outros, com o objetivo de melhorar as propriedades.
- Reprocessamento: a transformação dos *flakes* em matéria-prima utilizando alguns processos de transformação, como por exemplo, a extrusão (*pellets*, por exemplo), para posteriormente dar origem a um novo produto.

Brems, Baeyens e Dewil (2012) ressaltam que a principal dificuldade nesse tipo de reciclagem é referente às heterogeneidades dos resíduos plásticos pós-consumo, que são uma mistura de diferentes plásticos e, geralmente, contaminados com sujeiras e outros resíduos.

Na reciclagem terciária, também denominada de reciclagem química, os resíduos plásticos são convertidos em pequenas moléculas (despolimerização) como óleos, hidrocarbonetos e monômeros, que são adequados para uso como matéria-prima para produção de novos plásticos ou outros químicos sintéticos (HOPEWELL; DVORAK; KOSIOR, 2009; AL-SALEM; LETTIERI; BAEYENS, 2010; HAMAD; KASEEM; DERI, 2013). A Figura 5 apresenta as etapas simplificadas do processo de reciclagem química dos plásticos (CETESB; SINDIPLAST, 2011). Mais detalhes desse processo podem ser encontrados no estudo realizado por Al-Salem, Lettieri e Baeyens (2010).

FIGURA 5 – Etapas simplificadas do processo de reciclagem química dos plásticos



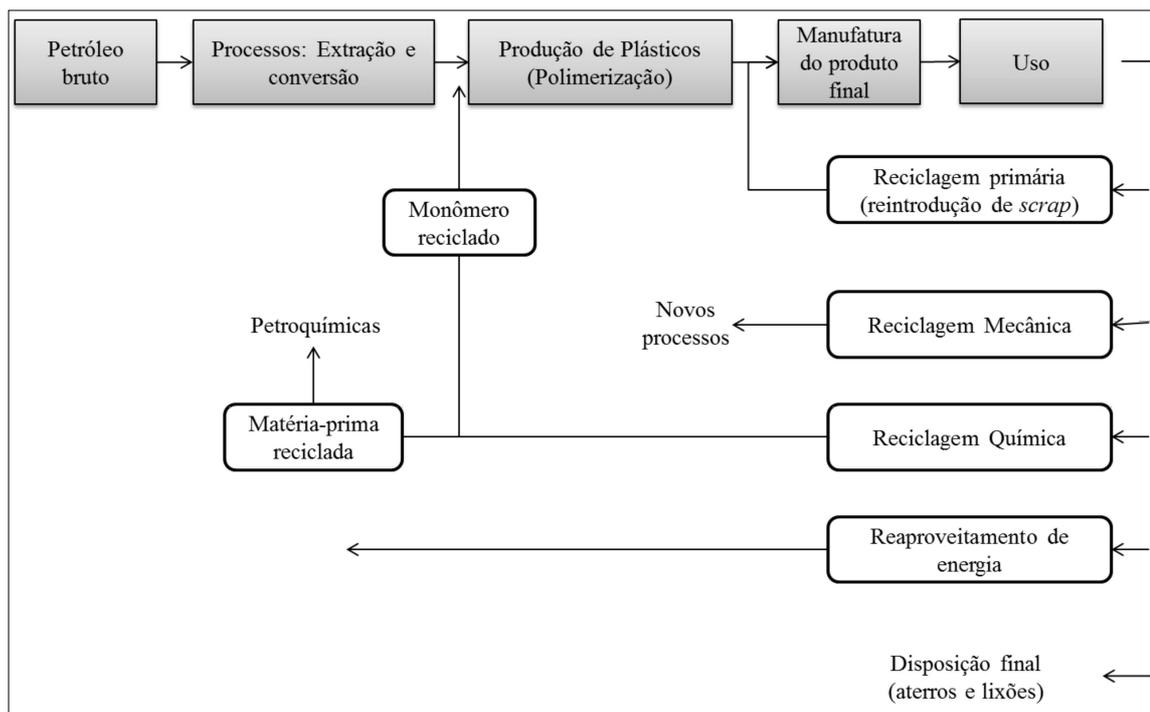
Fonte: Adaptado do CETESB e SINDIPLAST (2011)

A reciclagem quaternária, ou de reaproveitamento de energia, consiste na queima do resíduo a fim de se obter energia em forma de calor, vapor e eletricidade (AL-SALEM;

LETTIERI; BAEYENS, 2010). Os polímeros possuem um alto valor calorífico, no qual 1 kg de resíduos polimérico pode ser equivalente a 1L de óleo combustível e maior que o carvão. A recuperação energética (através da incineração) e métodos termoquímicos contribuem para a redução no volume de resíduos. Porém, é recomendada somente após o esgotamento de todas as alternativas de reciclagem, seja por inviabilidade econômica ou técnica, já que alguns polímeros que contêm cloro e flúor, por exemplo, podem causar problemas durante a combustão devido a emissão de HCl (ácido clorídrico) ou HF (ácido fluorídrico) e dioxinas (SPINACE e PAOLI, 2005). Al-Salem, Lettieri e Baeyens (2010) apresentam uma análise mais aprofundada sobre a reciclagem quaternária dos plásticos.

Na Figura 6 é possível identificar de maneira simplificada o posicionamento dos processos de reciclagem na cadeia dos plásticos.

FIGURA 6 – Posicionamento dos processos de reciclagem na cadeia dos plásticos



Fonte: Adaptado Al-Salem, Lettieri e Baeyens (2010)

A partir dos processos descritos acima, verifica-se que existem diversas formas de se reciclar os resíduos plásticos. A utilização de determinado tipo de processo de reciclagem irá depender das condições específicas de cada local em que se pretende realizá-la, levando em consideração a viabilidade técnica, econômica e ambiental. Hamad, Kaseem e Deri (2013) destacam a reciclagem mecânica como a mais vantajosa do ponto de vista industrial por apresentar menor custo, por ser mais confiável e pelo grande volume de resíduos plásticos pós-consumo disponíveis.

2.2 AS COOPERATIVAS DE RECICLAGEM

Esta seção teve por propósito discutir sobre a atuação das cooperativas de reciclagem no cenário brasileiro. Dessa forma, os seguintes tópicos foram abordados: estrutura geral da cadeia de reciclagem no Brasil, economia solidária, atuação dos catadores de materiais recicláveis, estratégias para agregar valor aos materiais coletados por meio das cooperativas, redes e centros de reciclagem de plástico, e a PNRS como instrumento de incentivo a participação das cooperativas nas atividades de coleta seletiva. Foi realizada uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) para a seleção das referências e definições dos principais tópicos abordados nesta seção. Todas as etapas da RBS estão apresentadas no Apêndice A.

2.2.1 A cadeia de reciclagem no Brasil

A cadeia de reciclagem refere-se à organização de diferentes atores envolvidos em todo o processo que se inicia com a coleta dos materiais pós-consumo ou industrial, passando por diferentes estágios até chegar às indústrias (CARMO; OLIVEIRA, 2010). A cadeia de reciclagem está relacionada com o conceito de logística reversa pós-consumo, que é uma área da logística que trata dos bens no final de sua vida útil, das embalagens e dos resíduos industriais (SILVA; MOITA NETO, 2011). De acordo com a PNRS a logística reversa pode ser definida como:

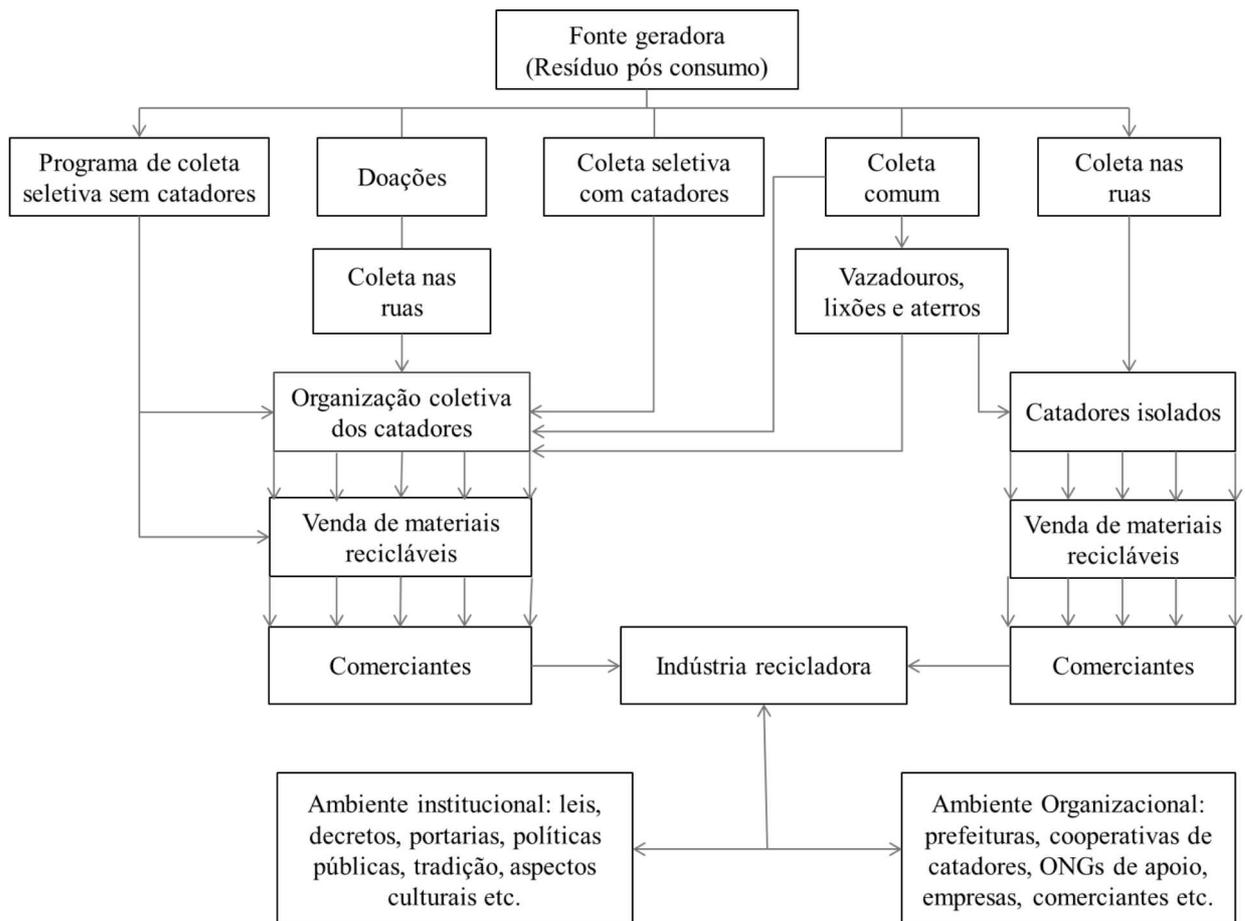
(...) instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Essa definição leva em consideração a atuação interdependente dos diferentes atores de uma cadeia, com o objetivo de agregar valor aos resíduos, gerando benefícios econômicos e sociais mútuos com responsabilidade ambiental. Esses atores estão envolvidos com três esferas principais: a sociedade, o poder público e a iniciativa privada (GONÇALVES-DIAS, 2009; BRASIL, 2010).

A estrutura da cadeia de reciclagem no Brasil, assim como em outros países em desenvolvimento, envolve múltiplos atores, setores e estágios. Esses atores são classificados como: consumidores, catadores, cooperativas, sucateiros (atravessadores ou terceiros), indústrias de reciclagem e de fabricação de produtos, e governos locais (AQUINO, CASTILHO, PIRES, 2009; GONÇALVES-DIAS, 2009; CARMO; OLIVEIRA, 2010; SOUZA; PAULA; SOUZA-PINTO, 2012; CAMPOS, 2014). De acordo com o Instituto de

Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2013), a reciclagem em sua cadeia de produção envolve etapas como: gestão dos resíduos descartados, coleta, triagem, enfardamento, comercialização, transporte, beneficiamento pela indústria e desenvolvimento de produto. A Figura 7 mostra o fluxograma geral da cadeia de reciclagem no Brasil, indicando as principais relações estabelecidas entre os atores.

FIGURA 7- Fluxograma geral da cadeia de reciclagem no Brasil



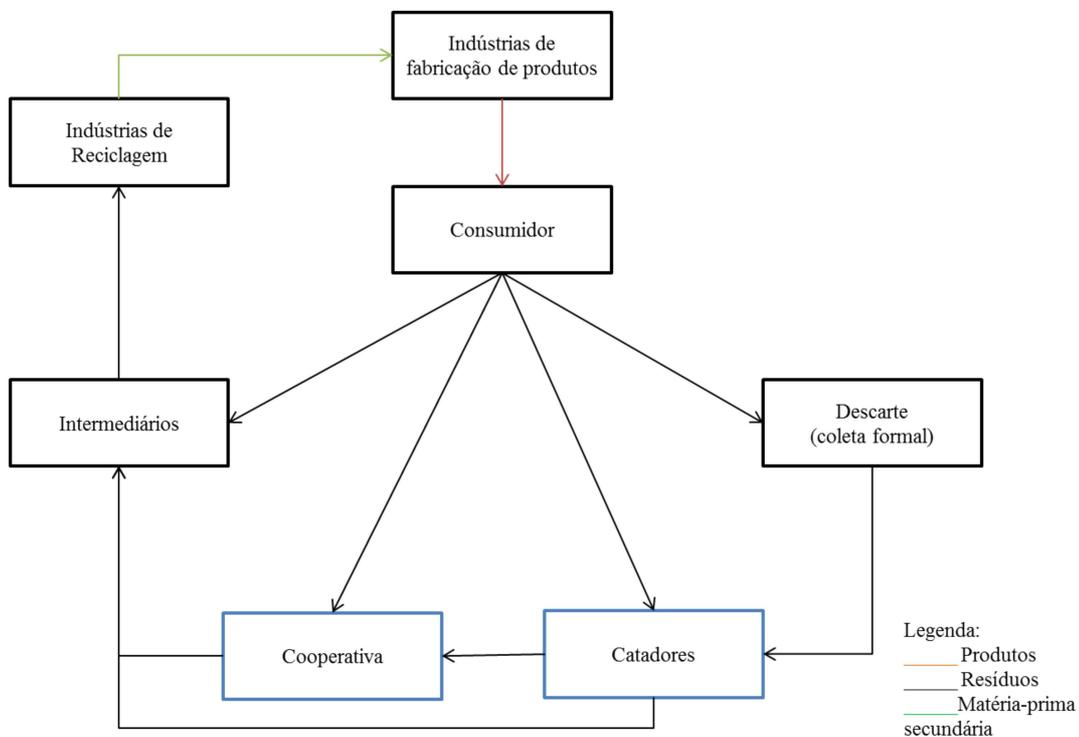
Fonte: IPEA (2013)

Ao analisar a estrutura da cadeia, verifica-se que existe uma grande complexidade e, conseqüentemente, grandes desafios para a sua coordenação. Pois, envolve múltiplos atores de diferentes setores (público, privado, organizações sem fins lucrativos) com diferentes objetivos (econômico, social e ambiental), diferentes formas de organização do trabalho (individual, coletivo, formal e informal) e sob diferentes ambientes institucionais. Toso e Alem (2014) ressaltam que esse desafio se deve também a variedade de cadeias que podem existir dentro dessa própria estrutura, já que os produtos de consumo são constituídos por diferentes materiais (papel, plásticos, vidro, entre outros). Dessa forma, é difícil estabelecer práticas simples e mais homogêneas na cadeia, principalmente na coleta seletiva, sendo

necessário avaliar os diferentes atores em cada etapa do processo e definir claramente o papel da sociedade, das companhias e do governo (TOSO; ALEM, 2014; FIDELIS; CHAVES, RIBEIRO, 2015).

A estrutura da cadeia de reciclagem dos plásticos segue uma lógica semelhante da logística reversa para outros materiais recicláveis, mais especificamente são constituídas pelos mesmos atores nas etapas de coleta e separação. Com base na revisão da literatura (CETESB; SINDIPLAST, 2011; FILARDINI; SIQUEIRA; BINOTTO, 2011; SILVA; MOITA NETO, 2011, IPEA, 2013; TOSO; ALEM, 2014; ABIPLAST, 2016), elaborou-se uma representação sintética da cadeia da reciclagem do plástico no Brasil (Figura 8), identificando os principais atores envolvidos e as suas principais relações.

FIGURA 8 – Representação sintética da cadeia da reciclagem dos plásticos no Brasil



Fonte: Elaboração própria

Na Figura 8 observa-se que após os produtos serem vendidos para os consumidores, passam a ser considerados resíduos no fim de vida dos mesmos quando descartados. A destinação dos resíduos plásticos dos consumidores podem seguir três caminhos diferentes: coleta regular (formal), na qual o governo encaminha os resíduos descartados para aterros ou lixões; coleta por meio dos catadores autônomos ou programas de coletas seletivas (via prefeitura ou cooperativas) e por fim, os consumidores podem fazer doações ou vender para intermediários (sucateiros/revendedores). É importante salientar a possibilidade da coleta desses materiais ocorrer também em locais de destinação final da coleta regular (aterros e

“lixões”), sendo encaminhados para as cooperativas ou para os intermediários. Os intermediários recebem os resíduos dos catadores autônomos, cooperativas e dos consumidores e os enviam para as indústrias de reciclagem. As indústrias de reciclagem transformam os resíduos plásticos em matérias-primas secundárias e as enviam para as indústrias de fabricação, que por sua vez irão transformar em produtos e vender ao consumidor. O Quadro 2 apresenta as funções dos principais atores da cadeia de reciclagem.

QUADRO 2 – Funções dos principais atores da cadeia de reciclagem

Atores	Funções
Catadores (autônomos)	Coleta e venda de materiais recicláveis.
Cooperativas	Coleta, compra, triagem, limpeza, pesagem, trituração, prensagem, armazenamento transporte e venda de materiais recicláveis.
Intermediários (Sucateiros)	Compra, triagem, armazenamento e venda de materiais recicláveis.
Indústrias de reciclagem	Compra em larga escala, processamento de materiais recicláveis e venda.

Fonte: Elaboração própria baseando-se em Aquino, Castilho Junior e Pires (2009); Carmo e Oliveira (2010); King; Gutberlet (2013).

Os catadores de materiais recicláveis autônomos e organizados em cooperativas são atores importantes para a cadeia, já que estão situados na base/etapa inicial da cadeia de reciclagem e mantêm um contato direto com a fonte geradora (pessoas, indústrias etc.). Porém, são poucos valorizados e são os que menos se beneficiam em termos financeiros com a atividade de reinserção do material coletado ao ciclo produtivo (AQUINO; CASTILHO JUNIOR; PIRES, 2009; TIRADO-SOTO; ZAMBERLAN, 2013). A realização do trabalho disperso/isolado dificulta a negociação direta dos catadores com as indústrias, tornando-os dependentes de sucateiros, pois na maioria dos casos não são capazes de atender a demanda de uma economia de escala (AQUINO; CASTILHO JUNIOR; PIRES, 2009; CARMO; OLIVEIRA, 2010).

São evidentes os desafios a serem enfrentados pelos governos na definição de diretrizes que possam favorecer o equilíbrio entre os atores da cadeia de reciclagem, diante dos possíveis interesses divergentes. Assim como destacado por Gonçalves-Dias (2009), a reciclagem tem um forte impacto nas estratégias gerenciais, o que exige novas configurações das relações interorganizacionais que se estabelecem na cadeia. Desse modo, é necessário repensar a atuação, o papel e a inserção das cooperativas nessas questões.

2.2.2 Cooperativa sob a ótica da economia solidária

A intensificação de programas liberais a partir dos anos de 1980-90, o fenômeno da globalização financeira e produtiva e as inovações tecnológicas provocaram grandes transformações no mundo do trabalho. A economia global reestruturou as relações de produção, modificando as configurações de ocupação e emprego, que por sua vez, acentuaram o desemprego e a flexibilização/precarização das antigas relações de trabalho (COELHO; GODOY, 2011; PETERSEN; SOUZA; LOPES, 2014). Esses impactos no mundo do trabalho e as problemáticas em torno das questões da exclusão social favoreceram a expansão e o desenvolvimento de iniciativas econômicas pautadas no conceito de economia solidária, sendo esta considerada uma reação às injustiças do modelo de desenvolvimento capitalista (FRANÇA FILHO, 2002; 2003; SINGER, 2004; PETERSEN; SOUZA; LOPES, 2014).

Desde meado de 1980 vem se fortalecendo no Brasil iniciativas econômicas de trabalhadores baseadas no associativismo e cooperação, que por sua vez estão fundamentadas no conceito da economia solidária (GAIGER, 2007). No entanto, foi nos anos de 1990 que se tornou mais reconhecida como uma forma de inclusão, frente ao contexto de crise econômica, desemprego, informalidade, precarização e exclusão social (COELHO; GODOY, 2011; GAIGER, 2013).

De acordo com Singer (2002), a economia solidária trata-se de um modo alternativo ao capitalismo, pautado nas relações sociais solidárias. Ou seja, a organização da produção é baseada na propriedade social dos meios de produção, sendo esta propriedade repartida entre todos os que participam da produção social (SINGER, 2002; 2004). Este conceito insere-se numa dinâmica atual em torno da solidariedade e na busca alternativa por geração de renda e atinge principalmente aqueles que estão excluídos do mercado de trabalho (FRANÇA FILHO, 2003; PETERSEN; SOUZA; LOPES, 2014). Coelho e Godoy (2011) ressaltam que a economia solidária inverte os princípios de concentração de riqueza e torna-se forma de luta política de grupos da sociedade em prol de uma nova formulação econômica. Porém, não se pretende opor-se ao desenvolvimento, mesmo sendo capitalista, mas torna-lo mais justo, repartindo os resultados de maneira mais igualitária (SINGER, 2004).

A manifestação prática da economia solidária se dá pela formação de Empreendimentos Econômicos Solidários (COELHO; GODOY, 2011), que trazem consigo os princípios básicos da economia solidária que são cooperação, autogestão, ação econômica e solidariedade (DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS

SOCIOECONÔMICOS - DIEESE, 2016a). Podem ser citados também valores de autoajuda, responsabilidade individual, igualdade, equidade e democracia (NAMORADO, 2005).

Dentre as formas de organização dos Empreendimentos Econômicos Solidários é possível destacar as cooperativas, que segundo a Lei Federal nº 5764/71 podem ser definidas como “sociedade de pessoas, com forma e natureza jurídica própria, de natureza civil, não sujeitas à falência, constituídas para prestar serviços aos associados...” (BRASIL, 1971). Namorado (2005), baseado na Aliança Cooperativa Internacional, aponta os seguintes princípios do cooperativismo: adesão voluntária e livre; administração democrática; participação econômica dos membros; autonomia e independência; educação, formação e informação; intercooperação; e interesse pela comunidade. O autor apresenta ainda a noção de cooperativa como uma síntese de associação e de empresa, a qual possui princípios readaptados: é uma empresa impulsionada por uma associação e é uma associação cujo princípio ativo é uma atividade empresarial (NAMORADO, 2005).

Com base nas informações até aqui apresentadas e outras referências na literatura (BRASIL, 1971; SINGER, 2002; 2004; NAMORADO, 2005; GAIGER, 2007; BRASIL, 2012; UNISOL-RS, 2013; MAGNI; GÜNTHER, 2014; BAPTISTA, 2015) elaborou-se um quadro comparativo (Quadro 3) que apresenta as principais diferenças entre as cooperativas e as empresas de capital privado.

QUADRO 3 – Diferenças entre as cooperativas e as empresas de capital privado

Cooperativas	Empresas
<ul style="list-style-type: none"> • Propriedade coletiva; • Objetivam a prestação de serviços aos cooperados; • Sociedade de pessoas; • Atuação a partir dos princípios e valores cooperativistas; • Número ilimitado de cooperados; • Gestão coletiva e democrática: 1 cooperado = 1 voto; • Capital representado por quotas-partes; • Assembleias: Quórum baseado no número de associados; • Relação civil entre cooperado e cooperativa; • Promove a integração e cooperação; • Compromisso educativo, social e econômico; 	<ul style="list-style-type: none"> • Propriedade privada (um ou mais donos); • Objetivam o lucro aos sócio/acionistas; • Sociedade de capital; • Atuação de acordo com os interesses dos sócio/acionistas; • Número ilimitado de sócio/acionistas; • Cada ação, um voto; • Capital representado por ações ou quotas individuais; • O Sócio majoritário é quem manda; • Assembleias: Quórum baseado no capital; • Relação trabalhista; • Promove a concorrência; • Compromisso econômico.

Fonte: Elaboração própria

De acordo com indicadores do Observatório Nacional da Economia Solidária e do Cooperativismo, entre 2004 e 2014 existiam em valores absolutos 1798 empreendimentos de catadores dos quais 41 % (739) estavam organizados em forma de cooperativas (DIEESE,

2016b). No que diz respeito aos aspectos normativos da atividade dos catadores, em 2002 por meio da Portaria 397 do Ministério do Trabalho e Emprego houve o reconhecimento da atividade profissional do catador como “catador de material reciclável”, com o código 5192-5.15. (BRASIL, 2002). Isso demonstra um grande avanço em relação ao reconhecimento do trabalho desenvolvido com matérias recicláveis.

2.2.3 Da coleta individual à formação de redes de cooperativas

2.2.3.1 O contexto dos catadores de materiais recicláveis

A geração de resíduos sólidos é um problema mundial, no entanto os países da América Latina, África e Ásia têm recebido destaque devido às modificações socioeconômicas nas últimas décadas que têm alterado a composição dos resíduos (de orgânica para inorgânica). A intensa urbanização, o crescimento da população urbana e mudanças nos padrões de consumo têm incrementado o volume de resíduos nessas regiões (MEDINA, 2000; 2010). Esse incremento alinhado à ausência de estruturas ou sistemas eficientes de gestão de resíduos e as mudanças nas relações de trabalho (como apresentado na seção 2.2.2) contribuíram para o surgimento de sistemas informais de reaproveitamento de materiais recicláveis.

Enquanto nos países desenvolvidos a reciclagem de resíduos está associada às melhores práticas de gestão ambiental, nos países em desenvolvimento, continua sendo uma prática de pobreza, com pessoas de baixa renda tentando gerar uma renda mínima (FURGUTZ; DIAS; MITLIN, 2011). Ou seja, a coleta de materiais representa uma estratégia de sobrevivência, e possibilidade de inclusão em um mercado de trabalho excludente (MEDINA, 2000; MEDEIROS; MACÊDO, 2006; FILARDI; SIQUEIRA, BINOTTO, 2011; SOUZA; PAULA; SOUZA-PINTO, 2012). Esta também é a realidade brasileira, na qual em momentos de crise econômica, o desemprego e a falta de qualificações profissionais podem contribuir para uma maior participação de pessoas nessa atividade (CARMO; OLIVEIRA, 2010).

As atividades de reciclagem são benéficas não apenas pelas questões ambientais, mas também por questões socioeconômicas, pois pode resultar em ganhos sociais com a inclusão de catadores, geração de renda e redução de pobreza (MEDEIROS; MACÊDO, 2006; CARMO; OLIVEIRA, 2010; FILARDI; SIQUEIRA; BINOTTO, 2011; FURGUTZ; DIAS; MITLIN, 2011; RIBEIRO et al., 2014). Porém, os catadores enfrentam o que Filardi, Siqueira e Binotto (2011) denominaram de “dubiedade ambiental”, ou seja, ao mesmo tempo em que a coleta aparece como uma oportunidade de trabalho, as condições de vida nem sempre

corresponde à dignidade e a seguridade social. De um lado, têm-se as semânticas positivas e negativas associadas às atividades de reciclagem (CARMO; OLIVEIRA, 2010), de outro, as dificuldades de negociações com os demais atores da cadeia.

Campos (2014) pontua que os catadores no Brasil enfrentam muitos desafios como, condições de vida e de trabalho precárias, baixo “status” social, violência, pouco apoio dos governos locais e exposição a danos ocupacionais. Além disso, a marginalização e o preconceito contribuem para a perpetuação da exclusão econômica e social (MEDEIROS; MACÊDO, 2006; FILARDI; SIQUEIRA; BINOTTO, 2011; GUTBERLET et al., 2013; GUTBERLET, 2015a).

Outro ponto a ser analisado é a estrutura da cadeia de reciclagem, que de acordo com Furgutz, Dias e Mitlin (2011) em termos funcionais possuem uma forma piramidal. No topo, está um pequeno número de indústrias de reciclagem, abaixo delas estão os intermediários e na base os catadores. Geralmente, o catador é dependente dos atores intermediários, pois não são capazes de atender a demanda de escala das indústrias recicladoras (SOUZA; PAULA; SOUZA-PINTO, 2012). Desse modo, são os que menos se beneficiam da atividade de reciclagem e estão sujeitos às determinações dos sucateiros e outros intermediários que venham a existir (TIRADO-SOTO; ZAMBERLAN, 2013).

De acordo com Medina (2000; 2010), nos países em desenvolvimento, a própria indústria de reciclagem incentiva e apoia a existência desses intermediários, pois desse modo é possível obter um volume maior de materiais e com melhor qualidade. Assim, como uma forma de tentar superar essas dificuldades dos catadores sugere-se a formação de cooperativas de reciclagem. Os órgãos não governamentais como ONGs podem exercer um importante papel no auxílio à constituição desses empreendimentos solidários.

2.2.3.2 Organização cooperativa da reciclagem: benefícios e dificuldades

A organização dos catadores em cooperativas é indicada como uma forma de tentar superar as dificuldades enfrentadas pelos catadores individuais e de gerar benefícios para os mesmos, principalmente no que se refere aos modos de atuação na cadeia de reciclagem (FILARDI; SIQUEIRA, BINOTTO, 2011). No Brasil, essas organizações desenvolvem atividades de coleta, separação e venda e geralmente conta com o apoio de organizações não governamentais. Trata-se de um elo fundamental para os canais reversos, pois atuam como fornecedores de matéria-prima para indústria e receptora dos resíduos pós-consumo (GUTBERLET et al., 2013).

De acordo com Medina (2000) as cooperativas tentam “contornar” os intermediários para obter uma maior rentabilidade para os cooperados. A organização em cooperativas pode possibilitar a negociação direta com as indústrias, obtendo-se melhores preços e consequentes rentabilidades para os cooperados, tornando-se um meio efetivo de superar a dependência dos intermediários na cadeia de reciclagem. (SOUZA; PAULA; SOUZA-PINTO, 2012; JESUS; BARBIERI, 2013). Dessa forma, percebe-se um “empoderamento” dos catadores cooperados e uma realocação para uma posição intermediária na cadeia (CARMO; OLIVEIRA, 2010; FURGUTZ; DIAS; MITLIN, 2011; GUTBERLET, 2015b). Esta forma de organização permite o desenvolvimento de parcerias com os governos locais e melhorias nas condições de trabalho (FURGUTZ; DIAS; MITLIN, 2011). Além disso, trata-se de uma estratégia de benefícios mútuos para todos os atores da cadeia de reciclagem (GUTBERLEL 2015b)

Além dos benefícios ao longo da cadeia, as cooperativas também favorecem: inclusão social de membros marginalizados da sociedade, educação, treinamento, informação, desenvolvimento de liderança e valorização do trabalho coletivo (TOSO; ALEM, 2014; GUTBERLET et al., 2013; GUTBERLET, 2015a; 2015b).

Por outro lado, assim como os catadores individuais, as cooperativas também podem estar sujeitas a algumas dificuldades tanto estruturais quanto relacionadas às características dos cooperados (CARMO; OLIVEIRA, 2010; FILARDI; SIQUEIRA; BINOTTO, 2011; SOUZA; PAULA; SOUZA-PINTO, 2012; GUTBERLET et al., 2013), dentre elas pode-se destacar:

- Dificuldades em desenvolver comportamentos cooperativos, devido à baixa autoestima que é resultante da semântica negativa de se trabalhar com resíduos, interferindo assim no desenvolvimento da identidade profissional;
- Dificuldade de superar a cultura do trabalho individual;
- Alta rotatividade dos cooperados, desafiando a continuidade do empreendimento;
- Resistência quanto à utilização de equipamentos de proteção;
- Presença de vários riscos de saúde e segurança durante a execução do trabalho de coleta, manipulação, classificação e transporte de materiais, entre outros;
- Pouco envolvimento dos governos locais;
- Baixa escolaridade e histórico de exclusão social que dificultam a autoconfiança dos cooperados;

- Dependência dos intermediários para comercialização dos materiais, mesmo estando organizados em cooperativas, devido a questões estruturais e de gestão (falta de capacitação, capital de giro, recursos materiais, entre outros);

A dependência dos intermediários na comercialização de materiais recicláveis é um aspecto importante a ser analisada no trabalho das cooperativas. Para Baptista (2015) apesar da estratégia de incorporação do catador em empreendimentos cooperativos, os mesmos ainda permanecem em uma posição fragilizada economicamente na cadeia de reciclagem. Isso acontece por um lado devido às dificuldades estruturais e a baixa quantidade de material coletado e por outro a formação de um mercado oligopsônico pelas indústrias que compram os materiais (TIRADO-SOTO; ZAMBERLAN, 2013; BAPTISTA, 2015). Esse modo de organização, as dificuldades estruturais das cooperativas e uma maior eficiência dos intermediários impossibilitam a comercialização direta da cooperativa com a indústria de reciclagem, tornando necessária a adoção de novas estratégias.

2.2.3.3 Redes e centros de processamento como estratégias para agregar valor

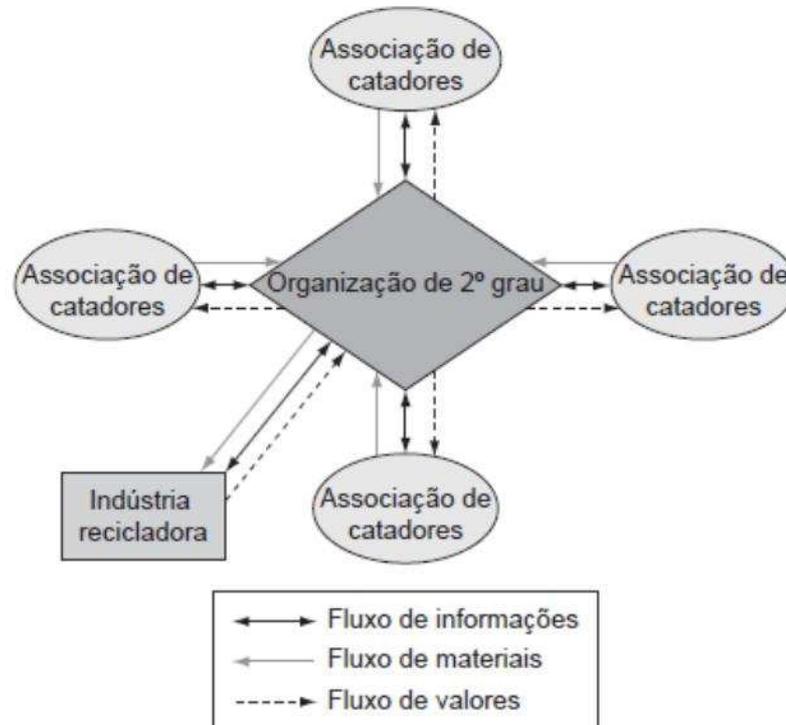
A articulação dessas cooperativas em redes ou federações e a implantação de centros de processamento de materiais, nos quais são realizadas as etapas do processo de reciclagem, têm sido sugeridas como formas alternativas de agregar valor e obter benefícios na cadeia de reciclagem, por meio da transformação e comercialização direta (AQUINO; CASTILHO JUNIOR, PIRES, 2009; GUTBERLET et al., 2013; FIDELIS; FERREIRA; COLMENERO, 2015).

A organização em redes de cooperativas aumenta o volume de materiais recicláveis disponíveis, viabiliza e torna mais eficiente a comercialização direta das cooperativas e empresas por meio do trabalho conjunto de envio de materiais e reduz custos de transporte (GUTBERLET et al., 2013; FERRI; CHAVES; RIBEIRO, 2015; RUTKOWSKI; RUTKOWSKI, 2015). Nesse sentido, é evidente que as cooperativas organizadas em rede são uma importante estratégia logística de comercialização e ganho de escala (IPEA, 2013). Além disso, representa uma oportunidade de gestão das informações para as cooperativas integrantes, possibilitando a troca de experiências e conhecimentos e a disseminação de melhores práticas (JESUS; BARBIERE, 2013; RUTKOWSKI; RUTKOWSKI, 2015).

Aquino, Castilho Junior e Pires (2009) destacam em seu trabalho uma proposta de organização logística para a formação de uma rede de associação de catadores, tendo por base uma organização de segundo grau, denominada âncora. Segundo os autores, essa organização de segundo grau deve ter uma infraestrutura que permita a centralização dos materiais

reciclados, já triados e prensados para realizar a comercialização. A Figura 9 apresenta a estrutura logística da rede de catadores.

FIGURA 9 – Estrutura logística da rede de catadores



Fonte: Aquino, Castilho Junior e Pires (2009)

Tirado-Soto e Zamberlan (2013) e Gutberlet (2015a) destacam algumas iniciativas de organização em redes de cooperativas de catadores no Brasil: CATA-VIDA, CATAUNIDOS, CATABAHIA, CATA SAMPA, COOPCENT-ABC e CENTECOOP-DF. Na prática, essas redes atuam em paralelo com a gestão formal de resíduos sólidos dos municípios. Destaque pode ser atribuído à Rede Cata-Vida, por ser a primeira rede de cooperativas de reciclagem do Brasil, fundada em 2001 na cidade de Sorocaba-SP.

Além da organização das cooperativas em rede, é possível adicionar valor através de atividades de trituração e transformação de materiais em novos produtos (IPEA, 2013; GUTBERLET, 2015a). Ou seja, a verticalização mais ampla das atividades das cooperativas, na qual além de ocuparem a posição intermediária dos sucateiros, ocupam a posição também das indústrias recicladoras, vendendo materiais diretamente para a indústria fabricante ou revendedora de produtos.

A implantação de centros de processamento de plásticos é uma importante oportunidade para agregar valor a esses materiais. Pois, acredita-se que a falta de beneficiamento dos resíduos plásticos por parte das cooperativas, resulta na perda de até 75%

do valor agregado dos produtos finais (FIDELIS, FERREIRA; COLMENERO, 2015). É nessa direção que Fidelis, Ferreira e Colmenero (2015) apresentam um estudo sobre a seleção do local de instalação de centros de processamento de plásticos como forma de adicionar valor ao material reciclado. Devido às necessidades de investimento e de fluxo de material, recomenda-se a implantação desses centros de processamento em redes de cooperativas de reciclagem, pois, questões técnicas e econômicas como a falta de infraestrutura, custos de implantação, ausência de mão de obra qualificada, entre outros fatores, dificultam a implantação em cooperativas individuais.

De acordo com Tirado-Soto e Zamberlan (2013), os principais desafios relacionados às redes são: a autogestão, já que muitas vezes as iniciativas de formação não partem dos próprios cooperados e sim de órgãos de apoio, por exemplo; a falta de capital de giro que dificulta a entrega de materiais em quantidades suficientes e em tempo regular; a dificuldade de padronização da produção de venda conjunta, devido principalmente às heterogeneidades das organizações que compõem a rede com baixa e alta eficiência. A formação de parcerias com outros atores como agências, instituições de ensino, empresas e a sociedade de uma maneira geral, é fundamental para superação de muitas das dificuldades, além de melhorar a articulação das cooperativas para exigências de políticas públicas para o setor.

Analisando o que foi exposto até aqui, percebe-se que quanto mais os catadores avançam na cadeia, maiores serão as oportunidades de rentabilidade para os envolvidos. No entanto, para que isso seja possível é necessário o desenvolvimento de parcerias com os diferentes atores, principalmente com órgãos de apoio que auxiliem tanto na construção das cooperativas e redes, quanto na orientação e capacitação dos cooperados. É imprescindível o apoio dos governos locais no sentido de definir políticas de inclusão e desenvolvimento dos empreendimentos solidários, se estabelecendo como um importante instrumento socioeconômico (GUTBERLET et al., 2015a).

Outro ponto de análise é que apesar de se tratar de empreendimentos econômicos solidários, as cooperativas estão inseridas em um contexto dominado pelo setor de capital em que se visa o lucro e que ditam as regras do mercado. Por isso, as estratégias adotadas pelos cooperados, como a verticalização das atividades, podem ser consideradas como reativas. Pois apenas os princípios de solidariedade não são suficientes para manter as atividades, devendo se ajustar as exigências de um mercado pautado nos princípios capitalistas (BAPTISTA, 2015).

2.2.4 A PNRS e as cooperativas de reciclagem

A gestão eficiente dos resíduos sólidos é um desafio para as autoridades governamentais locais, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil no qual envolve o setor formal (coleta regular) e informal (coleta seletiva e reaproveitamento) (CAMPOS, 2014). Diante da importância econômica, ambiental e social do setor informal, é imprescindível a adoção de políticas públicas que visem o seu reconhecimento e integração na gestão de resíduos sólidos urbanos.

Sob essa perspectiva de integração do setor informal, desde o início de 1990 programas de coletas seletivas vêm sendo realizadas no Brasil (BESEN et al, 2014; CAMPOS, 2014). No país, 1055 municípios (aproximadamente 18%) operam programas de coleta seletiva, sendo que deste total 44% apoiam ou mantêm cooperativas de catadores como agentes executores da coleta seletiva municipal (CEMPRE, 2016).

As cooperativas de reciclagem podem ajudar a fortalecer a gestão dos resíduos urbanos, sem a necessidade de contratação de novas pessoas e serviços para realização da atividade (CARMO; OLIVEIRA, 2010) e contribui para uma gestão mais sustentável dos resíduos (KING; GUTBERLET, 2013). Porém, a integração desse setor é desafiadora, pois é necessário assegurar não só a legitimação do trabalho dos catadores e cooperativas, mas também melhores condições de trabalho, aumento da eficiência da coleta e melhorias nos métodos de tratamento de resíduos (CARMO; OLIVEIRA, 2010; CAMPOS, 2014).

A PNRS aprovada em 2010 se constitui um importante marco regulatório nessa direção, pois se baseia na gestão integrada e ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, considerando a seguinte ordem de priorização: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. É introduzido também o conceito de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, determinando a responsabilidade de fabricantes, importadores, comerciantes, catadores, etc., no processo de fabricação, descarte e reciclagem de resíduos (BRASIL, 2014).

A PNRS é um avanço para as cooperativas, devido as mesmas serem definidas como agentes prioritários para a realização de coletas seletivas (BRASIL, 2010; CAMPOS, 2014). Além disso, são adotadas várias estratégias de estímulo como legalização da atividade, contratos para atividades de coleta e reciclagem, parcerias público-privadas e financiamentos. Isso reflete em um maior reconhecimento do papel desempenhado pelas cooperativas na cadeia de reciclagem (RIBEIRO et al., 2014) e estimula a participação em programas do setor empresarial (JESUS; BARBIERE, 2013).

No entanto, de acordo com o estudo realizado por Besen et al. (2014) sobre coleta seletiva na Região Metropolitana de São Paulo, apesar das políticas públicas de saneamento e de resíduos preconizar o estímulo e o fortalecimento da coleta seletiva com a integração de catadores organizados, ainda há grandes dificuldades de ordem técnicas e econômicas e pouca prioridade para a coleta seletiva em muitos municípios. Além disso, existem dificuldades de mobilizar a população para a separação dos resíduos, prevalência de relações informais entre o poder público e as organizações de catadores, ausência de remuneração pelo serviço e investimentos tímidos em suas parcerias tanto com o setor público quanto com o privado (SOUZA; PAULA; SOUZA-PINTO; BESEN et al., 2014; CAMPOS, 2014; RUTKOWSKI; RUTKOWSKI, 2015).

O fato das cooperativas não ter sido incluído no processo de criação da política, muitas necessidades não foram observadas e partes significativas do processo não foram consideradas. É o caso da atuação dos atores intermediários na cadeia de reciclagem. Não se tem uma clareza do que pode ser feito para diminuir a interferência ou coordenar a sua atuação junto a cooperativas. Ou seja, se tem um distanciamento entre as intenções da política e a realidade enfrentada pelos catadores (BAPTISTA, 2015).

Para Gutberlet (2015a), na teoria a PNRS apoia as cooperativas, porém na prática, muitos desafios ainda precisam ser superados. Dentre os principais desafios estão, a necessidade de amparo para o trabalho autogestionário, os tributos e a desburocratização de procedimentos administrativos, e o fornecimento de estruturas que possibilite as cooperativas terem capacidade plena para desenvolver suas atividades (RIBEIRO et al., 2014).

Assim, pode-se inferir que a PNRS é um importante instrumento para gestão integrada dos resíduos e inclusão de pessoas que estão à margem do trabalho formal. Porém, a política por si só é uma condição necessária, mas não suficiente para que ocorra de fato uma integração desses atores sociais. Deve haver um comprometimento de fato dos governos municipais no reconhecimento desses atores. Isso pode ser possível pela mudança de mentalidade da administração pública de “comando e controle” (BESEN et al., 2014; RIBEIRO, 2014; BAPTISTA, 2015; RUTKOWSKI; RUTKOWSKI, 2015)

Sob outra perspectiva, a PNRS por meio das prioridades da gestão de resíduos mostra-se estar projetada para mudanças de paradigmas para a prevenção, representando uma oportunidade também para as cooperativas repensarem suas formas de operacionalização e buscarem dentro da própria organização melhorias em seus processos.

2.3 A PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Esta seção teve por objetivo fornecer bases teóricas sobre a P+L, quanto a sua origem, definição, características, benefícios, barreiras de implantação e principais ferramentas de apoio. Especial atenção foi dada às abordagens e contribuições da pesquisa realizada no Brasil, a fim de se entender a realidade na qual as práticas de P+L estão inseridas. Para isso, realizou-se uma RBS a fim de selecionar as referências e definir os principais pontos de discussão. O Apêndice B apresenta as etapas adotadas na RBS e o Apêndice C apresenta as referências da pesquisa sobre a P+L realizada no Brasil, acompanhadas dos seus respectivos objetivos, método de pesquisa e setor de aplicação.

2.3.1 P+L: da evolução do pensamento ambiental as suas principais características

A apresentação pública do conceito de Desenvolvimento Sustentável em 1987, pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD, 1991) através do Relatório de Brundtland, representa um marco importante para a sociedade, pois refletiu um novo pensamento em relação às atividades humanas e sua interação com o meio ambiente.

O conceito de Desenvolvimento Sustentável tem como foco a capacidade das gerações presentes atenderem a suas necessidades, sem comprometer a capacidade das gerações futuras em atender as suas próprias necessidades (CMMAD, 1991). Assim, podem ser observadas as preocupações com as gerações futuras, o reconhecimento das limitações dos recursos naturais e a importância em se considerar além do desempenho econômico, também os aspectos ambientais e sociais. Desse modo, assim como destacado pelo relatório, o Desenvolvimento Sustentável é constituído por um triplo objetivo fundamental: proteção ambiental, crescimento econômico e equidade social, conhecido também como o “tripé da sustentabilidade” (ELKINGTON, 1998; ROBINS, 2006).

Ao analisar o histórico da gestão ambiental, verifica-se que as preocupações ambientais foram evoluindo ao longo do tempo, sendo desde “ignorar” o problema da poluição até a adoção de práticas preventivas (UNEP, 2004). Nas décadas de 1950/60, a preocupação centralizava na disposição, sendo iniciado o desenvolvimento de padrões de qualidade de emissão dos resíduos no ambiente, porém ainda era inexistente a responsabilidade empresarial relacionada aos impactos ambientais. Nas décadas de 1970/80, a preocupação estava no tratamento, caracterizando-se principalmente pela atitude reativa visando o cumprimento das normas ambientais e pelo controle no final do processo (“*end-of-pipe*”). Esse período foi caracterizado, principalmente, pelo desenvolvimento e cumprimento

de legislações com ações corretivas, focalização no uso de tecnologias de remediação e controle no final do processo (CNTL, 2003; BARBIERE, 2007).

A partir dos anos 1990, iniciou-se uma tendência para a prevenção da poluição em busca principalmente de uma atitude proativa, além dos cumprimentos das normas e integração total da responsabilidade na estrutura empresarial (CNTL, 2003). De acordo com a *United States Environmental Protection Agency* (USEPA, 2015), a prevenção da poluição reduz os custos relacionados à gestão de resíduos, os custos ambientais relacionados aos danos ambientais e os custos sociais relativos aos problemas de saúde. Assim, protege o meio ambiente através da conservação e proteção dos recursos naturais e reforça o crescimento econômico através da produção mais eficiente. Essa evolução culminou em efeitos positivos sobre o meio ambiente com economia de recursos tanto para a indústria quanto para sociedade (UNIDO, 2002).

O conceito da P+L foi definido pela UNEP em 1990 em consonância com a questão da prevenção da poluição e consiste na “aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada a processos, produtos e serviços para aumentar a eficiência e reduzir os riscos para os seres humanos e o meio ambiente” (UNEP, 2016). Em países da América do Norte a abordagem da Prevenção da Poluição tem sido utilizada como sinônimo de P+L. Ambos focam na estratégia contínua de redução da poluição e impactos ambientais, porém a P+L inclui a redução dos impactos em todo o ciclo de vida do produto (UNEP, 2004).

Para Manzan e Miyake (2013) a P+L busca fomentar o fortalecimento simultâneo da qualidade, produtividade e sustentabilidade nos processos de fabricação. O conceito converge para a ideia de que se trata de uma estratégia pautada na melhoria contínua e no conceito de Desenvolvimento Sustentável, na qual além da ecoeficiência busca-se também a qualidade no ambiente de trabalho. Ou seja, pode ser considerada como um instrumento de uma política orientada para o desenvolvimento sustentável, pois objetiva a proteção do meio ambiente, a saúde humana, melhoria na eficiência econômica, na competitividade e na rentabilidade das empresas (UNEP, 2002; BONILLA et al., 2010; PIMENTA E GOUVINHAS, 2012; IRITANI et al., 2015; SEVERO; GUIMARAES; DORION, 2017).

A P+L possui algumas metas específicas: eliminação/redução dos resíduos; produção não poluente; eficiência energética; ambientes de trabalho seguros e saudáveis e produtos e embalagens ambientalmente corretos (USEPA, 1998; CNTL, 2003). É caracterizada por ações que priorizam a eliminação e/ou minimização do desperdício e das emissões na fonte de geração, seguidas pela reutilização e reciclagem (USEPA, 1998; CNTL, 2003; BARBIERE 2007). A Figura 10 apresenta os três níveis de prioridades da P+L.

FIGURA 10 – Níveis de prioridades da P+L



Fonte: CNTL (2003)

A prioridade principal da P+L é adoção de práticas que visem à redução na fonte (Nível 1). De acordo com UNIDO (2002), os exemplos das melhores práticas de P+L são: substituição de matéria-prima, práticas de *housekeeping*, melhor controle de processo, modificação de equipamentos, mudança de tecnologia, reaproveitamento e reciclagem interna e modificação do produto. Portanto, é uma abordagem ambiental preventiva viável para a redução da poluição na fonte de geração.

Vieira e Amaral (2016) ressaltam que a P+L trata-se de uma mudança organizacional e está além da simples adoção de uma nova tecnologia ou mudança no processo. Portanto, trata-se de uma mudança de cultura organizacional voltada para a prevenção da poluição e conservação de recursos naturais, devendo ser priorizada nas definições das estratégias produtivas.

2.3.2 Benefícios e Barreiras de implementação da P+L

A partir da revisão de literatura, verifica-se que a P+L pode propiciar uma série de benefícios de ordem econômica, ambiental e de saúde e segurança para as organizações. (UNIDO, 2002; CNTL, 2003; SILVA; MEDEIROS, 2006; BRÍÃO; TAVARES, 2007; GIANNETTI et al., 2008; DOMINGUES; PAULINO, 2009; KIST; MOUTAQI; MACHADO, 2009; GOMES; MENDES; WADA, 2011; GOMES et al, 2013; MOLINARI; QUELHAS; NASCIMENTO FILHO, 2013; WILLERS et al, 2014; MASSOTE; SANTI, 2013; GIANNETTI et al. 2015; BARANA et al, 2014; SILVA; MORAES; MACHADO,

2015; WOLFF; SCHWABE; CONCEIÇÃO, 2015; SEVERO et al., 2015): Dentre esses benefícios é possível resumi-los em:

- Redução do consumo de água, energia e matéria-prima;
- Eliminação/ minimização de matérias-primas e outros insumos impactantes ao meio ambiente
- Eliminação/minimização da geração de resíduos, efluentes e emissões;
- Aumento da eficiência dos processos e da produtividade;
- Redução dos custos devido ao aumento da eficiência dos processos, do uso eficiente dos recursos, da redução dos desperdícios e da geração de resíduos, efluentes e emissões;
- Redução de custos com o gerenciamento e transporte dos resíduos;
- Redução dos gastos com multas e penalidades;
- Melhorias no ambiente de trabalho e incremento na saúde e segurança do trabalho;
- Melhorias na qualidade dos produtos;
- Melhoria da imagem da empresa;
- Melhor cumprimento das normas ambientais;

Dentre as principais contribuições da P+L, pode-se ressaltar também a sua compatibilidade com as empresas de menor porte, uma vez que a sua adoção poderá proporcionar benefícios com pouco investimento (GIANNETTI et al., 2008; DOMINGUES; PAULINO, 2009; OLIVEIRA-ESQUERRE et al., 2011; OLIVEIRA NETO et. al, 2016), Assim, pode-se afirmar que a P+L representa uma estratégia de ganhos mútuos pois beneficia as empresas economicamente e no ambiente de trabalho, o meio ambiente e a sociedade.

Por outro lado, existem barreiras que precisam ser superadas para uma efetiva implementação da P+L. Na literatura não foram identificados barreiras relacionados ao ambiente cooperativo, porém acredita-se que algumas destas barreiras são comuns, principalmente de empresas de pequeno porte, devido as suas características e dificuldades apresentadas na seção 2.2.3. Pode-se mencionar como barreiras de implementação da P+L (UNEP, 2004; CNTL, 2003; GIANNETTI et al., 2008; CALIA; GUERRINI; CASTRO, 2009; SILVESTRE; SILVA NETO, 2014; VIEIRA; AMARAL 2016; OLIVEIRA NETO et al. 2017):

- Resistência à mudança;

- Falta de percepção do potencial papel positivo da empresa na solução dos problemas ambientais;
- Falta de informação e treinamento adequado;
- Falta de comunicação;
- Ênfase na rentabilidade em curto prazo, fazendo com que muitas prioridades de P+L sejam colocadas em segundo plano;
- Falta de conhecimento das tecnologias mais limpas disponíveis no mercado;
- Dificuldades financeiras para aquisição de tecnologias mais limpas;
- Sistemas de contabilidade falhos que não conseguem identificar os custos e benefícios ambientais;
- Dificuldades de acesso a financiamentos e falta de mecanismos específicos para investimentos em P+L;
- Falhas nas abordagens regulatórias existentes, na qual possuem foco insuficiente em P+L;
- Políticas voltadas para tratamento (*end-of-pipe*);
- Limitações técnicas;
- Falta de liderança;
- Abrangência limitada das ações ambientais dentro da empresa;
- Desconhecimento dos reais benefícios proporcionados pela P+L;

Viera e Amaral (2016) por meio da realização de uma RBS identificou algumas estratégias que podem ser adotadas para superar as barreiras de implementação da P+L:

- Disseminação do conhecimento de P+L e compromisso de toda cadeia produtiva;
- Mudança de foco nas regulamentações;
- Uso de ferramentas de contabilidade ambiental;
- Existência de líderes em P+L nas organizações;
- Integração entre diferentes áreas da organização e com o restante da cadeia de produção;
- Uso de Sistema de Gestão Ambiental e relatórios ambientais.

De acordo com Silva, Moraes e Machado (2015) a mudança de mentalidade dos consumidores, associada a mudanças nas legislações e o maior acesso à informação por parte dos gestores, ajudam a superar as barreiras e evidenciar os benefícios da P+L. No estudo de Oliveira Neto et. al (2015c) pontua-se que os *Stakeholders* influenciam na determinação de

uma governança corporativa voltada para a P+L, destacando-se as políticas públicas de promoção da educação ambiental e regulação, as pressões econômicas e mudança de comportamento da sociedade.

Assim como apontados por Bonilla et al. (2010) e Almeida et al. (2015), a definição de políticas é imprescindível para a adoção de práticas de P+L e sustentabilidade. Para Ribeiro e Kruglianskas (2013), as regulações devem ser preventivas, flexíveis, transparentes, participativa e baseada no desempenho para que de fato possam resultar em benefícios significativos.

2.3.3 Abordagens dos estudos de P+L no Brasil

Esta seção teve por objetivo apresentar as abordagens dos estudos de P+L no Brasil, apontando as principais ferramentas integradas a P+L. Os estudos selecionados por meio dos critérios da RBS encontram-se no Apêndice C.

No Brasil a P+L tem sido discutida sobre variados aspectos e se têm notado importantes avanços no que se refere à adoção de práticas mais sustentáveis no ambiente empresarial. Verifica-se a ampla aplicabilidade da P+L principalmente em setores voltados para a manufatura e em micro e pequenas empresas. Assim como apontado na seção anterior, existem muitas barreiras a serem superadas, porém têm-se obtido importantes benefícios com a implementação. A seguir são destacados os principais tópicos referentes aos estudos de P+L no Brasil.

2.3.3.1 Sustentabilidade e Gestão Ambiental

Partindo-se das linhas de prioridades e dos benefícios propiciados pela sua implementação, a P+L tem sido indicada como uma importante ferramenta de gestão ambiental orientada para a Sustentabilidade (MANZAN; MIYAKE, 2012; SILVESTRE; SILVA NETO, 2014; IRITANI et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2016a; OLIVEIRA et al. 2016b). Bonilla et al. (2010) e Almeida et al. (2015) concordam que é necessário uma integração holística entre esforços locais, regionais e globais voltadas para a sustentabilidade e a P+L pode suportar esses esforços resultando em benefícios mútuos, característico do tripé da sustentabilidade.

Severo et al. (2015) fornecem importantes contribuições no sentido de demonstrar em seu trabalho que a P+L, a sustentabilidade ambiental e o desempenho econômico estão positivamente relacionados. Assim, denota-se que a P+L pode ser vista como um caminho favorável de atuação das empresas na busca da sustentabilidade, já que contempla vertentes econômicas, ambientais e sociais (OLIVEIRA; ALVES, 2007; PIMENTA; GOUVINHAS,

2012). Já Guimarães, Severo e Viera (2017), demonstram a relação positiva entre as decisões estratégicas, gestão de projetos e o sucesso da P+L.

Em termos de integração da P+L com os Sistemas de Gestão Ambiental, Oliveira et al. (2016a) propõem um guia baseado na ISO 14001. De acordo com os autores estes dois elementos possuem compatibilidades e a sua integração pode representar um importante meio de redução de custos, burocracia e incremento na eficiência. Outros estudos como o de Severo et al. (2015), Severo, Guimarães e Dorion (2017), Oliveira et al. (2016b) e Leite et al. (2014) também concordam que é necessário uma integração entre a P+L e o sistema de gestão ambiental a fim de potencializar os benefícios de ambas abordagens.

2.3.3.2 Integração de abordagens com a P+ L

Por meio da RBS foi possível identificar algumas ferramentas que podem ser integradas à P+L. No Quadro 4 é possível verificar a integração de abordagens com a P+L e no Apêndice C verificar os objetivos de cada trabalho mencionado.

QUADRO 4 - Integração de ferramentas com a P+L

Referência	Ferramentas	Abordagens
Calia e Guerrini (2006)	Qualidade	-Seis Sigma para gestão de projetos; -Utilização da metodologia de <i>Checkland</i> para estruturação de problemas.
Calia, Guerrini e Castro (2009)	Qualidade	-Superação de barreiras organizacionais por meio do Seis Sigma.
Cobra et al. (2015)	<i>Lean Manufacturing</i>	Integração da metodologia <i>Lean</i> com P+L.
Coelho, Lange e Coelho (2012)	Tratamento Mais Limpo (Indicadores)	-Propõe-se a expansão do conceito de P+L em nível de tratamento de resíduos; -Considera os aspectos referentes à água, ar, solo, materiais e energia.
Giannetti et al. (2008)	Indicadores	- <i>Material Intensity Factor</i> ; e -Contabilidade emergética.
Giannetti et al. (2015)	Análise multicritério e multiescala (Indicadores)	-Balanço energético; -Balanço material; -Análise econômica; -Contabilidade emergética.
Iritani et al. (2015)	Avaliação do Ciclo de Vida	-Identificação de pontos críticos ambientais; -Estudo de estratégias sustentáveis; -Investigação de cenários para verificar melhorias ambientais resultantes de mudanças no ciclo de vida do produto.

Fonte: Elaboração Própria

QUADRO 4 (continuação) - Integração de ferramentas com a P+L

Referência	Ferramentas	Abordagens
Kubota e Rosa (2013)	Inovação	Utilização da Teoria da Resolução de problemas inventivos (TRIZ) para fornecer soluções inovadoras;
Molinari, Quelhas e Nascimento Filho (2013)	Indicadores	Indicadores econômicos: Valor presente líquido, <i>Payback</i> etc. Indicadores ambientais; Foco na Eco-eficiência;
Oliveira Neto et al. (2015a)	Viabilidade Econômica e Ambiental	Avaliação de vantagem econômica e ambiental da implantação da P+L. -Uso do Fator de Intensidade de Material.
Oliveira Neto et al. (2016)	<i>Material Input per Service Unit</i> (MIPS)	Avaliação da redução dos impactos ambientais resultantes da aplicação da P+L
Silva et al. (2013)	Qualidade	Ferramentas da qualidade integradas em uma metodologia padronizada de P+L.
Silva et al. (2015)	Avaliação do Ciclo de Vida	-Identificação de pontos críticos; -Apresentação de cenários de melhorias
Silva, Moraes e Machado (2015)	<i>Ecodesign</i> e Logística reversa	Proposta de P+L voltada às práticas de <i>Ecodesign</i> e logística reversa.

Fonte: Elaboração Própria

O Quadro 4 fornece importantes informações no que se refere ao uso de diferentes ferramentas integradas a P+L. Essas ferramentas podem fornecer um suporte para a aplicação da P+L na avaliação de impactos e identificação de oportunidades de melhorias. Em concordância ao uso de ferramentas integradas a P+L, Oliveira Neto et al. (2015b) identificaram em seu estudo 30 princípios e ferramentas emergentes da P+L. Foi analisado de que forma os princípios e ferramentas são agrupados e organizados pelas empresas de forma a aplica-lo mais efetivamente como parte das iniciativas da P+L. Dentre os princípios identificados, pode-se mencionar a logística reversa de pós-consumo e pós-venda para reuso e reciclagem. A maioria dos princípios está voltada para a gestão da produção e educação ambiental, sendo importante considerar o controle do destino de resíduos no processo e projeto do produto.

2.3.4 A P+L e a reciclagem dos plásticos

Apesar da reciclagem se constituir como uma das oportunidades de P+L, o desenvolvimento de sua atividade também é passivo de gerar impactos ambientais caso não seja monitorado. De acordo com a CETESB e SINDIPLAST (2011), o processo de reciclagem dos plásticos pós-consumo é considerado crítico, pois a descontaminação dos materiais pode gerar uma grande quantidade de efluentes e resíduos. Além disso, o alto grau

de informalidade do setor é um fator de risco, uma vez que pode haver contaminação das resinas plásticas, inviabilizando a reciclagem ou gerando uma grande quantidade de resíduos.

A geração de efluentes é resultado do consumo de água que está diretamente relacionada à necessidade de lavagem dos materiais (FARIA; PACHECO, 2011). Já os resíduos são dependentes das condições dos materiais para aproveitamento, sendo resultantes das perdas dos processos e do descarte de materiais não aproveitáveis no processo. No Quadro 5 é possível verificar os principais aspectos e impactos ambientais da indústria de reciclagem, quando não se tem um controle adequado.

QUADRO 5 – Aspectos e impactos ambientais da indústria de reciclagem

Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental
Consumo de recursos naturais- energia elétrica.	Comprometimento das fontes de energia renovável.
Consumo de recursos naturais – água.	Comprometimento das fontes de recursos naturais renováveis.
Efluentes industriais – água contaminada com matéria-prima e sujidades diversas.	Contaminação das águas superficiais e subterrâneas.
Emissões gasosas – queima de matéria-prima.	Poluição da atmosfera
Emissões de material particulado como resinas, insumos em pó, gases de combustão, etc.	Poluição da atmosfera
Resíduos sólidos contaminados – resíduos de embalagens, rótulos de papel, matéria-prima contaminada, etc.	Contaminação do solo
Ruídos – máquinas, trânsito de empilhadeira, equipamentos elétricos, etc.	Incômodos ao entorno
Vazamentos ou derramamento de matéria-prima	Contaminação das águas e do solo
Vazamentos ou derramamentos de água	Comprometimento dos recursos naturais

Fonte: CETESB e SINDIPLAST (2011)

Diante dos possíveis impactos das atividades da reciclagem dos resíduos plásticos, verifica-se a necessidade de estratégias que busquem eliminar/minimizar esses impactos. A P+L mostra-se adequada, dado benefícios de ordem econômica, ambiental e de saúde e segurança que ela proporciona. Estudos na literatura demonstram as vantagens econômica e ambiental da implantação da reciclagem como uma importante oportunidade de gestão dos resíduos na indústria dos plásticos (OLIVEIRA NETO et al., 2015) e em outras idústrias (GOMES; MENDES; WADA, 2011; FARIA; PACHECO, 2011; GIANNETTI et al., 2015; WOLF; SCHWABE; CONCEIÇÃO, 2015).

A PNRS representa um importante instrumento em direção à práticas sustentáveis, a medida que define como prioridades: a não geração, redução, reutilização e reciclagem dos resíduos (BRASIL, 2010). Dado o exposto, é pertinente verificar de que forma a P+L pode contribuir na melhoria dos processos das cooperativas, considerando as suas potencialidades e limitações estruturais, de capital, de gestão e de pessoas.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa utilizou a abordagem qualitativa e quantitativa. A abordagem qualitativa permite interpretar os fenômenos e atribuir-lhes significados, considerando os aspectos que não podem ser quantificados (SILVA; MENEZES, 2005). Já a abordagem quantitativa, considera tudo que possa ser quantificável, podendo classifica-los e analisa-los. Desse modo, acredita-se que o uso combinado dessas duas abordagens potencializou o entendimento do contexto da pesquisa, fornecendo evidências abrangentes e complementares.

Quanto aos objetivos, a pesquisa foi exploratória descritiva (GIL, 2010). Exploratória porque se avaliou a aplicabilidade da P+L em uma cooperativa de reciclagem, onde não foram identificados trabalhos na literatura com esse foco. Descritiva, porque descreveu as características do objeto de estudo e estabeleceu relações entre os dados coletados.

Os procedimentos consistiram na revisão de literatura e o estudo de caso. A revisão de literatura foi delineada pela Revisão Bibliográfica Sistemática, que consiste em um instrumento que permite mapear a literatura, realizar comparações e elaborar uma síntese do conhecimento existente elucidando diferentes aspectos (LEVY; ELLIS, 2006; BIOLCHINI *et al.*, 2007). Além disso, com base no trabalho de Levy e Ellis (2006), pode-se afirmar que a adoção da RBS auxiliou na compreensão referente às questões pesquisadas que na presente pesquisa foram as características das cooperativas, o contexto em que elas estão inseridas e as possibilidades de utilização da ferramenta P+L.

Para a elaboração da RBS, adotou-se como referência o trabalho de Conforto, Amaral e Silva (2011), o qual consiste em um roteiro para a condução de uma RBS na área de gestão de operações. O roteiro desenvolvido por Conforto, Amaral e Silva (2011) é resultado de uma pesquisa-ação e baseado em outros modelos existentes como o de Biolchini *et al.* (2007) e Levy e Ellis (2006). Foi realizada a RBS referente às cooperativas de reciclagem (seção 2.2), e sobre a P+L (seção 2.3). A descrição das etapas pode ser verificada nos Apêndices A e B. Apesar da seção 2.1 não contemplar a RBS, parte das referências é resultado da busca sistemática da seção 2.2 e das referências que os artigos utilizaram.

Foi adotado o estudo de caso, devido a este método possibilitar uma investigação de um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real e proporcionar um maior nível de profundidade para a pesquisa (YIN, 2001). A pesquisa se configurou como estudo de caso único, cujo foco foi o processo de reciclagem de plásticos em uma cooperativa de beneficiamento de polímeros. A cooperativa estudada, denominada Divisão Polímeros, está localizada na cidade de Sorocaba-SP e é integrante da Rede Solidária de Cooperativas de Reciclagem de Sorocaba e Região (Rede Cata-Vida).

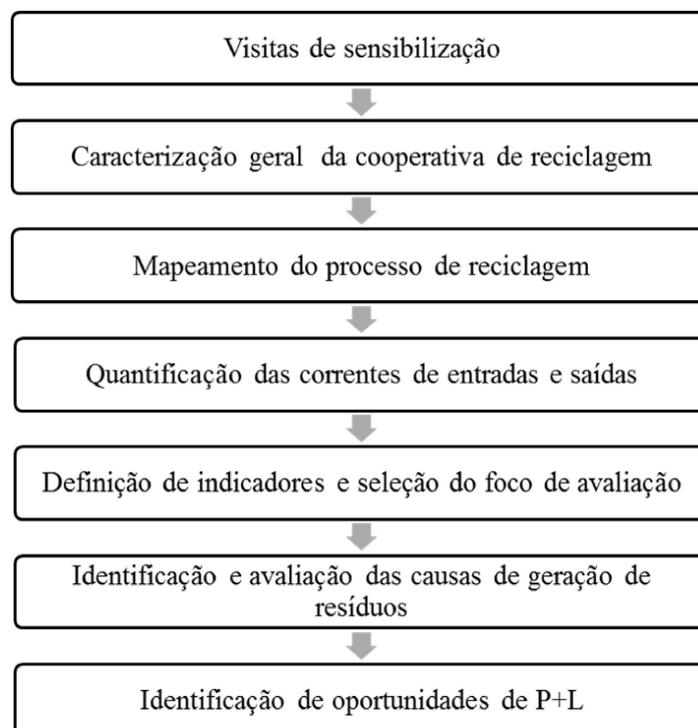
A escolha do município foi justificada pela sua importância econômica para a região Metropolitana de Sorocaba, a qual dentre os 26 municípios integrantes (SÃO PAULO (ESTADO), 2014), Sorocaba se posiciona como o maior município com uma população estimada em 2015 de 644.919 (IBGE, 2015).

Já o caso único, foi escolhido devido a cooperativa selecionada ser a única da Rede Cata-Vida e da Região Metropolitana de Sorocaba que realiza o processo de reciclagem dos plásticos, desde a coleta dos resíduos plásticos até a obtenção de *flakes* e *pellets* reciclados, para serem reinseridos novamente na cadeia produtiva em diversas aplicações. Desse modo, o caso estudado caracteriza-se como um caso exclusivo, de acordo com os critérios de Yin (2001).

3.1 PESQUISA DE CAMPO

Para a execução da pesquisa de campo foi adotado como referencial teórico básico o guia de Implantação de Programas de Produção Mais Limpa (CNTL, 2003), complementado pelas orientações do SEBRAE (2005) e de Silva et al. (2013). Silva et al. (2013) foi uma das principais referências, pois por meio dela foi possível identificar importantes ferramentas da qualidade integrada a P+L. As Etapas adotadas na pesquisa são ilustradas na Figura 11.

FIGURA 11 - Etapas da pesquisa



Fonte: Elaboração Própria

Assim como sugerido por Yin (2001), para a coleta dos dados foram utilizadas múltiplas fontes de evidências, como entrevistas não estruturadas (SILVA; MENEZES, 2005), observações não participantes, análises de arquivos digitais e documentos (conta de água, luz, etc.), preenchimento de formulários de dados produtivos e de medições. Visitas *in loco* foram realizadas para observações, entrevistas e levantamento dos dados. O uso dessas fontes de evidências permitiu um melhor conhecimento da cooperativa em termos de caracterização geral, mapeamento de processo, identificação de aspectos ambientais e de oportunidades de melhorias. Além disso, a adoção de múltiplas fontes de evidências propiciou a triangulação dos dados, desenvolvendo linhas convergentes de investigação, que por sua vez resultaram em uma maior validade construtiva da pesquisa (EISENHART, 1989; VOSS et. al, 2002).

3.1.1 Etapas da pesquisa e procedimentos metodológicos

3.1.1.1 Visitas de sensibilização

Foram realizadas visitas à cooperativa com o objetivo de obter um comprometimento da organização. Apresentaram-se à presidente da cooperativa e aos demais cooperados as concepções sobre a P+L e os propósitos da pesquisa. Obtido o interesse em participar da pesquisa, estabeleceu-se o cronograma de visitas para coleta de dados, os recursos necessários e as formas de participação da cooperativa na pesquisa. Essas participações se deram, principalmente, por meio das entrevistas, do fornecimento de dados e informações, esclarecimentos referentes aos dados e observações do processo, acompanhamento e auxílio nas coletas de dados, entre outros. Ficou estabelecido que as demais visitas e etapas da pesquisa ocorreriam de março a dezembro de 2016 (período de 10 meses).

3.1.1.2 Caracterização geral da cooperativa de reciclagem

Buscaram-se informações gerais referentes ao funcionamento da cooperativa, tais como estrutura física, processos, produtos, fornecedores, carga horária de trabalho, fonte de fornecimento de água e energia, número de cooperados e informações sobre a gestão ambiental. Foram obtidos dados históricos da cooperativa referente aos últimos 12 meses e esses dados foram convertidos em percentuais médios, a fim de se obter uma visão quantitativa geral.

3.1.1.3 Mapeamento do processo de reciclagem

O mapeamento do processo de reciclagem foi baseado na revisão de literatura e na “externalização” dos conhecimentos tácitos (experiências) dos cooperados referentes ao

processo, por meio de observações diretas e entrevistas. Assim, foi identificado o tipo de processo de reciclagem dos resíduos plásticos adotado pela cooperativa e as suas principais etapas.

O processo foi acompanhado desde a recepção da matéria-prima (resíduos plásticos) até a obtenção do produto final (*flakes* e *pellets*). Identificaram-se as principais entradas, saídas e recursos utilizados em cada etapa do processo. Os dados foram coletados por meio da observação direta e entrevistas não estruturadas com os cooperados. À medida que as dúvidas iam surgindo, esclarecimentos foram sendo solicitados. Após a coleta dos dados, o fluxograma do processo foi delineado, no qual foi possível ilustrar as relações entre as etapas do processo, assim como identificar os principais pontos de decisões. Além disso, elaborou-se um quadro com a identificação das principais entradas e saídas de cada etapa do processo e um quadro dos principais recursos utilizados.

3.1.1.4 Quantificação das correntes de entradas e saídas

Com o processo mapeado, buscou-se identificar os principais aspectos a serem avaliados na pesquisa, como consumo de água, energia, matéria-prima, quantidade de produtos produzidos, geração de resíduos e efluentes. Para a quantificação dessas correntes foram coletados dados históricos da cooperativa (documentos), contas de água e energia, dados técnicos das máquinas e registro de produção diária.

Na quantificação do consumo de matéria-prima, geração de resíduos e produto final foi utilizada balanças. No consumo de água e geração de efluentes realizaram-se medidas de fluxo com o auxílio de baldes com volumes conhecidos e cronômetros. As medidas de energia foram realizadas considerando a potência das máquinas e o tempo que permaneceram operando. Também foi utilizada a trena para realizar medições de comprimento, área e volume, quando necessário. Devido à ausência de equipamentos adequados, não foram quantificados as emissões de gases, calor, ruído e vibrações. Ao final da coleta dos dados, elaborou-se o balanço material e as informações foram compiladas em forma de tabelas.

3.1.1.5 Definição dos indicadores e seleção do foco de avaliação

A fim de se obter um perfil do sistema produtivo e poder analisar a produção, foram definidos indicadores de aspectos ambientais. Os indicadores de aspectos ambientais adotados referem-se ao consumo de água, de matéria-prima, de energia, geração de efluentes e resíduos. Adicionalmente, adotaram-se indicadores de custo.

No que se refere à seleção do foco de avaliação, utilizou-se como principal ferramenta de análise o Diagrama de Pareto. O diagrama permitiu identificar os pontos mais críticos do

processo de reciclagem no que se refere ao consumo de insumos e geração de resíduos, efluentes e emissões, assim como possibilitou a priorização do foco de avaliação (SILVA et al, 2013).

3.1.1.6 identificação e avaliação das causas de geração de resíduos, efluentes e emissões

Após ter definido o foco de avaliação, foram avaliadas as causas de geração de resíduos, efluentes, emissões (gases, material particulado, calor e ruído) e vibrações. Utilizou-se o diagrama de causa-e-efeito (espinha de peixe ou *Ishikawa*) como principal ferramenta de avaliação. Além disso, as opiniões dos cooperados também foram consideradas, uma vez que os mesmos possuem uma maior proximidade com as etapas do processo. O diagrama de causa-e-efeito trata-se de uma ferramenta efetiva para a identificação das raízes do problema (SLACK et al, 2006).

3.1.1.7 Identificação de oportunidades de P+L

Observadas as causas de geração, buscou-se identificar oportunidades de melhorias para as etapas do processo de reciclagem estudado. Nesta etapa foi consultada a literatura disponível e considerado as sugestões dos cooperados e do próprio pesquisador. Após as oportunidades terem sido identificadas, as mesmas foram descritas e pontuados os benefícios de ordem ambiental, econômica e social. Esses benefícios foram analisados de forma qualitativa. A escolha análise qualitativa é resultado da identificação de opções de P+L de baixo investimento. Para o caso de mudanças tecnológicas radicais foi sugerida a pesquisa de preço junto aos fornecedores para a realização de uma avaliação técnica, ambiental e econômica mais aprofundada.

3.1.1.8 Barreiras da P+L e da pesquisa

Após a execução das etapas da P+L definidas na pesquisa, prosseguiu-se com a identificação das principais barreiras/dificuldades enfrentadas pela cooperativa e pela pesquisa na adoção da ferramenta P+L na cooperativa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- CARACTERIZAÇÃO GERAL DA COOPERATIVA

A Divisão Polímeros é uma cooperativa integrante da Rede Cata-Vida e está localizada em uma área urbana residencial no município de Sorocaba, São Paulo. Foi inaugurada em 2011 e iniciou suas operações em 2012, a partir da formalização da Rede Cata-Vida como uma cooperativa de segundo grau. A Rede Cata-Vida foi formada no ano de 2001 e trata-se de uma cooperativa de segundo grau, por se constituir de outras organizações cooperativas singulares de catadores de materiais recicláveis (VIANA, 2012). Além disso, é considerada uma iniciativa pioneira no país, sendo responsável principalmente pela comercialização dos materiais recicláveis das cooperativas integrantes.

A Rede Cata-Vida conta com a participação de mais de 19 cooperativas de Sorocaba e região, as quais são responsáveis pela coleta e separação dos materiais recicláveis. Os resíduos plásticos recicláveis de Polipropileno (PP), Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) e Polietileno de Alta Densidade (PEAD) são transportados pelos veículos da rede para a Divisão Polímeros e os demais seguem para a Central de Armazenamento e Comercialização da Rede Cata-Vida.

A Divisão Polímeros é resultado de projetos de verticalização da coleta seletiva da Rede Cata-Vida em parceria com a Petrobrás e objetiva o beneficiamento de materiais plásticos recicláveis para, posteriormente, serem transformados em novos produtos (VIANA, 2012). Ou seja, desde 2012, além das atividades de coleta e separação realizadas pelas cooperativas e da comercialização dos materiais recicláveis através da rede, passou-se a operacionalizar o processo de reciclagem mecânica de plásticos. A literatura aponta que além de agregar valor, a verticalização também aumenta a capacidade de negociação da cooperativa com os demais membros da cadeia (AQUINO; CASTILHO JUNIOR; PIRES, 2009; FIDELIS; FERREIRA, COLMENERO, 2015; GUTBERLET, 2015a).

A cooperativa realiza a reciclagem mecânica dos resíduos plásticos pós-consumo de PP, PEBD e PEAD, transformando-os em *flakes* (fragmentos/flocos) e/ou em *pellets* (grânulos/grãos), que posteriormente serão vendidos como matéria-prima secundária para a indústria dos plásticos, sendo estes responsáveis pela reinserção de novos produtos a cadeia produtiva. São transformados em *flakes* o PP, PEBD e PEAD transparente, branco, colorido e preto. Já em forma de *pellets* utiliza-se apenas o PEAD. Esses materiais são vendidos à vista e os preços variam de R\$ 1,50/kg (*flakes* de PP preto) até R\$ 4,30/ kg (*pellets* de PEAD transparente). A Figura 12 mostra os *flakes* e *pellets*, respectivamente.

Figura 12 – Produtos da cooperativa (matéria-prima secundária): (a) *flakes* e (b) *pellets*



Fonte: Acervo do autor

Os *pellets* possuem maior valor agregado, porém representam aproximadamente 10%, de um total médio de 68,5 toneladas de produtos vendidos por mês. A falta de capital de giro é um dos principais limitantes para a venda dos materiais em forma de *pellets*. Pois, para a sua produção são necessários *flakes*, que por sua vez, devido à necessidade de se obter receitas e pagar principalmente os fornecedores dos resíduos plásticos recicláveis oriundos das cooperativas, opta-se por vendê-los assim que são produzidos, em vez de estoca-los.

A matéria-prima para a transformação em *flakes* e *pellets* são os resíduos plásticos recicláveis de PP, PEBD e PEAD, oriundos do pós-consumo. A quantidade recepcionada varia de 90 a 130 toneladas/mês, apresentando um comportamento sazonal de fornecimento e que influenciam na quantidade de produtos finais a serem vendidos. Esses resíduos plásticos são fornecidos pelas cooperativas integrantes da Rede Cata-Vida (25%), Rede Reciclamp (19%), Rede Paulista (6%) e por terceiros (sucateiros; 50%). Verifica-se que apesar da Divisão Polímeros ter sido projetada para atender, principalmente, as cooperativas da Rede Cata-Vida, os terceiros são os principais fornecedores. Isso é justificado pelo fato das cooperativas da Rede Cata-Vida não fornecer uma quantidade suficiente de matérias-primas que tornem o processo de reciclagem viável. Assim, são adotadas parcerias Inter-Redes com a Rede Reciclamp e a Rede Paulista, e complementam-se com a compra de terceiros.

No que se refere ao sistema de produção, a cooperativa possui uma programação da produção mista, na qual para se produzir *flakes* adota-se uma programação empurrada e para os *pellets* uma programação puxada (SLACK et al., 2006; TUBINO, 2007). A adoção de uma programação mista é consequência da demanda por esses produtos. Na programação empurrada, os resíduos plásticos são transformados em *flakes*, entra-se em contato com os clientes já conhecidos e os enviam independentemente do volume. Já na programação puxada, o processo de transformação dos *flakes* em *pellets* é iniciado apenas quando se tem um pedido

de um cliente com a especificação de quantidade e prazo. Apesar disso, não há um planejamento da produção, na qual a previsão de demanda esteja fortemente estabelecida.

Em termos operacionais e de mão-de-obra, a quantidade de cooperados é variável estando entre 7 e 11 (período de agosto de 2015 à dezembro de 2016), sendo um (1) responsável principalmente pela coordenação da produção e os demais realizam as funções de triagem, manuseio de máquinas e ferramentas, transporte, entre outros. Apesar disso, as funções dos cooperados, incluindo a do coordenador, não são fixas, pois ocorrem mudanças de atividades sempre que necessário. O regime de trabalho é de segunda à sexta das 6h às 16h com pausa de 1h para o almoço, mas a depender da demanda e do prazo de entrega dos produtos aos compradores, os mesmos trabalham também aos sábados, domingos e feriados no período matutino (até às 12 horas). A remuneração não é fixa, exceto a do coordenador, pois recebem por kg de material processado. A remuneração média no período da pesquisa foi de 1600 reais, dos quais 11% eram descontados para contribuição ao INSS.

Quanto à infraestrutura física, a cooperativa opera em um terreno de 3697,39 m² concedido pela prefeitura, com edificações de 1120,25 m², constituída por três áreas principais: pátio (área externa), galpão (área intermediária) e barracão (área interna). A Figura 13 apresenta as três áreas principais da cooperativa.

FIGURA 13: Áreas da cooperativa: (a) e (b) pátio, (c) galpão e (d) barracão.



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Acervo do autor

O pátio (Figura 13a e 13b) é uma área aberta onde os resíduos plásticos recicláveis são recepcionados e armazenados até que sejam encaminhados para as próximas etapas do processo de reciclagem. Além da utilização dos *bags* (sacos), não existem nessa área outros recursos que possam proteger os resíduos, recepcionados e acondicionados, das ações do tempo como, chuva, sol etc. Já o galpão, localiza-se na área intermediária (Figura 13c) e trata-se de um local coberto onde os resíduos ficam aguardando até que sejam cortados, encaminhados para as próximas etapas da reciclagem ou descartados. Por fim, no barracão (área interna) (Figura 13d) localizam-se as máquinas e equipamentos e ocorrem as principais etapas e atividades do processo de reciclagem do plástico. Foi construído em alvenaria, possui cobertura de telha de zinco e possui dois locais de acesso: um na lateral (acesso a área externa) e outro na parte frontal (acesso ao galpão).

A cooperativa possui licença de funcionamento concedida pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Porém em termos de gestão ambiental, atualmente, não há programas formalizados de redução do consumo de água e energia e nem redução dos efluentes, resíduos e emissões. A energia elétrica é fornecida por empresa privada de energia. Já em relação à água, o abastecimento é realizado pelo sistema municipal e possui uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). Porém, no período da pesquisa a ETE não foi utilizada devido a problemas de redimensionamento. A falta de programas ambientais representa possibilidades de identificação de oportunidades de melhorias por meio dos conceitos da P+L. Conceito este, até então desconhecido pela cooperativa, mas com potencial de gerar benefícios de ordem econômica, ambiental e social.

A sensibilização e comprometimento da direção da cooperativa e dos próprios cooperados são de fundamental importância não só para a identificação de oportunidades, mas também para o processo de continuidade após a finalização do estudo. Nas próximas subseções é detalhada cada etapa adotada nesta pesquisa.

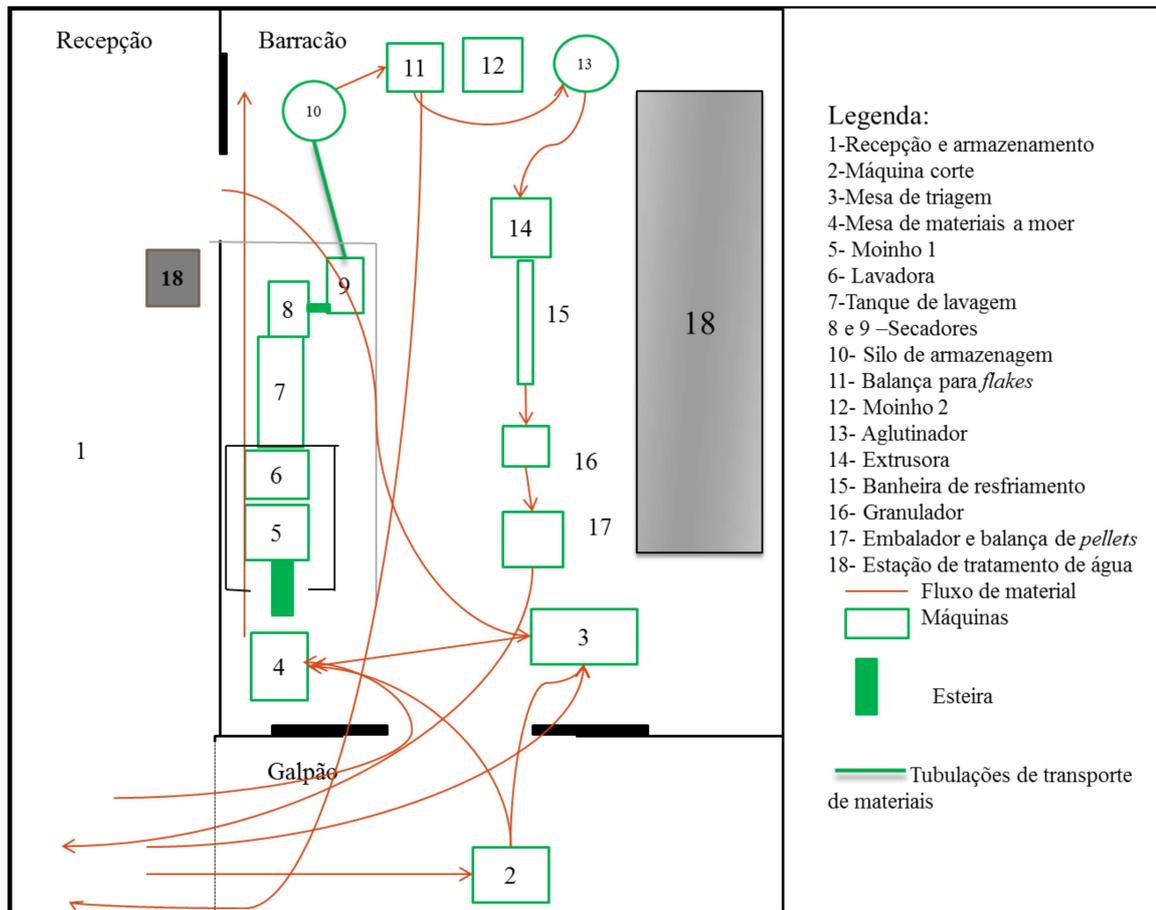
4.2- MAPEAMENTO DO PROCESSO DE RECICLAGEM DOS PLÁSTICOS

Por meio da visita *in loco* foi possível observar, mapear e analisar as principais etapas do processo de reciclagem mecânica dos plásticos na Divisão Polímeros. Nesta seção são apresentados o layout, o fluxo de material, as entradas e saídas do processo, recursos e as atividades auxiliares de armazenamento, manutenção e limpeza e tratamento de efluentes.

4.2.1- *Layout*, fluxo de materiais e fluxograma geral do processo de reciclagem

A Figura 14 ilustra o *layout* e o fluxo de materiais da cooperativa.

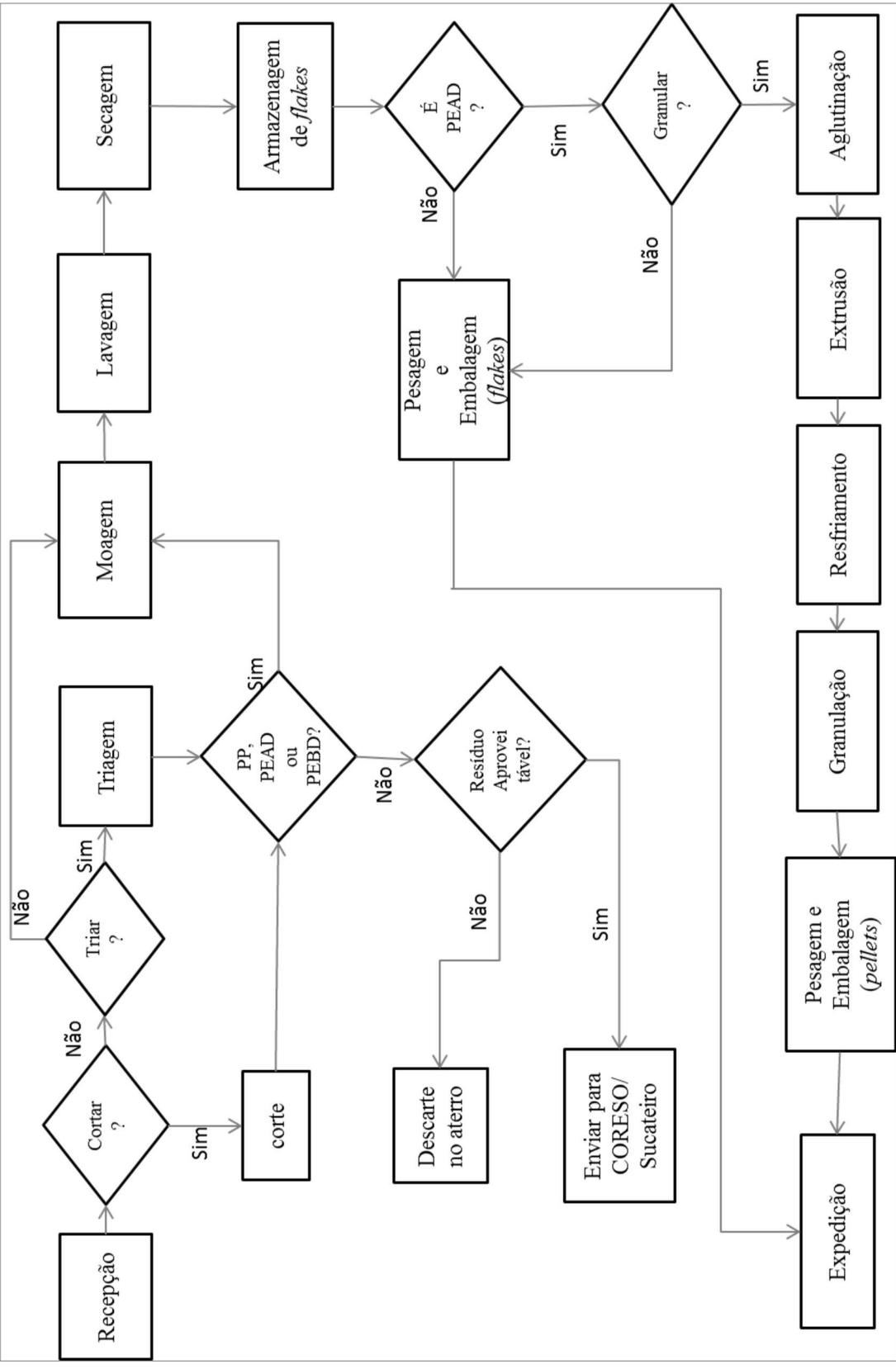
FIGURA 14 - *Layout* e fluxo de materiais da cooperativa



Fonte: Elaboração própria

A cooperativa possui um *layout* por produto (linear ou em fluxo), no qual as máquinas estão organizadas de acordo com as matérias-primas a serem transformadas. Este *layout* pode ser assim classificado devido as máquinas e demais recursos estarem organizados de acordo com a sequência das atividades requeridas (SLACK et al., 2006). Além disso, os *flakes* e *pellets* possuem um processo contínuo de produção, uma vez que apesar da diferença de cores, existe uma alta uniformidade na produção, foi projetada para altos volumes, utiliza-se mão-de-obra apenas na entrada de matéria-prima, na etapa final de pesagem e embalagem do produto e na manutenção das instalações e existem estoques apenas na entrada do sistema (matéria-prima) e na saída (TUBINO, 2007). A Figura 15 ilustra o fluxograma geral de todo o processo de reciclagem.

FIGURA 15 - Fluxograma do processo de reciclagem mecânica dos plásticos da cooperativa



Fonte: Elaboração Própria

Inicialmente, os resíduos plásticos (matéria-prima) e agregados (outros tipos de resíduos que chegam juntos: papelão, metais outros tipos de plásticos, etc.) são recepcionados e acondicionados no pátio. Em seguida, verifica-se a necessidade de corte do material recebido ou não. Em caso afirmativo, os resíduos plásticos de PP, PEBD ou PEAD são cortados, separados dos materiais agregados, classificados por cores e enviados para a etapa de moagem. Por outro lado, se não houver a necessidade da etapa de corte, segue-se ou para a etapa de triagem (onde são classificados por tipo e cores), ou para a etapa de moagem, caso os mesmos já tenham sido recepcionados dos fornecedores de acordo com as especificações. Além disso, alguns resíduos plásticos de pequenas dimensões e que são difíceis de serem triados, como pequenas tampas de recipientes, por exemplo, antes de serem moídos são acondicionados em um tanque com água (pré-lavagem) para que possam ser separados das sujidades por diferença de densidade e processados como materiais coloridos.

Os materiais não processados pela cooperativa (metal, papelão, vidro, entre outros) são encaminhados para descarte no aterro, caso não seja passivo de reaproveitamento, ou para a Cooperativa de Reciclagem de Sorocaba (CORESO) ou para sucateiros, dependendo do tipo e das condições de aproveitamento do material descartado.

O PP, PEBD e PEAD que foram cortados, e/ou triados ou que não houve a necessidade de passar pelas etapas anteriores, são moídos, lavados, secos e armazenados em formas de *flakes*. Porém, se o resíduo plástico a ser processado for do tipo PP preto e/ou que contenha talco em sua composição será enviado diretamente da etapa de lavagem (sem passar pelo tanque de lavagem) para secagem, pesagem e embalagem. Além disso, se os produtos finais (matérias-primas secundárias) a serem vendidos forem *flakes* de PP ou PEBD, os mesmos serão pesados e embalados para venda. Já se o material for de PEAD, o mesmo poderá seguir o caminho do PP e PEBD, vendidos em forma de *flakes*, ou continuar com as etapas do processo que o transforme em *pellets*. Caso esta seja a opção adotada, os *flakes* passam então pelas etapas de aglutinação, extrusão, resfriamento e granulação (adquirindo a forma de *pellets*), pesagem e embalagem. A última etapa do processo consiste na expedição, na qual os produtos são encaminhados para os compradores.

4.2.2- Identificação das entradas e saídas das etapas do processo de reciclagem

Em complemento ao fluxograma da Figura 15, o Quadro 6 mostra as principais entradas e saídas de cada etapa do processo de reciclagem mecânica dos plásticos da cooperativa. As principais entradas são os resíduos plásticos recicláveis do tipo PP, PEBD e

PEAD, que são as matérias-primas da cooperativa, água e energia elétrica. Já as saídas, são: produtos (*flakes* e *pellets*), emissões, resíduos, efluentes, ruídos e vibrações.

QUADRO 6: Entradas e saídas das etapas de reciclagem da cooperativa

Entradas	Etapa	Saídas
Resíduos plásticos (PP, PEBD e PEAD) e outros materiais agregados.	Recepção e armazenagem de matérias-primas	Resíduos plásticos (PP, PEBD e PEAD) e outros materiais agregados.
Resíduos plásticos (PP, PEBD e PEAD) e outros materiais agregados; Energia elétrica.	Corte	PP, PEBD e PEAD (cortados e classificados por cores); Resíduos mistos aproveitáveis; Resíduos mistos não aproveitáveis; Ruído; Vibrações.
Resíduos plásticos (PP, PEBD e PEAD) e outros materiais agregados; Água (pré-lavagem)	Triagem	PP, PE (classificados por cores); Efluentes da pré-lavagem; Resíduos mistos aproveitáveis; e Resíduos mistos não aproveitáveis.
PP, PEBD e PEAD e materiais agregados não separados (graxas, óleos, substâncias líquidas, rótulos de papel); Energia elétrica; Água.	Moagem	<i>Flakes</i> de PP, PEBD ou PEAD; Vibrações; Emissões (material particulado); Resíduos (restos de materiais plásticos ou não); e Efluentes (Água, lodo, areia, óleo materiais plásticos ou não).
<i>Flakes</i> de PP, PEBD ou PEAD; Energia elétrica; e Água.	Lavagem	<i>Flakes</i> de PP, PEBD ou PEAD lavados; Resíduos (restos de materiais plásticos ou não); e Efluentes (água + resíduos plásticos ou não).
<i>Flakes</i> de PP, PEBD ou PEAD lavados; Energia elétrica;	Secagem	<i>Flakes</i> de PP, PEBD ou PEAD secos; Emissões (materiais particulados); Resíduos (pó e restos de <i>flakes</i>) e Efluentes (água misturada com pó).
<i>Flakes</i> de PP, PEBD ou PEAD secos	Armazenagem dos <i>flakes</i>	<i>Flakes</i> de PP, PEBD ou PEAD secos.
<i>Flakes</i> de PP, PEBD ou PEAD secos e <i>Bags</i>	Pesagem e embalagem dos <i>flakes</i>	<i>Flakes</i> de PP, PEBD ou PEAD secos e embalados.
<i>Flakes</i> de PEAD secos Energia elétrica.	Aglutinação	<i>Flakes</i> de PEAD compactados; Ruído; e Vapor.
<i>Flakes</i> de PEAD compactados e Energia elétrica. Água do sistema de recirculação	Extrusão e resfriamento	Espaguete de PEAD extrudado e resfriado ; Emissões de gases e vapor; Resíduos (borras de PEAD); Ruído; Água do sistema de recirculação;
Espaguete de PEAD resfriado e Energia elétrica.	Granulação	<i>Pellets</i> de PEAD e Ruídos.
<i>Pellets</i> de PEAD; Embalagens;	Pesagem e embalagem dos <i>pellets</i>	<i>Pellets</i> de PEAD embalados; e Resíduos (restos de <i>pellets</i>).
Gás Natural	Movimentação interna (etapa auxiliar)	Ruídos e emissões.

Fonte: Elaboração Própria

Os principais recursos utilizados nas etapas da reciclagem dos plásticos são apresentados no Quadro 7.

QUADRO 7 – Recursos utilizados nas etapas da reciclagem dos plásticos

Etapas	Recursos (máquinas, equipamentos e embalagens)
Movimentação interna e acondicionamento	Empilhadeira, <i>bags</i> , baldes, embalagens plásticas e pallets.
Corte	Serra-fita elétrica.
Triagem	Mesa de triagem, <i>bags</i> , facões e tanque de pré-lavagem.
Moagem	Moinho e esteira automática.
Lavagem	Lavadora e tanque de lavagem.
Secagem	Duas secadoras
Armazenagem dos <i>flakes</i>	Silo de armazenagem
Pesagem	Duas balanças (uma para <i>flakes</i> e outra para <i>pellets</i>).
Aglutinação	Aglutinador
Extrusão e resfriamento	Extrusora, banheira de resfriamento e sistema de circulação de água.
Granulação	Granulador
Equipamento de Proteção Individual	Luvas, botas, óculos e protetor auricular.

Fonte: Elaboração própria

A seguir serão descritas cada etapa do processo de reciclagem dos plásticos e os principais recursos utilizados.

4.2.3- Descrição das etapas do processo de reciclagem

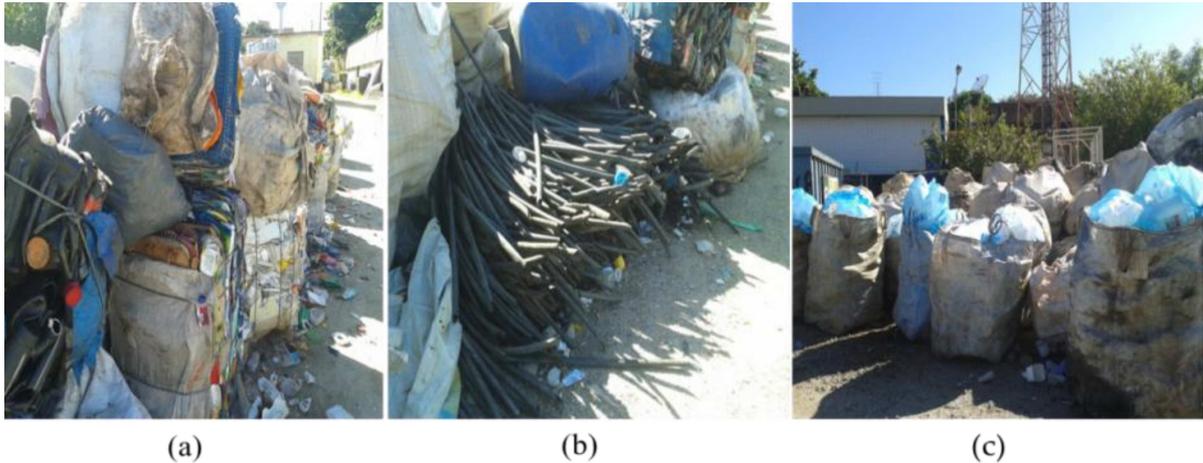
4.2.3.1 Recepção

A primeira etapa do processo de reciclagem é a recepção e armazenamento da matéria-prima que são os resíduos plásticos de PP, PEBD, PEAD e agregados. Assim como indicado na seção 4.1, esses resíduos plásticos são oriundos das cooperativas integrantes da Rede Cata-Vida, da Rede Reciclamp, da Rede Paulista, e de terceiros (sucateiros).

Os resíduos plásticos chegam à cooperativa em diversos formatos como: recipientes de alimentos e higiene, baldes, mangueiras, pallets, etc. Apesar de a cooperativa reciclar apenas os resíduos plásticos do tipo PP, PEBD e PEAD, outros materiais como papelão, garrafas PET, metais, entre outros, também são recepcionados devido os mesmos estarem agregados às matérias-primas ou misturados nos fardos provenientes de terceiros. Essa é uma característica principalmente dos materiais recepcionados de terceiros, pois geralmente os enviados pelas cooperativas pertencentes à Rede Cata-Vida já estão segregados por tipo de plástico.

Após serem recepcionados, os resíduos plásticos são acondicionados no pátio em fardos, deixados soltos ou dentro de *bags* (sacos), de acordo com a Figura 16.

FIGURA 16 - Acondicionamento dos resíduos plásticos e agregados: (a) fardos, (b) avulso e (c) em bags.



Fonte: Acervo do autor

Em um momento posterior, com o auxílio da empilhadeira, os fardos e *bags* contendo os resíduos plásticos são encaminhados para a etapa de corte ou triagem de materiais, ou diretamente para moagem. Os resíduos plásticos de grandes dimensões como tanques, por exemplo, e/ou que são difíceis de serem segredados na etapa de triagem, são encaminhados para a área intermediária onde se realiza a etapa de corte. Já os demais materiais, exceto os que já estão segregados e classificados, são encaminhados para o barracão para que possam ser triados.

Geralmente os resíduos plásticos oriundos das cooperativas já estão classificados por cores e por tipo. Por isso, a etapa de triagem só será executada para esses materiais apenas se houver rótulos agregados nos resíduos plásticos e se houver a necessidade de retirá-los. Se não houver rótulos, o PP, PEBD e PEAD serão enviados diretamente para a etapa de moagem. Os resíduos plásticos oriundos de terceiros geralmente passam pela triagem devido as suas características.

4.2.3.2 Corte

A etapa de corte é executada quando é necessária a redução das dimensões dos resíduos plásticos ou se deseja separá-los de outros materiais não aproveitados pela Divisão Polímeros. Os materiais que chegam da área externa de recepção (pátio) são organizados de modo a serem cortados na máquina de corte (serra-fita). Após o PP, PEBD e PEAD serem cortados e separados dos demais materiais, os mesmos são acondicionados em *bags* de acordo com as cores e o tipo de plástico até que sejam enviados para a próxima etapa do processo (moagem). A etapa de corte pode ser visualizada na Figura 17.

FIGURA 17 - Etapa de corte dos resíduos plásticos: (a) antes, (b) máquina de corte e (c) depois



Fonte: Acervo do autor

Os resíduos que não são processados pela Divisão Polímeros, mas que são aproveitáveis (metal, papel, papelão e outros tipos de plásticos, por exemplo) são enviados para a CORESO ou para sucateiros. Os demais são acondicionados em um contêiner-caçamba e depois enviados para o aterro sanitário.

4.2.3.3 Triagem

Na triagem separam-se os resíduos de PP, PEBD e PEAD dos demais (plásticos ou não), que não passaram pela etapa de corte, para serem enviados para a moagem. Os resíduos plásticos que foram recepcionados e acondicionados na área de recepção são transportados para a área de triagem, onde ocorre a separação e acondicionamento em *bags* do PP, PEBD e PEAD de acordo com o tipo e classificação de cores (transparente, branco, colorido e preto). Nesta etapa ocorre também a separação de pequenos resíduos plásticos (palitos de doces, tampas de recipientes, copos descartáveis, entre outros) para que possam ser processados como material colorido. A triagem é realizada de maneira manual em uma bancada de madeira com o auxílio de instrumentos cortantes como o facão, o qual é utilizado para fragmentar, reduzir o tamanho e separar de outros resíduos agregados ao PP, PEBD e PEAD. Os cooperados executam a triagem munidos de Equipamentos de Proteção Individual. Nesta etapa aproximadamente 400 kg de material são separados por dia. A Figura 18 ilustra a etapa de triagem da cooperativa.

FIGURA 18 – Etapa de triagem: mesa e *bags* contendo os materiais triados



Fonte: Acervo do autor

Destaca-se que os resíduos plásticos de pequenas dimensões também são processados como materiais coloridos. Após serem triados esses resíduos são despejados em um recipiente contendo água, para uma separação por densidade, no qual os plásticos flutuam e as sujidades afundam e são removidas. Essa etapa, também denominada de pré-lavagem, é importante para que os resíduos sejam moídos. As principais saídas são os efluentes (água misturada com areia e restos de plásticos). Devido às condições dos resíduos provenientes de diversas fontes e condições, esta etapa emite odores desagradáveis no ambiente. A Figura 19 ilustra os resíduos coloridos a serem processados em um recipiente contendo água. Esses resíduos são classificados pela cooperativa apenas como PP colorido.

FIGURA 19 – Resíduos coloridos a serem processados (pré-lavagem)



Fonte: Acervo do autor

Assim como na etapa de corte, os resíduos que são descartados nesta etapa (metais, produtos elétricos, papelão, etc.), quando aproveitáveis, são enviados para CORESO ou para sucateiros. Quando os resíduos gerados não são passíveis de aproveitamento, os mesmos são

encaminhados para o aterro sanitário. A Figura 20 ilustra alguns resíduos descartados pela cooperativa na etapa de triagem.

FIGURA 20 – Resíduos descartados da etapa de triagem



Fonte: Acervo do autor

A partir da análise das etapas até aqui descritas, verifica-se que a triagem é um ponto crítico para a viabilização da reciclagem dos plásticos na Divisão Polímeros. Pois, fatores internos e externos impactam diretamente no volume e qualidade do material disponível para o processamento. Os fatores externos estão relacionados às condições físicas nos quais os resíduos plásticos são recepcionados, e que indica a necessidade ou não da realização da triagem e o grau de dificuldade quanto à segregação dos resíduos. Já os fatores internos estão associados à quantidade de mão-de-obra disponível para a triagem e a capacitação do cooperado em diferenciar o PP, PEBD e PEAD. Além disso, a velocidade com que a triagem é realizada influencia na disponibilidade de material para prosseguir com as demais etapas do processo. A capacidade do cooperado triar e a qualidade dos resíduos recebidos são determinantes para a qualidade do produto final que é a matéria-prima secundária isenta de contaminações e separada de acordo com o seu tipo e cores. Essas constatações corroboram com o estudo de Santos et al (2016), no qual identificaram a influência, os impactos e as relações dos atores da cadeia de reciclagem na realização da atividade de triagem em um centro de triagem cooperativo da cidade de Sorocaba-SP.

4.2.3.4 Moagem

Após a etapa de corte ou triagem o PP, PEBD e PEAD, que foram selecionados e classificados, são enviados para a área de moagem para que os mesmos possam ser moídos em um moinho de cinco facas e adquiram a forma de *flakes*. O moinho tem a capacidade máxima de processar 600 kg de material/ hora.

A moagem do PP, PEBD e PEAD ocorre separadamente de acordo com as cores: transparente, branco, colorido e preto, respectivamente. A inserção dos resíduos plásticos no moinho pode ocorrer de duas formas: automática, através da esteira, ou manual. A esteira é posicionada de forma transversal (aproximadamente 45°) e tem em seu interior um compartimento em espiral que transporta os materiais adicionados da parte inferior até a superior e o despeja dentro do moinho. Porém, há uma limitação quanto aos materiais que podem ser adicionados na esteira, uma vez que não é possível inserir os de grandes dimensões, mesmo que alguns deles já tenham sido reduzidos na fase de corte ou triagem. Diante disso, os cooperados inserem de forma manual os materiais diretamente no moinho. Nesta etapa os cooperados também utilizam luvas e protetor auricular. Os dois modos de inserção dos resíduos plásticos no moinho, descritos acima (automático e manual), podem ser observados na Figura 21.

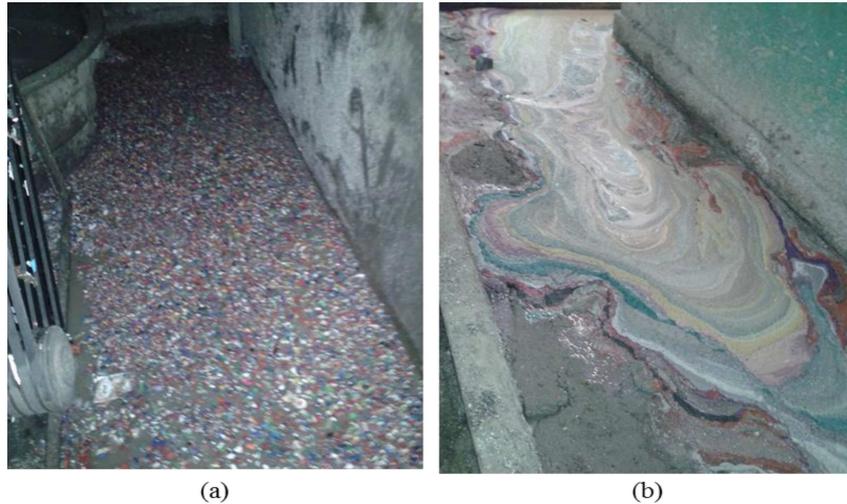
FIGURA 21: Inserção dos resíduos plásticos no moinho



Fonte: Acervo do autor

Adiciona-se também, por meio de uma mangueira, água no moinho para facilitar a moagem. Como saída dessa etapa têm-se os *flakes* de PP, PEBD ou PEAD, emissão de ruídos e vibrações do moinho, efluentes (água misturada com areia, restos de plásticos e outras sujidades), materiais particulados e resíduos plásticos não aproveitados. Existe uma canaleta próxima ao moinho na qual parte dos efluentes é encaminhado para a ETE ou descartado no sistema de esgotamento sanitário e os resíduos recolhidos são acondicionados em tonéis para serem descartados. A Figura 22 mostra os resíduos descartados e efluentes da etapa de moagem.

FIGURA 22: (a) Resíduos descartados e (b) efluentes da etapa de moagem.



Fonte: Acervo do autor

4.2.3.5 Lavagem

À medida que o PP, PEBD e PEAD são transformados em *flakes* no moinho, os mesmos são encaminhados para a etapa de lavagem para que as sujidades possam ser removidas. A lavagem se divide em duas partes: uma na máquina lavadora e outra no tanque contendo água (tanque de lavagem), sem adição de qualquer tipo de produto químico que possa auxiliar na limpeza. Na Figura 23 é possível observar o tanque de lavagem dos *flakes*, o qual é constituído por “pás” giratórias que empurram os *flakes* flutuantes para a esteira giratória, responsável por retirar os *flakes* da água e os conduzirem para a etapa de secagem.

Figura 23 – Tanque de lavagem dos *flakes*



Fonte: Acervo do autor

Assim como no moinho, a lavagem dos *flakes* do tipo PP, PEBD e PEAD ocorrem separadamente e de acordo com as cores: transparente, branco, colorido e preto, respectivamente. Atualmente, após a lavagem na lavadora, o PP preto e/ou PP que contenha talco em sua composição não é enviado para o tanque de lavagem, pois os mesmos não

flutuam na superfície da água do tanque, o que dificulta a sua retirada. Dessa forma, após a lavagem na lavadora os *flakes* são desviados com o auxílio de uma ventoinha e tubulação diretamente para a etapa de secagem (Figura 24).

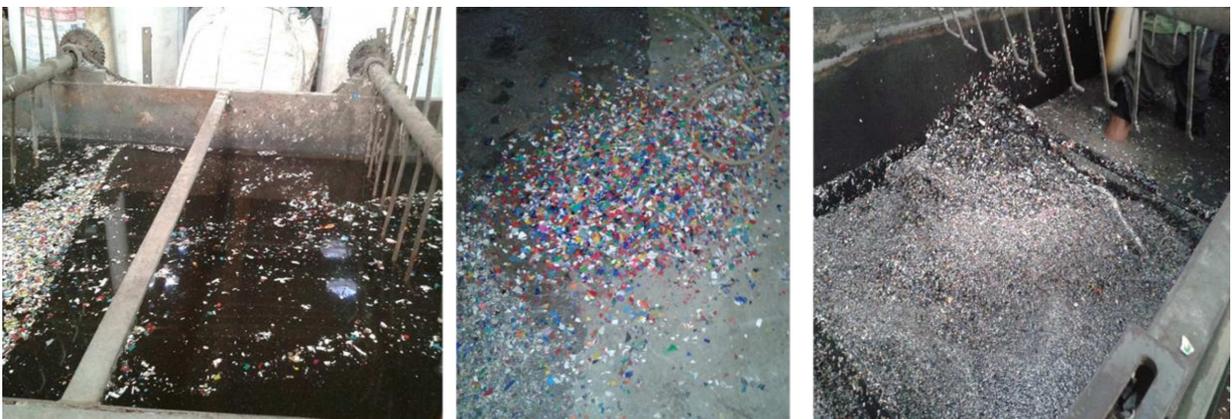
FIGURA 24: Tubulação de desvio da etapa de lavagem dos *flakes* de PP



Fonte: Acervo do autor

Após a lavagem dos demais *flakes* de PEBD ou PEAD preto, toda a água utilizada no tanque de lavagem é descartada e os resíduos não aproveitáveis são removidos, para que novos *flakes* transparentes possam ser inseridos na lavagem, seguido pelas demais cores. Assim, as principais saídas da etapa de lavagem são: *flakes* lavados, efluentes (água misturada com restos de *flakes* e areia), resíduos (pedaços de *flakes*) que caem da esteira giratória e ruídos emitidos pelo motor da esteira do tanque. Na Figura 25 que mostra as saídas da etapa de lavagem, observam-se o aspecto visual da água do tanque, os *flakes* que caem da esteira e os resíduos do fundo do tanque.

FIGURA 25 - Saídas da etapa de lavagem: (a) água de lavagem, (b) *flakes* que caem da esteira e (c) resíduos do fundo do tanque.



(a)

(b)

(c)

Fonte: Acervo do autor

4.2.3.6 Secagem

Do tanque de lavagem os *flakes* de PP, PEBD e PEAD são encaminhados para etapa de secagem. Nesta etapa são utilizados dois secadores (primário e secundário). Os *flakes* entram úmidos no secador primário e depois são enviados para o secador secundário, onde finaliza a secagem e é conectado a uma tubulação que transporta os *flakes* até o silo de armazenagem. Os dois secadores possuem a capacidade de processar 2000 kg de material/hora e podem ser observados na Figura 26.

FIGURA 26 - Secador (a) primário e (b) secundário



Fonte: Acervo do autor

As principais saídas são: os *flakes* de PP, PEBD e PEAD secos, resíduos que saem da secadora (*flakes* e *pó*) e que não são aproveitados, efluentes (água com resíduos), material particulado, vapor e ruído emitidos pelos secadores. Isso pode ser verificado na Figura 27.

Figura 27: Saídas da etapa de secagem



Fonte: Acervo do autor

4.2.3.7 Armazenagem, pesagem e embalagem dos flakes

Finalizada a secagem, os *flakes* são encaminhados para o silo de armazenagem (capacidade de 1500 kg), e posteriormente acondicionados em *bags* para sua posterior pesagem e embalagem. Caso a venda ao cliente seja os *flakes*, os mesmos já estão prontos para o envio. Já quando o produto a ser vendido são os *pellets*, encaminham-se apenas os *flakes* de PEAD para a etapa de aglutinação. A Figura 28 ilustra os recursos utilizados para armazenagem, pesagem e transporte dos *flakes*.

FIGURA 28: (a) silo de armazenagem, *bags* (b) balança e (c) empilhadeira.



Fonte: Acervo do autor

4.2.3.8 Aglutinação

Esta etapa é realizada quando se deseja transformar os *flakes* de PEAD em *pellets*. Assim, os *flakes* retirados do silo de armazenamento e acondicionados em *bags* são encaminhados para o aglutinador. O aglutinador opera em regime de batelada e possui uma capacidade de processamento de 400 kg, sendo este responsável por retirar a umidade dos *flakes* e compactá-los, por meio da rotação, aumento do atrito e da temperatura. Além dos *flakes* compactados, são emitidos também vapor e ruídos. A Figura 29 ilustra esta etapa.

FIGURA 29 - Etapa de aglutinação: (a) *flakes* a serem inseridos no (b) aglutinador e (c) compactados.



Fonte: Acervo do autor

4.2.3.9 Extrusão e resfriamento

Após a etapa de aglutinação os *flakes* compactados são inseridos na extrusora, com capacidade de processamento de 110 kg/h. Na extrusora, os *flakes* são fundidos e compactados, adquirindo a forma de fios ou “espaguetes”. A Figura 30 ilustra a etapa de extrusão.

FIGURA 30 - Extrusão de *flakes* de PEAD



Fonte: Acervo do autor

Além dos “espaguetes”, as principais saídas da extrusora são: calor, ruído, odores do aquecimento do plástico e borras de PEAD. As borras de PEAD que ficam encrostadas nas telas do cabeçote são queimadas para sua limpeza e a demais borras são descartadas. Essa queima é realizada na própria cooperativa e pode ser observada na Figura 31.

FIGURA 31- (a) borras de PEAD e (b) queima das borras de PEAD das telas do cabeçote



Fonte: Acervo do autor

O resfriamento ocorre sequencialmente à etapa de extrusão. Nela os “espaguete” de PEAD são resfriados em um banho com a água fria e encaminhados para a etapa de granulação. As principais saídas desta etapa são a água, os espaguete resfriados e resíduos de PEAD, gerados quando se deseja limpar a extrusora. Utiliza-se um sistema de recirculação de água com capacidade de 1000 litros. A Figura 32 ilustra o tanque de resfriamento contendo água, os espaguete sendo resfriados e os resíduos de PEAD que serão aproveitados.

FIGURA 32 – Resfriamento: (a) tanque de resfriamento, (b) espaguete resfriados e (c) resíduos de PEAD reaproveitáveis.



Fonte: Acervo do autor

4.2.3.10 Granulação

Os “espaguetes” que saem da etapa de resfriamento são enviados diretamente para o granulador. O granulador é responsável por puxar os “espaguetes” e corta-os em forma de grânulos (*pellets*). Assim, as principais saídas dessa etapa são os *pellets* de PEAD e os ruídos emitidos pelo granulador. A Figura 33 ilustra a etapa de granulação.

FIGURA 33 – Granulação do PEAD



Fonte: Acervo do autor

4.2.3.11 Pesagem e embalagem dos pellets

Os *pellets* de PEAD são sequencialmente recolhidos, pesados em uma balança e embalados em sacos com capacidade de 25 kg com o auxílio de um embalador manual para posterior venda. Após esta etapa os *pellets* são enviados para os clientes. A Figura 34 ilustra a etapa de pesagem e embalagem dos *pellets*.

FIGURA 34 - Pesagem e embalagem dos pellets: (a) pesagem (b) embalador e (c) pellets embalados



(a)

(b)

(c)

Fonte: Acervo do autor

4.2.3.12 Etapa extra de moagem dos resíduos de PEAD

A etapa de moagem dos resíduos de PEAD é uma etapa extra, pois a mesma é executada apenas quando se deseja aproveitar os resíduos de PEAD oriundos da etapa de extrusão e resfriamento. Devido a esses resíduos serem considerados “limpos”, eles não são enviados para as etapas comuns de moagem e lavagem para que não sejam contaminados. Assim os resíduos de PEAD são enviados para outro moinho de facas e são transformados em *flakes* novamente. As principais saídas desta etapa são os *flakes*, material particulado, ruído, vibração, e resíduos de PEAD. Na sequência seguem-se as mesmas etapas descritas anteriormente: aglutinação, extrusão, resfriamento, granulação, pesagem e embalagem. A Figura 35 mostra o moinho de facas utilizado nesta etapa.

FIGURA 35: Moinho de facas utilizado para transformar os resíduos de PEAD em *flakes*



Fonte: Acervo do autor

4.2.4 Atividades auxiliares da cooperativa

4.2.4.1 Armazenamento e movimentação de materiais

O armazenamento dos resíduos plásticos recebidos (matéria-prima) é realizado no pátio localizado na área externa da cooperativa. Os resíduos plásticos ficam acondicionados em *bags*, avulsos ou em fardos e expostos às ações do tempo, como apresentado na seção 4.1 e subseção 4.2.3.1. Não há controle rígido de estoque, sendo que a quantidade varia constantemente, com períodos de grande acúmulo e outros com estoque quase zero.

Os resíduos plásticos triados, caso não sejam enviados diretamente para o moinho, são armazenados no galpão até que sejam utilizados. Os produtos finais (matéria-prima secundária: *flakes* e *pellets*), ao fim do processamento, são mantidos no próprio ambiente de produção ou no galpão até serem expedidos para os clientes. Os *flakes* e *pellets* ficam

aproximadamente um (1) dia no ambiente de produção, pois são expedidos assim que estão disponíveis.

No galpão também são mantidos os resíduos que serão doados para a CORESO e que são passíveis de reaproveitamento. Já os resíduos que não são aproveitáveis, são acondicionados em um contêiner que fica localizado no pátio da cooperativa, para que posteriormente possam ser enviados para o aterro sanitário. Apesar de esses resíduos serem enviados secos para o aterro sanitário, ao saírem das etapas do processo de reciclagem, geralmente estão úmidos. Isso faz com que haja vazamento de efluentes do contêiner no ambiente do pátio. Além disso, esses efluentes não são controlados.

Um dos principais recursos para movimentação e acondicionamento dos materiais são os *bags*. Eles são utilizados no acondicionamento dos *flakes* para a expedição para os clientes e nas atividades internas da cooperativa. Esses *bags* são comprados pela cooperativa e geralmente são oriundos do pós-consumo. Devido a sua exposição às condições do ambiente no pátio, seu contato com água e serem movimentados em alguns casos por “arraste”, parte desses *bags* tem vida útil curta e são enviados para a CORESO ou descartados em aterro. Além disso, alguns *bags* chegam junto com os resíduos plásticos recicláveis comprados e outros são enviados para os clientes acondicionando os *flakes*.

A movimentação de todos os materiais, matéria-prima e resíduos, também são realizados com o auxílio de uma empilhadeira movida a gás natural com capacidade de 25 toneladas. Essa movimentação envolve: transportar os resíduos plásticos para as etapas iniciais da reciclagem; transportar os *flakes* para a etapa de pesagem; movimentar e retirar os *flakes* e *pellets* do ambiente de produção e transportar os resíduos a serem descartados para o contêiner. Porém, nas etapas iniciais também é utilizado carregamento manual dos *bags* (arraste) e carrinho movido à força humana.

4.2.4.2 Manutenção e limpeza

A manutenção das máquinas e equipamentos é realizada de maneira corretiva, uma vez que não há planejamento da manutenção e sua execução é realizada apenas quando os cooperados percebem que as máquinas ou equipamentos não estão funcionando adequadamente ou deixam de funcionar. Existe uma programação apenas para as facas do moinho, em que todos os dias as facas são retiradas, enviadas para afiar ou descartadas e são colocadas outras no moinho (novas ou reutilizadas). Dessa forma, verificam-se paradas nas etapas da produção para a manutenção dos equipamentos, ou quando possível é agendada para outro dia.

A limpeza do barracão é realizada todos os dias por meio da varrição e uma vez por semana lavam-se todas as máquinas utilizadas na fabricação dos *flakes* e os resíduos são recolhidos, exceto o moinho que é lavado todos os dias ao final das atividades. Essas lavagens utilizam apenas água e é responsabilidade de todos os cooperados.

4.2.4.3 Estação de Tratamento de Efluentes (ETE)

A Cooperativa possui uma ETE desde que foi inaugurada em 2011. Essa estação possibilita que parte da água utilizada nas etapas do processo de reciclagem seja reaproveitada, diminuindo a necessidade de fornecimento pelo sistema municipal. De acordo com o coordenador da cooperativa, nos últimos meses (2016) esse sistema não tem sido utilizado frequentemente pela cooperativa, devido a problemas técnicos de redimensionamento, na qual o lodo oriundo das saídas das etapas do processo não estava sendo totalmente separado da água, de forma que na saída final a água ainda permanece “suja”. Ou seja, gera-se uma quantidade de efluentes maior do que a capacidade de tratamento. Além disso, o filtro limita a quantidade de água tratada disponível uma vez que consegue processar 1000 litros/hora. A periodicidade de utilização da ETE variava de 3 a 6 meses. A Figura 36 apresenta o fluxograma global da ETE, identificando as entradas e saídas e a Tabela 1 mostra as principais informações dos recursos das etapas de tratamento.

FIGURA 36 – Fluxograma global da ETE



Fonte: Elaboração própria

Tabela 1 – Principais informações dos recursos da ETE

Ordem	Recurso	Capacidade	Função
1	Caixa de efluentes	2500 m ³	Retenção de sólidos grosseiros
2	Bombas hidráulicas	11 m ³ /h	Bombear os efluentes no sistema
3	Tanque de equalização	2 m ³	Regula a vazão e neutraliza a carga de efluentes
4	Decantador	2,7 m ³	Separação do lodo do efluente
5	Tanque de aeração	10 m ³	Remoção de matéria orgânica
6	Tanque de clarificação	2 m ³	Água clarificada oriunda da separação do decantador
7	Filtro de areia	1m ³ /h	Filtração da água clarificada
8	Tanque de água filtrada	2 m ³	Armazenamento da água filtrada

Fonte: Elaboração própria

4.3 QUANTIFICAÇÃO DAS CORRENTES DE ENTRADAS E SAÍDAS

Após terem sido identificadas as principais entradas e saídas das etapas do processo de reciclagem mecânica dos plásticos na Divisão Polímeros, procederam-se com a quantificação das correntes de entradas e saídas. Devido a ETE não ter sido utilizada durante o período de coleta dos dados quantitativos da pesquisa, não foi possível considerá-la nos cálculos de geração e consumo. Durante esse período, toda água consumida foi do sistema municipal. Além disso, também não foram quantificadas as emissões de gases, calor, ruídos e vibrações devido à ausência de equipamentos necessários para tais medidas. No entanto, essas emissões serão avaliadas qualitativamente nas próximas seções. A Tabela 2 mostra um resumo das principais informações referentes ao funcionamento da cooperativa para a quantificação das correntes de entradas e saídas do processo.

TABELA 2 – Informações preliminares do funcionamento da cooperativa

Período de funcionamento avaliado	35 dias: *28 dias integrais (de 6h da manhã às 16h); *7 dias em meio turno (6h da manhã às 12h).
Produção de <i>flakes</i>	35 dias
Produção de <i>pellets</i>	8 dias
Tempo total do período	322 horas
Tempo de processamento (<i>flakes</i>)	145,23 horas
Tempo de processamento (<i>pellets</i>)	102,7 horas
Tempo das demais atividades: almoço + manutenção + limpeza+ preparação de máquinas + pesagem + embalagem+ movimentação.	173,12 horas
Taxa média de produção de <i>flakes</i>	560 kg/h
Taxa média de produção de <i>pellets</i>	110 kg/h
Consumo de energia	Variável e estimado partir dos dados disponíveis de potência de cada máquina.
Fluxo de água (moinho e lavadora) (média)	1,2 m ³ /h
Fluxo de efluentes (média)	Moinho e lavadora: 1,3 m ³ /h (processamento); Moinho e lavadora: 1,2 m ³ /h (intervalo de troca de matéria-prima); Secadora: 0,072 m ³ /h

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 2 demonstra que os dados quantitativos coletados compreendem um período de 35 dias. O primeiro e último dia de coleta ocorreram em um intervalo de 40 dias. Além disso, dos 35 dias analisados, 28 dias foram trabalhados em período integral de segunda a sexta e 7 dias em meio turno (finais de semana e feriados). Neste período, a produção dos *pellets* ocorreu em apenas 8 dias.

Dentro do período analisado, foram contabilizadas 145,23 horas dedicadas ao processamento de *flakes* (da moagem até a secagem). Neste tempo somam-se mais 3,65 horas de intervalos totais de troca de matéria-prima a ser processada, na qual os insumos como água

e energia não foram interrompidos, totalizando 148,88 horas. Para os *pellets* foram necessários 8 dias, um total de 102,7 horas (16,2 horas do aglutinador mais 86,5 horas da extrusão até granulação). Ressalta-se que o tempo para o aquecimento da extrusora não está incluído neste cálculo, apenas o tempo em que o material estava em processo e as máquinas em funcionamento. Para o aquecimento da extrusora no intervalo de tempo analisado (temperatura máxima 230°C) foram necessárias mais 16 horas. Assim, foi considerado o tempo de processamento e de aquecimento no cálculo de consumo total de energia elétrica. A triagem dos resíduos plásticos e a pré-lavagem são realizadas diariamente e em paralelo as demais atividades da cooperativa. A Tabela 3 apresenta a quantificação das correntes de entradas e saídas na produção dos *flakes* no período de 35 dias.

TABELA 3 - Quantificação das correntes de entradas e saídas na produção dos *flakes* no período de 35 dias

Entradas			Etapas	Saídas		
Aspecto Ambiental	Quant.	un.		Aspecto Ambiental	Quant.	un.
Resíduos plásticos (PP, PEBD e PEAD) e agregados	112631,80	kg	Recepção e armazenamento de matéria-prima	Resíduos plásticos (PP, PEBD e PEAD) e agregados	124377,57	kg
Estoque de resíduos plásticos e agregados	11745,77	kg				
Resíduos plásticos (PP, PEBD e PEAD) e agregados	124377,57	kg	Corte e Triagem (com pré-lavagem)	Resíduos plásticos (PP, PEBD e PEAD) e agregados	116183,57	kg
Água da pré-lavagem	3,80	m ³		Resíduos aproveitáveis doados	3700,00	kg
				Resíduos não aproveitáveis	3100,00	kg
				Efluentes (água + areia+ restos de PP)	5,04	m ³
Resíduos plásticos (PP, PEBD e PEAD) e agregados	116183,57	kg	Moagem e Lavagem (lavadora)	<i>Flakes</i> lavados (acompanhados de alguns resíduos)	91336,12	kg
Água	178,656	m ³		Resíduos (restos de materiais)	3053,33	kg
Energia elétrica (moinho)	3275,360	kWh		Efluentes (água + substâncias líquidas + resíduos)	193,179	m ³
Energia elétrica (esteira)	446,64	kWh				
Energia elétrica (lavadora)	2233,20	kWh				
<i>Flakes</i> lavados (acompanhados de alguns resíduos)	91336,12	kg	Lavagem (tanque de lavagem)	<i>Flakes</i> lavados	88443,51	kg
Água	41,718	m ³		Resíduos (material decantado)	2820,00	kg
Energia Elétrica (pás)	223,320	kWh		<i>Flakes</i> aproveitáveis que caem do tanque de lavagem	72,610	kg
Energia elétrica (esteira)	223,320	kWh		Água que vai para o secador	5,718	m ³
				Efluentes (água residual)	36,00	m ³
<i>Flakes</i> lavados	88443,51	kg	Secagem	<i>Flakes</i> secos	81328,500	kg
<i>Flakes</i> que caem do tanque de lavagem	72,610	kg		Resíduos aproveitáveis (pó seco)	1527,390	kg
Água (do tanque de lavagem)	5,718	m ³		Resíduos (pó não aproveitável)	1202,230	kg
Energia elétrica (secador 1)	2233,200	kWh		Efluentes (Água + pó de plásticos)	10,456	m ³
Energia elétrica (secador 2)	2233,200	kWh				
<i>Flakes</i> secos	81328,50	kg	Embalagem e Pesagem	<i>Flakes</i> secos nos <i>bags</i>	81328,50	kg
<i>Bags</i>	182,00	un.				

Fonte: Elaboração Própria

Com base na Tabela 3 é possível realizar algumas observações:

- Na etapa de recepção foi considerado o consumo das matérias-primas (resíduos plásticos) recepcionadas nos 35 dias, somado a uma quantidade em estoque;
- Mesmo os resíduos plásticos terem passado pelas etapas corte, triagem e pré-lavagem, alguns ainda permaneciam com resíduos agregados, principalmente rótulos de papel;
- Foi necessário agrupar algumas etapas para a obtenção de dados quantitativos, como o caso da triagem com o corte e pré-lavagem, e as etapas de moagem e lavagem (lavadora);
- Alguns resíduos gerados foram reinseridos diretamente no processo sem a necessidade de reprocessamento: *flakes* que caíram do tanque de lavagem foram colocados novamente no tanque; e o pó seco que saiu da secadora foi misturado ao produto final a ser enviado para o cliente em forma de *flakes*.
- Na secagem são gerados dois tipos de pó, seco e úmido, o qual o seu aproveitamento estava condicionado às suas condições físicas. Apenas o pó seco foi reaproveitado, sendo misturado aos *flakes* prontos para envio aos clientes. Já pó úmido e misturado com outras sujidades foi descartado e enviado para o aterro.
- Pequenas perdas como desperdícios de *flakes* após o acondicionamento nos *bags* para envio aos clientes não foram contabilizadas. Além disso, o peso dos *bags* foi desconsiderado quando pesados junto com os *flakes*, por ser considerado não significativo diante do peso total do produto;

A Tabela 4 mostra a quantificação das correntes de entradas e saídas para a produção dias dos *pellets*, para o período de 8 dias, a partir dos *flakes* produzidos na cooperativa.

TABELA 4 – Quantificação das correntes de entradas e saídas na produção de *pellets* no período de 35 dias

Entradas			Etapas	Saídas		
Aspecto Ambiental	Quant.	un.		Aspecto Ambiental	Quant.	un.
<i>Flakes</i> de PEAD	9778,97	kg	Aglutinação, Extrusão e Resfriamento	PEAD Extrudado	9525	kg
Energia elétrica (aglutinador)	896,40	kWh		Resíduos (PEAD reaproveitável)	240,98	kg
Energia elétrica (extrusora)	2480,50	kWh		Resíduos (PEAD não aproveitável - borras)	12,99	kg
Energia elétrica (bomba hidráulica – resfriamento)	259,50	kWh		Água de recirculação	1	m ³
Água de recirculação	1	m ³				
PEAD extrudado	9525	kg	Granulação	<i>Pellets</i> de PEAD	9525	kg
Energia elétrica	259,5	kWh				
<i>Pellets</i> de PEAD	9525	kg	Pesagem e embalagem dos <i>Pellets</i> de PEAD	<i>Pellets</i> de PEAD (embalados)	9525	kg
Embalagens plásticas	381	unid.				

Fonte: Elaboração própria

Na Tabela 4 é possível observar que para a produção dos *pellets* foram utilizados os *flakes* de PEAD produzidos na própria cooperativa. Foram gerados dois tipos de resíduos: o aproveitável que estão em formato de “espaguete” e os não aproveitáveis que são as borras. Além disso, toda água utilizada no resfriamento e não evaporada é reaproveitada por meio de um sistema de recirculação. No período de coleta de dados, a água utilizada no sistema de recirculação não foi trocada e considerou-se que havia perdas mínimas por evaporação.

A Tabela 5 apresenta a quantificação de alguns insumos de atividades auxiliares para o período de 35 dias. Na tabela são descritas os insumos, o período de consumo, a unidade de medida, o consumo semanal e o tempo total de utilização desses insumos.

TABELA 5 – Quantificação de alguns insumos de atividades auxiliares

Insumo	Quant.	Un.	Consumo	Tempo total
Gás natural (movimentação da empilhadeira)	190	m ³	31,66 m ³ /semana	6 semanas
Água da limpeza diária do moinho	7,2	m ³	10 min/dia	6h
Água da limpeza semanal	2,4	m ³	20 min/dia	2h

Fonte: Elaboração própria

A partir do balanço realizado nas etapas, foi possível identificar o consumo global de água, energia, matéria-prima (resíduos plásticos) e materiais auxiliares, e a geração de resíduos, efluentes e produtos finais. Essas quantificações são apresentadas nas tabelas seguintes tanto para o período analisado de 35 dias, quanto para estimativas de 1 ano, baseando-se em dados históricos de produção. A Tabela 6 apresenta a quantidade de resíduos plásticos (matéria-prima) e materiais auxiliares consumidos nos 35 dias e a estimativa anual.

TABELA 6 – Quantidade de matérias-primas e auxiliares consumidas em 35 dias e estimativa anual

Matérias-primas e auxiliares	Quant. (35 dias)	un.	Estimativa anual	un.
Resíduos plásticos (PP, PEBD e PEAD) e agregados	124377,57	kg	1296068,867	kg
Gás natural	190 m ³ (6 botijões)	kg	1650 m ³ (52 botijões)	kg
Embalagens para 25 kg de <i>pellets</i>	381	un.	3964	un.
<i>Bags</i> para <i>flakes</i> (capacidade variável)	182	un.	variável	un.

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 7 apresenta a quantidade de produtos fabricados no período de 35 dias e valores históricos de um ano, respectivamente.

TABELA 7: Quantidade de produtos produzidos em 35 dias e valores históricos de um ano

Produtos	Quant. (35 dias)	un.	Quant. anual	un.
<i>Flakes</i>	81328,50	kg	847568,9	kg
<i>Pellets</i> (PEAD)	9525	kg	99083	kg

Fonte: Elaboração própria

Assim como apontado na seção 4.1, verifica-se que as atividades da cooperativa se concentram na produção de *flakes*. É importante ressaltar que para a produção dos 9525 kg de *pellets* nos 8 dias analisados, foram necessários 9778,97 kg de *flakes* produzidos na própria cooperativa (Tabela 4). Ou seja, dos 81328,50 kg de *flakes* produzidos, 9778,97 foram encaminhados para as etapas de produção dos *pellets* e o restante foi vendido.

Para fins de comparação, o processo de reciclagem foi analisado em duas partes: produção dos *flakes* e produção dos *pellets*. Sabe-se que a produção dos *pellets* foi precedida pela produção dos *flakes*, por isso as etapas serão analisadas de forma separadas e independentes da finalidade dos *flakes* (venda ou transformação em *pellets*). Além disso, é importante destacar que os dados da produção dos *pellets* representam um consumo e geração adicional à produção dos *flakes* na cooperativa. A Tabela 8 apresenta o consumo de energia de cada etapa para o período de 35 dias e uma estimativa anual.

TABELA 8 – Consumo de energia elétrica (kWh) no período de 35 dias e estimativas anual

Etapa	Quant. (35 dias)	Estimativa. anual
Moagem (moinho)	3275,36	34134,32
Moagem (esteira)	446,64	4654,68
Lavagem (lavadora)	2233,20	23274,65
Lavagem (pá do tanque de lavagem)	223,32	2327,34
Lavagem (esteira do tanque de lavagem)	223,32	2327,34
Secagem (secador 1)	2233,20	23274,65
Secagem (secador 2)	2233,20	23274,65
Total para <i>flakes</i>	10868,24	113267,64
Aglutinação (aglutinador)	896,40	9324,72
Extrusão (extrusora)	2480,50	25803,19
Bombeamento de água (extrusão)	259,50	2699,43
Granulação (granulador)	259,50	2699,43
Total para <i>pellets</i>	3895,90	40526,77
Total geral	14764,14	153794,41

Fonte: Elaboração própria

Na Tabela 8 verifica-se que as etapas para a produção dos *flakes* (da moagem à secagem) consumiu uma maior quantidade bruta de energia elétrica, quando comparada as etapas de transformação em *pellets* (da aglutinação à granulação). Ou seja, a produção dos *flakes* demandaram 10.868,24 kWh, o que representa 73,61 % de toda energia das etapas analisadas no período de 35 dias. Quando se analisam as máquinas que consomem mais energia, destaca-se o moinho, a extrusora, a lavadora e as secadoras, respectivamente. Na seção 4.4 é realizada uma análise mais detalhada do consumo de energia/produto produzido.

A Tabela 9 mostra o consumo de água em 35 dias e uma estimativa anual com base em valores históricos da cooperativa. A água utilizada no período de 35 dias foi fornecida exclusivamente pelo sistema municipal, devido a ETE não estar em funcionamento.

TABELA 9 – Consumo de água (m³) para o período de 35 dias e estimativa anual

Etapa	Quantidade (35 dias)	Estimativa anual
Pré-lavagem (triagem)	3,80	39,60
Moagem e Lavagem (lavadora)	178,66	1861,91
Lavagem (tanque de lavagem)	41,72	371,61
Secagem (oriunda do tanque de lavagem)	5,72	59,61
Total para flakes	229,89	2332,74
Extrusão (sistema circular)	1,00	1,00
Limpeza das máquinas e equipamentos	9,60	83,20
Total geral	240,49	2416,94

Fonte: Elaboração própria

Novamente verifica-se que a produção dos *flakes*, quando comparado à produção dos *pellets* e etapa de limpeza, consumiu uma maior quantidade bruta de água (229,89m³), representando aproximadamente 95,60 % do total utilizado nas etapas analisadas, destacando-se a etapa de lavagem na lavadora e no tanque de lavagem. Além disso, observa-se que a água utilizada na extrusão/resfriamento apresentou o mesmo valor (fixo) e por causa do sistema de recirculação. Trata-se apenas de uma simplificação dos cálculos, uma vez que se sabe que há perdas por evaporação do processo. A seção 4.4 apresenta uma análise mais detalhada do consumo de água por produto produzido.

A Tabela 10 mostra os efluentes gerados no período analisado e a estimativa anual. Ressalta-se que, durante esse período, os efluentes não foram tratados na ETE, mas descartados no sistema sanitário municipal.

TABELA 10 – Geração de efluentes (m³) em 35 dias e uma estimativa anual

Etapa	Quant. (35 dias)	Estimativa anual
Efluente da pré-lavagem	5,04	52,52
Efluentes do moinho e lavadora	193,18	2013,23
Efluentes do tanque de lavagem	36,00	312,00
Efluentes da secagem	10,46	109,01
Efluentes da limpeza das máquinas	9,60	83,20
Total geral	254,28	2569,97

Fonte: Elaboração própria

Verifica-se que a produção dos *flakes* gera mais efluentes, quando comparada a etapa de limpeza, devido principalmente ao alto consumo de água na lavagem. Ressalta-se que a

água utilizada no sistema de extrusão/resfriamento não foi considerada nos cálculos da tabela, já que a mesma não é descartada e nem passa por nenhum tipo de tratamento, devido ao seu sistema circular de reaproveitamento. Além disso, parte dos efluentes das etapas de produção dos *flakes* é composto também por outros materiais (plásticos, areia, graxas, etc.), o que contribui para o aumento do volume de efluentes. A seção 4.4 apresenta uma análise mais detalhada de geração de efluentes por kg de produtos produzidos.

A Tabela 11 mostra a quantidade de resíduos “secos” gerados no período analisado e a estimativa anual. Foram considerados resíduos secos aqueles que não estão misturados com nenhum tipo de efluente. Pois, verificou-se que parte da massa dos resíduos plásticos (matéria-prima) é perdida junto com os efluentes.

TABELA 11 – Resíduos secos gerados (kg) em 35 dias e estimativa anual

Etapa	Quant. (35 dias)	Estimativa anual
Triagem - resíduos aproveitáveis (doados)	3700	38559,73
Triagem - resíduos não aproveitáveis	3100	32306,80
Resíduos do moinho e lavadora	3053,33	31820,43
Resíduos do tanque de lavagem	2820	29388,77
<i>Flakes</i> aproveitáveis	72,61	756,71
Pó da secagem (reaproveitável)	1527,39	15917,77
Pó da secagem (não reaproveitável)	1202,23	12529,10
Total de resíduos reaproveitados (etapas da produção dos <i>flakes</i>)	1600,00	16674,48
Total de resíduos descartados (etapas da produção dos <i>flakes</i>)	10175,56	76656,32
PEAD reaproveitável (extrusão)	240,98	2506,77
PEAD não reaproveitável (extrusão)	12,99	135,13
Total geral de resíduos gerados	15729,53	134532,43
Total geral de resíduos reaproveitados	1840,98	19181,25
Total geral de resíduos doados	3700	38559,73
Total geral de resíduos descartados	10188,55	76791,452

Fonte: Elaboração própria

A produção dos *flakes* também é responsável pela maior geração de resíduos, quando comparada a produção dos *pellets*. A seção 4.4 apresenta uma análise detalhada da geração de resíduos por kg de produtos produzidos. A Tabela 12 apresenta os principais custos de aquisição dos insumos envolvidos nas etapas do processo de reciclagem.

TABELA 12 – Custos dos insumos no período analisado e estimativas de um ano

Insumos	Custos unitários	35 dias (R\$)	1 ano (R\$)
Resíduos plásticos e agregados (matéria-prima)	1,26 R\$/kg	139302,8784	1451597,131
Gás natural	91,30 R\$/20 kg	547,8	4747,6
Embalagens para <i>pellets</i>	1,30 R\$/unidade	495,3	5153,2
<i>Bags</i> para <i>flakes</i>	4,50 R\$/unidade	819	-
Água	3,9600 R\$/m ³	928,6	9677,449854
Energia	0,51199214 R\$/kWh	8297,330634	86471,03287

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 13 mostra os dados referentes aos custos com os resíduos gerados. Devido, os efluentes conterem lodo e “restos” de plásticos, foi considerada a perda de massa total dos resíduos no processo na contabilização dos custos. Pois, parte dos efluentes foi coletada e descartada também no contêiner, mantendo-se, portanto a quantidade de resíduos. Essa contabilização considerou a diferença entre a quantidade de produto final e a matéria-prima de entrada. Foi desconsiderado nos cálculos o pó seco reaproveitado e os *flakes* reinseridos no processo, pois os mesmos não foram descartados.

TABELA 13 – Custos dos resíduos no período avaliado

Resíduos	Quantidade em 35 dias (kg)	Custo da matéria-prima (R\$)	Custo dos resíduos associado à matéria-prima (R\$)	Transporte (R\$)	Disposição (R\$)	Total (R\$)
Não aproveitados-aterro (etapa de <i>flakes</i> + <i>pellets</i>)	37834,67	1,26	47671,68	232,00	971,36	48875,04
Aproveitáveis (doados para a CORESO)	3700	1,26	4662	0	0	4662
Total para 35 dias	-	-	-	-	-	53537,05
	Quantidade em 1 ano (kg)	Custo da matéria-prima (R\$)	Custo dos resíduos associado à matéria-prima (R\$)	Transporte (R\$)	Disposição (R\$)	Total (R\$)
Não aproveitados-aterro (etapa de <i>flakes</i> + <i>pellets</i>)	294939,47	1,26	371623,7284	1392	28154,92152	401170,65
Aproveitáveis (doados)	38559,73	1,26	48585,25869	0	0	48585,26
Total anual	-	-	-	-	-	449755,90

Fonte: Elaboração própria

Ao analisar a Tabela 13, verifica-se que os custos dos resíduos estavam além dos custos de transporte e disposição, conhecidos pela cooperativa. Ou seja, além desses custos, existe o custo relativo à matéria-prima comprada e perdida. Na tabela, observa-se que esse custo associado com a matéria-prima é muito maior que os demais custos. Assim verifica-se a necessidade de atenção a este custo.

4.4 INDICADORES DE ASPECTOS AMBIENTAIS E SELEÇÃO DO FOCO DE AVALIAÇÃO

A partir da quantificação das correntes de entradas e saídas das etapas do processo, verificou-se que a produção dos *flakes* é a principal atividade produtiva da cooperativa, apesar dos *pellets* possuírem maior valor agregado, onde a sua comercialização dar-se apenas através da demanda. Dado o percentual de produção, a produção dos *flakes* é responsável pelo maior consumo bruto de matéria-prima, água e energia e maior gerador de resíduos e efluentes. Frente a essas informações, procedeu-se com a identificação de indicadores de aspectos ambientais que possam representar o consumo e a geração relacionados principalmente a quantidade de produtos produzidos (*flakes* e *pellets*). Esses indicadores podem ser observados na Tabela 14, em que o consumo/geração é dividido pela quantidade total de produtos produzidos e matéria-prima.

TABELA 14 – Indicadores de aspectos ambientais e custos

Aspectos ambientais	Consumo/ geração total		Produto/ matéria-prima total		Indicadores ambientais
Consumo de água (<i>flakes</i>)	229,89 m ³	Água	81328,5 kg	<i>flakes</i>	0,0028 m ³ /kg
Consumo de energia (<i>flakes</i>)	10868,24 kWh	Energia	81328,5 kg	<i>flakes</i>	0,1336 kWh/kg
Consumo de energia (<i>pellets</i> a partir de <i>flakes</i> prontos)	3895,9 kWh	Energia	9525 kg	<i>pellets</i>	0,4090 kWh/kg
Matéria-prima	81328,5 kg	<i>flakes</i>	124377,57 kg	Matéria-prima	0,6539 kg/kg
Resíduos gerados secos (<i>flakes</i>)	11775,56 kg	Resíduos secos	81328,5 kg	<i>flakes</i>	0,1448 kg/kg
Resíduos gerados e misturados nos efluentes (<i>flakes</i>)	41534,67 kg	Resíduos misturados nos efluentes	81328,5 kg	<i>flakes</i>	0,5107 kg/kg
Resíduos gerados (<i>pellets</i>)	253,97 kg	Resíduos dos <i>pellets</i>	9525 kg	<i>pellets</i>	0,0267 kg/kg
Efluentes (<i>flakes</i>)	287,6 m ³	Efluentes	81328,5 kg	<i>flakes</i>	0,0035 m ³ /kg
Custos dos resíduos	R\$ 53537,04316	Custos dos resíduos	41534,67 kg	Resíduos	1,2890 R\$/kg

Fonte: Elaboração própria

Verifica-se na Tabela 14 que os indicadores ambientais retratam um perfil do processo de reciclagem na cooperativa e confirmam as constatações anteriores em relação à produção dos *flakes*, com exceção do consumo de energia elétrica, em que a produção de *pellets* possui uma maior relação por kg de produto produzido, devido ao uso da extrusora. Porém, o tempo de funcionamento das máquinas utilizadas para a produção dos *pellets* é inferior ao tempo de funcionamento das máquinas utilizadas para a produção dos *flakes*. Assim, a transformação dos resíduos plásticos em *flakes* consumiu uma quantidade total de energia maior do que a transformação dos *flakes* em *pellets*.

Observa-se também que o processo de transformação em *flakes* possui uma taxa de aproveitamento de matéria-prima de aproximadamente 65,39 %. Ou seja, 65,39 % em massa do total de resíduos plásticos que entram no processo são transformados em *flakes*. Os demais 34,61 % são perdidos durante as etapas do processo tanto em forma de resíduos secos, quanto acompanhados dos efluentes. Já para os *pellets*, a eficiência do processo a partir dos *flakes* prontos produzidos na cooperativa é de aproximadamente 97,40%. A Tabela 15 mostra a eficiência produtiva em cada etapa do processo de reciclagem da cooperativa.

Tabela 15: Eficiência produtiva das etapas do processo de reciclagem da cooperativa

Etapas	Relação entre as entradas e saídas				Eficiência	Perdas
	Saídas		Entradas			
Triagem, corte e pré-lavagem	116183,57 kg	Matéria-prima	124377,57 kg	Matéria-prima	0,93412	6,59%
Moagem e lavagem (lavadora)	91336,12 kg	<i>flakes</i>	116183,57 kg	Matéria-prima	0,7861363	21,39%
Lavagem (tanque de lavagem)	88516,12 kg	<i>flakes</i>	91336,12 kg	<i>flakes</i>	0,969125	3,09%
Secadora - com o pó seco	82855,89 kg	<i>flakes</i>	88516,12 kg	<i>flakes</i>	0,9360542	6,39%
Secadora - sem adicionar o pó seco	81328,5 kg	<i>flakes</i>	88516,12 kg	<i>flakes</i>	0,9187987	8,12%
Transformação em <i>pellets</i>	9525 kg	<i>pellets</i>	9778,97 kg	<i>flakes</i>	0,974029	2,60%

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 15 fornece importantes informações no sentido de indicar qual etapa apresenta maiores perdas em massa da matéria-prima. Considerando-se as perdas em massa, verifica-se que as etapas críticas foram a moagem e a lavagem (na lavadora), na qual juntas representam 21,39 %. Grande parte da massa da matéria-prima e agregados foi perdida junto com os efluentes da lavagem. Essas informações, juntamente com a análise de outros aspectos ambientais (consumo de água, energia, efluentes, resíduos e emissões), são importantes para a seleção do foco de avaliação.

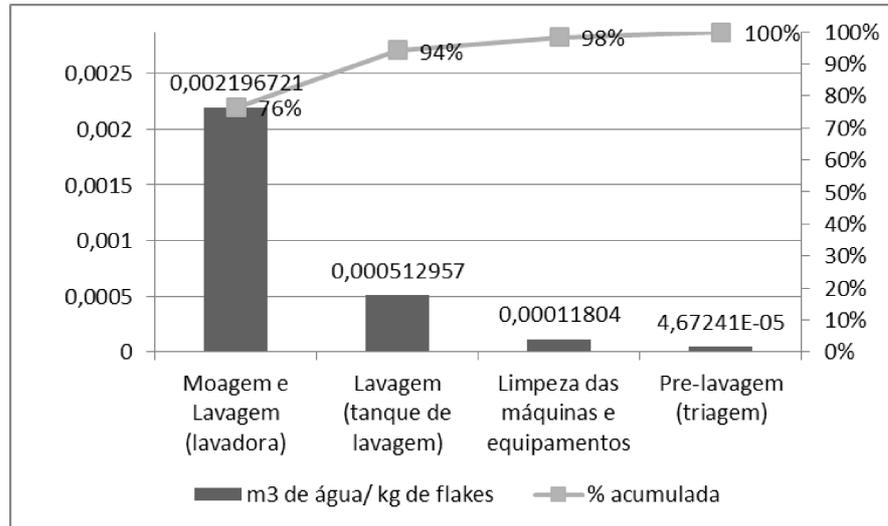
Com base nas informações acima apresentadas e com o auxílio de “Diagramas de Pareto” foi possível selecionar os principais pontos de geração/consumo e priorizar as etapas a serem analisados que necessitam de maior atenção para a identificação de melhorias no processo estudado (SILVA et al., 2013). A fim de realizar uma melhor análise, foram definidos indicadores específicos para cada etapa do processo e que serão apresentados nas próximas figuras. Para a definição dos indicadores específicos das etapas utilizou-se as informações das Tabelas 6, 7, 8, 9, 10 e 11 convertendo-as em kg ou m³/produto produzido.

A produção dos *flakes* compreende as principais etapas do processo de reciclagem realizado na cooperativa e é a que apresenta maiores valores de consumo de insumos e

geração de resíduos e efluentes. Desse modo, o foco de análise consistiu principalmente nessas etapas.

A Figura 37 apresenta o Diagrama de Pareto para o consumo de água nas etapas de produção dos *flakes*.

FIGURA 37 – Diagrama de Pareto para consumo de água

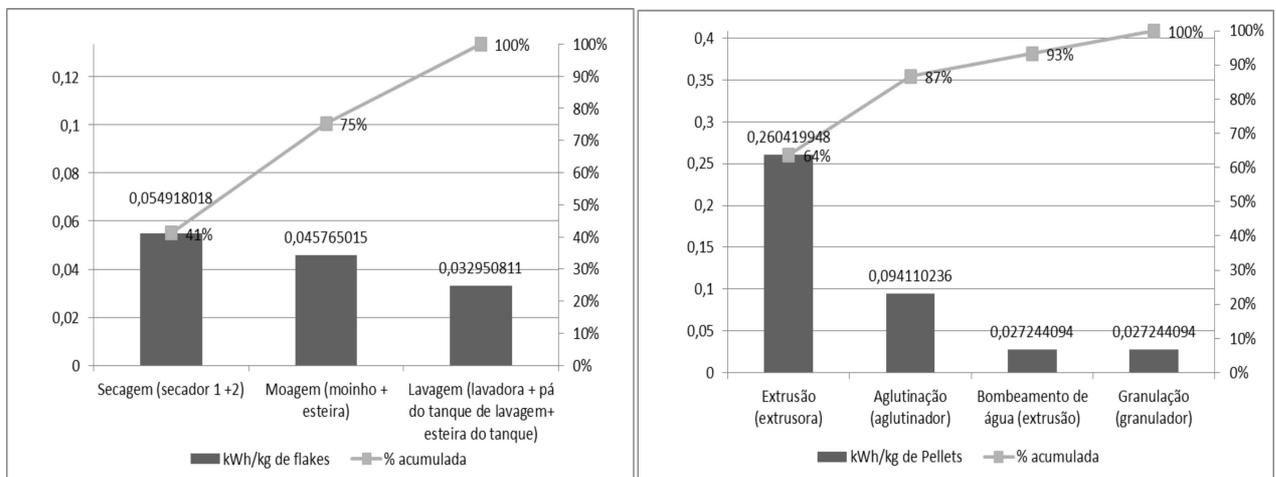


Fonte: Elaboração própria

Na Figura 37, observa-se que as etapas de moagem e lavagem (na lavadora) são as maiores consumidoras de água e representa 76% do total consumido, o que indica a necessidade de atuação nestas etapas. A água utilizada no período analisado para as etapas de transformação dos *flakes* em *pellets* foi desconsiderada na comparação, pois ela é reaproveitada em um sistema de recirculação e o volume é aproximadamente 1m³.

A Figura 38 mostra o diagrama de Pareto para o consumo de energia nas etapas de produção dos *flakes* e dos *pellets* (a partir dos *flakes* produzidos).

FIGURA 38 – Diagrama de Pareto para consumo de energia dos (a) *flakes* e (b) *pellets*.

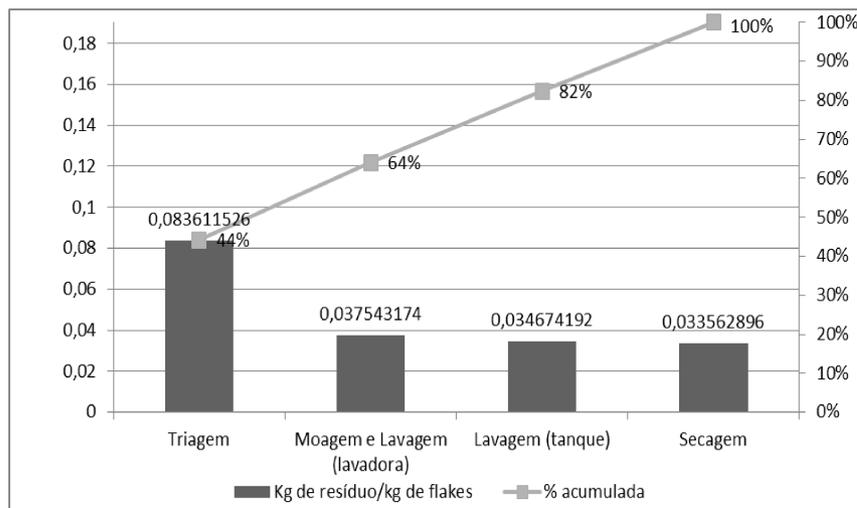


Fonte: Elaboração própria

Na Figura 38 (a) observa-se que a secagem é a etapa que mais consumiu energia elétrica para a produção dos *flakes*, seguida da moagem. No entanto, ao comparar com a Figura 38 (b) observa-se que a etapa de extrusão foi a maior consumidora quando a mesma era executada para transformar os *flakes* em *pellets*. Portanto, é necessário focar, principalmente nestas duas etapas. É importante ressaltar que para se produzir os *pellets* houve um grande consumo tanto na secadora (na transformação dos resíduos em *flakes*), quanto na etapa de extrusão.

A Figura 39 apresenta o diagrama de Pareto para a geração de resíduos “secos” nas etapas de produção dos *flakes*. As etapas de produção dos *pellets* a partir dos *flakes*, não foram consideradas no gráfico devido à base de comparação ser diferente: kg de resíduos/kg de *flakes* e kg de resíduos/kg de *pellets*. Porém, calculou-se o indicador para os *pellets*, resultando em 0,032 kg/kg de *pellets* produzido.

FIGURA 39 – Diagrama de Pareto para a geração de resíduos secos.

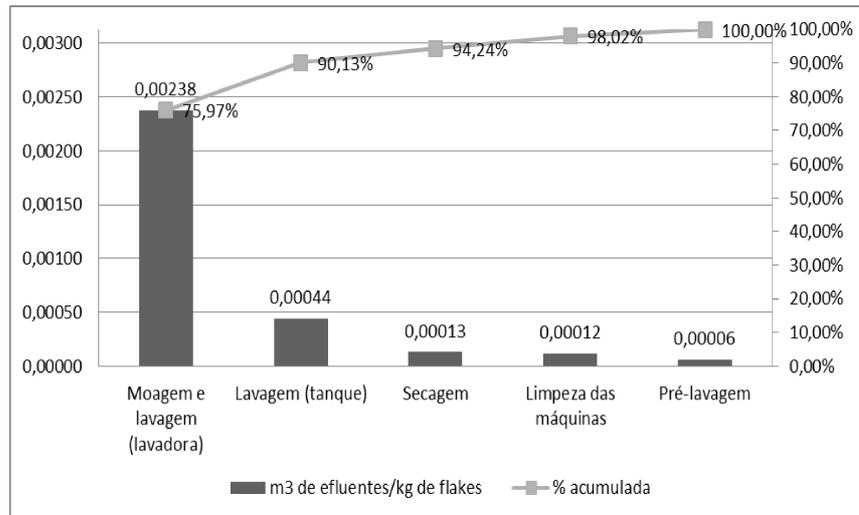


Fonte: Elaboração própria

Na Figura 39 verifica-se que a etapa de triagem foi a maior geradora de resíduos secos (44%), seguida das etapas de moagem e lavagem. Na produção dos *pellets*, a geração de resíduos (0,032 kg/kg de *pellets* produzido) foi ainda menor quando comparada com a etapa de secagem (0,3356 kg de resíduos/kg de *flakes*), etapa esta que gera menor quantidade de resíduos. Apesar da triagem apresentar a maior geração de resíduos secos, foi na etapa de moagem e lavagem que houve a maior perda de massa da matéria-prima. Pois, parte dessa massa é perdida junto com os efluentes, como será indicado na próxima análise.

A Figura 40 mostra o Diagrama de Pareto para a geração de efluentes nas etapas de produção dos *flakes*.

FIGURA 40 – Diagrama de Pareto para a geração de efluentes



Fonte: Elaboração própria

Na Figura 40, observa-se que a moagem e lavagem (na lavadora) foram as maiores geradoras de efluentes representando 75,97% do total gerado. Essa informação ratifica o que foi apontado pelo CETESB; SINDIPLAST (2011), em que a descontaminação (lavagem) do resíduo pós-consumo é um dos pontos mais críticos da reciclagem, pois pode gerar correntes expressivas de efluentes e resíduos. Os efluentes da produção de *pellets* não foram considerados, pois ocorre a recirculação da água nessa etapa com pequenas perdas por evaporação.

Ao analisar as Figuras 37, 38, 39 e 40 verifica-se que as etapas de moagem e lavagem são as etapas mais críticas em termos dos aspectos ambientais analisados. Essa constatação também foi identificada na Tabela 15 referente à eficiência das etapas do processo de reciclagem. Isso demonstrou a necessidade de uma priorização destas etapas na identificação de oportunidades de melhorias. Além disso, as etapas de moagem e lavagem, juntamente com as demais etapas que utilizam máquinas, foram responsáveis também pela emissão de ruídos no ambiente produtivo.

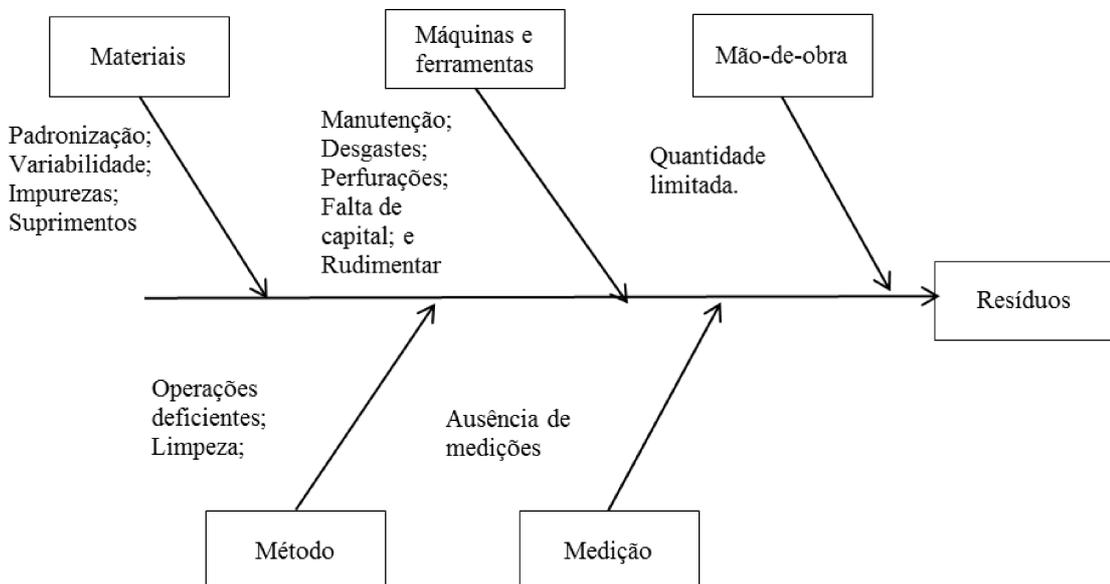
A etapa de secagem além de consumir uma maior quantidade de energia elétrica, quando comparada com as demais etapas para a obtenção de *flakes*, emite uma grande quantidade de material particulado e ruídos no ambiente produtivo da cooperativa. Já na etapa de transformação dos *flakes* em *pellets* (extrusão), além do grande consumo de energia elétrica observaram-se também emissões de gases (fumaças) que saem do cabeçote e ruídos no ambiente produtivo da cooperativa. De acordo com o CETESB; SINDIPLAST (2011) o nível de intensidade de ruído deve ser considerado como uma situação prioritária.

4.5 IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS, EFLUENTES E EMISSÕES

A partir da definição dos indicadores e seleção dos focos de avaliação e priorização, procedeu-se com a identificação das principais causas de geração de resíduos, efluentes e emissões. Utilizaram-se duas ferramentas da qualidade sugeridas por Silva et al. (2013): o *brainstorming*, na qual foram considerados as opiniões dos cooperados, e o diagrama de causa-e-efeito (*Ishikawa* ou *espinha-de-peixe*). Assim como apontado na seção anterior, o foco de avaliação consistiu prioritariamente na etapa de moagem e lavagem, precedidas das demais etapas.

Para a identificação das causas de geração de resíduos foram definidas cinco categorias de análise, nas quais as causas “raiz” de geração foram classificadas. Essas categorias são materiais, máquinas e ferramentas, mão-de-obra, método (forma de execução do trabalho) e medição. A Figura 41 apresenta o diagrama de causa-e-efeito para análise das causas de geração de resíduos. A maioria das causas identificadas está relacionada às etapas de triagem, moagem e lavagem.

FIGURA 41 – Diagrama de causa-e-efeito para geração de resíduos



Fonte: Elaboração própria

O Quadro 8 descreve de forma detalhada as causas de geração de resíduos.

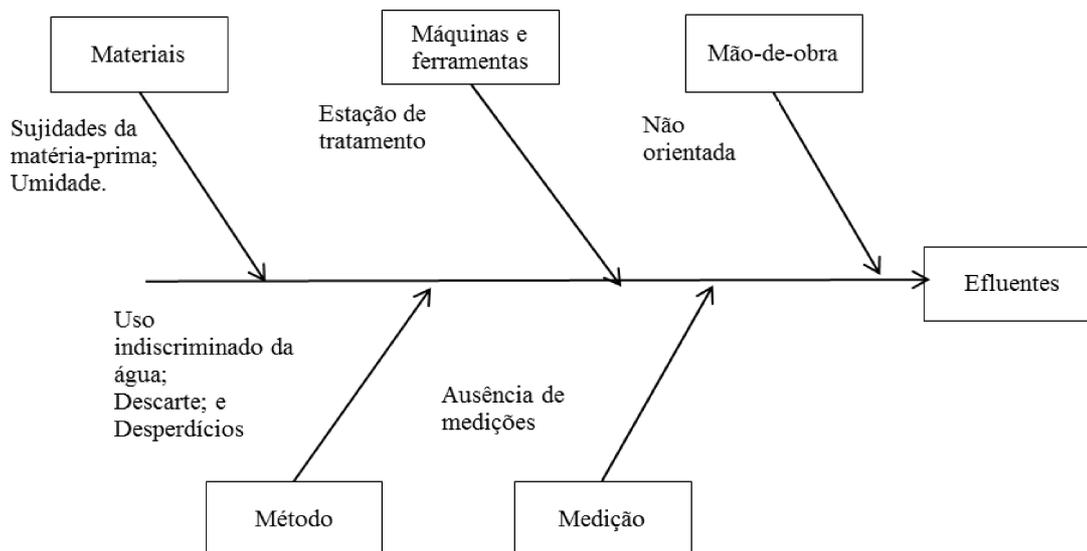
QUADRO 8 – Descrição das causas de geração de resíduos

Categoria	Causas de geração de resíduos
Materiais	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de padronização das matérias-primas, principalmente as que são provenientes de terceiros; • Variabilidade nas condições físicas da matéria-prima (limpeza, tamanho, formato); • Grande volume de impurezas na matéria-prima e acompanhados de outros resíduos que não são aproveitados na cooperativa; • Deficiências no fornecimento de matéria-prima oriundas das cooperativas da Rede Cata-Vida, obtendo, portanto, uma menor quantidade de materiais melhor separados e com melhores condições físicas; • Utilização de <i>bags</i> com pequenas perfurações, ocasionando perdas de materiais.
Máquinas e ferramentas	<ul style="list-style-type: none"> • Foco na manutenção corretiva; • Utilização de maquinário com aparentes sinais de desgastes como, por exemplo, desgastes na borracha da esteira responsável pela retirada e condução dos <i>flakes</i> do tanque de lavagem até o secador; • Perfurações na parte externa do secador, permitindo que parte dos <i>flakes</i> fosse lançada para fora da máquina e reduzindo a eficiência da secagem. • Ausência de capital que inviabiliza a compra de novos equipamentos que poderiam melhorar a eficiência do processo; • Utilização de ferramentas rudimentares para corte e separação na triagem: facão.
Mão-de-obra	<ul style="list-style-type: none"> • Quantidade limitada de cooperados que impossibilita uma triagem mais rápida e eficiente;
Método	<ul style="list-style-type: none"> • A realização da triagem no posto de trabalho da moagem, devido à quantidade limitada de cooperados, alinhada a necessidade de alimentação rápida e aproximadamente constante do moinho (devido à vazão de alimentação), faz com que parte do material não seja triada eficientemente, ocasionando uma maior geração de resíduos e acumulação principalmente no tanque de lavagem. • A inserção manual dos resíduos plásticos no moinho é responsável por lançar parte desses materiais para fora do moinho, sendo muitas vezes não aproveitados; • Como a limpeza é realizada na maioria das vezes uma vez por semana, parte dos resíduos plásticos que é lançado para fora do moinho e o que sai da lavadora é misturada com outras sujidades, acumulando e inviabilizando o reaproveitamento. • Limpeza da extrusora para iniciar outro material, utilizando-se do próprio material para empurrar as sujidades; • Restos de <i>pellets</i> não aproveitados; • Pó da secadora misturado com água e outras sujidades.
Medição	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de programas de monitoramento e controle dos processos e redução do volume de resíduos gerados.

Fonte: Elaboração própria

A Figura 42 mostra o diagrama de causa-e-efeito para a identificação das causas de geração de efluentes. As causas de geração foram organizadas em cinco categorias principais: materiais, máquinas, mão-de-obra, método e medição. A maioria das causas também é atribuída às etapas de triagem, moagem e lavagem.

FIGURA 42 – Diagrama de causa-e-efeito para geração de efluentes



Fonte: Elaboração própria

O Quadro 9 apresenta a descrição detalhada das causas de geração de efluentes

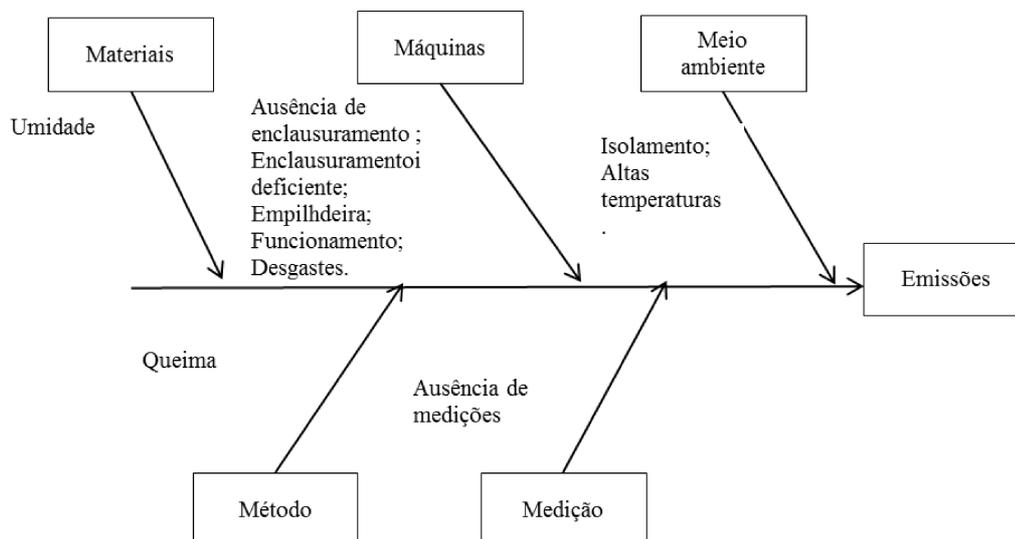
QUADRO 9 – Descrição das causas de geração de efluentes

Categoria	Causas de geração de efluentes
Materiais	<ul style="list-style-type: none"> • Matéria-prima acompanhada de sujidades que torna necessária a utilização de grande quantidade de água na pré-lavagem e na lavagem; • Presença de substâncias líquidas (restos de produtos de limpeza, por exemplo) na matéria-prima que se soma a água consumida e a outros resíduos; • Inserção no moinho de resíduos úmidos oriundos da pré-lavagem.
Máquinas	<ul style="list-style-type: none"> • Estação de tratamento de efluentes desativada.
Mão-de-obra	<ul style="list-style-type: none"> • Não treinada para a economia de água.
Método	<ul style="list-style-type: none"> • Uso indiscriminado da água; • Consumo de água no moinho/lavadora no intervalo de troca de materiais; • Utilização de água do sistema municipal na realização da limpeza das máquinas e superfícies (mesas, chão, etc.); • Descarte na rede de esgoto de toda água utilizada no processo; • Desperdícios e derramamento de água, principalmente na etapa de pré-lavagem;
Medição	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de programas de monitoramento e controle do volume de água consumida e de efluentes gerados;

Fonte: Elaboração própria

A Figura 43 mostra o diagrama de causa-e-efeito para a identificação das causas das emissões de gases, material particulado e ruídos. As causas de geração foram organizadas em cinco categorias principais: materiais, máquinas, método, medição e meio ambiente.

FIGURA 43 – Diagrama de causa-e-efeito para as emissões de gases, material particulado e ruídos, e vibrações



Fonte: Elaboração própria

O Quadro 10 mostra a descrição detalhada das causas das emissões de gases, material particulado e ruídos, e vibrações.

QUADRO 10 – Descrição das causas das emissões de gases, material particulado, ruídos, e vibrações

Categoria	Causas das emissões de gases, material particulado, ruídos, e vibrações
Materiais	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Flakes</i> úmidos emitem vapor quando aquecidos para a transformação em <i>pellets</i>.
Máquinas	<ul style="list-style-type: none"> • Moinho e lavadora parcialmente enclausurados, que por sua vez permitem a amplificação do ruído no ambiente de produção e a exposição dos cooperados a este ruído; • O próprio funcionamento das máquinas (moinho, lavadora, secadora, aglutinador, extrusora e granulador) propicia a emissão de ruídos e vibrações no ambiente; • Motor da empilhadeira emite ruído e gases a partir da combustão do gás natural; • O aquecimento da extrusora emite calor no ambiente, gases resultantes da fusão do <i>flakes</i>; • O aglutinador emite calor e gases resultantes da aglutinação dos <i>flakes</i>.

Fonte: Elaboração própria

QUADRO 10 (continuação) – Descrição das causas das emissões de gases, material particulado, ruídos, e vibrações

Categoria	Causas das emissões de gases, material particulado, ruídos, e vibrações
Máquinas	<ul style="list-style-type: none"> • Desgastes na parte externa da secadora (presença de perfurações) permitem a emissão de material particulado no ambiente e perdas de calor, resultante das trocas térmicas; • Exaustores de calor insuficientes.
Método	<ul style="list-style-type: none"> • A queima das borras de PEAD emitem fuligem e gases, dentre eles encontra-se o monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) e SO.
Medição	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de programas de monitoramento, controle e redução das emissões.
Meio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • O isolamento do barracão dificulta a circulação de ar e propicia a sensação de calor no ambiente. Além disso, impossibilita que parte das emissões seja dispersas e amplifica o ruído das máquinas.

Fonte: Elaboração própria

Complementarmente, é possível identificar alguns pontos referentes ao consumo de energia:

- Ausência de programas de monitoramento, controle e redução do consumo;
- Ausência de medições do consumo de energia nas etapas do processo. A conferência ocorre apenas na conta mensal de energia elétrica;
- Durante as trocas de materiais a serem inseridos no moinho e lavadores as máquinas permanecem ligadas, que conseqüentemente, consomem energia sem estar processando;
- A secadora opera abaixo de sua capacidade de processamento (2000kg/hora), o que faz com que o consumo de energia seja acima do necessário.

Diante da análise das causas de geração de resíduos, efluentes e emissões, verificou-se que as causas fundamentais estão relacionadas principalmente à matéria-prima, máquinas e mão de obra. A matéria-prima (resíduos plásticos) é um fator crítico em todas as etapas e nos aspectos ambientais analisados. Pois, as condições físicas (uniformidade, sujidades, tamanho e material agregado) requerem a adoção de etapas (triagem, moagem e lavagem, principalmente) e procedimentos passíveis de gerar impactos ao meio ambiente, quando não se tem um monitoramento e controle do processo. Ou seja, as condições da matéria-prima tem relação direta com a quantidade de resíduos gerados (aproveitados ou não), quantidade de água necessária para a lavagem, volume de efluentes gerados e na qualidade final dos produtos (*flakes* e *pellets*).

No que se refere às máquinas, verifica-se a importância da manutenção para a eficiência do processo de reciclagem. O estado de conservação das máquinas indica a necessidade de atenção, pois as mesmas contribuem principalmente para a emissão de

material particulado, ruídos, desperdícios de matéria-prima e material em processo de transformação.

Já a mão-de-obra, está relacionada à ausência de treinamentos específicos voltados para a prevenção de desperdícios. Além disso, a quantidade limitada de cooperados interfere na produtividade e aumenta a carga de trabalho que alinhada com as questões gerais do ambiente produtivo como calor, ruído, vibrações interferem nas questões de saúde, higiene e segurança do trabalho.

4.6 IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE P+L

Após a identificação das causas de geração de resíduos, efluentes e emissões, procedeu-se com a identificação de oportunidades de melhorias. O Quadro 11 apresenta as oportunidades de melhorias, com suas respectivas classificações dos níveis de prioridades de P+L: redução na fonte (nível 1), reciclagem interna (nível 2) e reciclagem externa (nível 3). O quadro identifica as oportunidades, que por sua vez, serão mais bem descritas na seção 4.6.1.

QUADRO 11 – Oportunidades de P+L para a cooperativa

Nível de prioridade	Oportunidades (OP)
<p>Nível 1: <i>Housekeeping</i> (boas práticas)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Limpeza das máquinas e superfícies: a seco e com água pressurizada; • Uso de válvulas de controle de vazão e de segurança para evitar vazamentos; • Melhores cuidados com os <i>bags</i>; • Formalização do planejamento e controle da produção; • Desenvolvimento de programa de manutenção; • Desenvolvimento de programas de monitoramento, controle e redução de resíduos, efluentes e emissões gerados; • Estabelecimento de acordos com fornecedores para padronização da matéria-prima; • Conscientização, educação continuada e treinamento dos cooperados; • Isolamento, enclausuramento de máquinas; • Melhoria na segregação dos materiais; • Troca de telhas translúcidas; • Atenção às normas NR-6 (equipamento de proteção individual), NR-10(segurança em instalações e serviços em eletricidade) e NR-12 (segurança no trabalho em máquinas e equipamentos); • Construção de um galpão para a armazenagem da matéria-prima recepcionada; • Utilização da PNRS como diretriz para o planejamento e tomada de decisões; • Evitar a queima das borras de PEAD.

Fonte: Elaboração própria

QUADRO 11 (continuação) – Oportunidades de P+L para a cooperativa

Nível de prioridade	Oportunidades (OP)
Nível 1: Modificação tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> • Emprego de mantas térmicas na extrusora; • Melhoraria nos sistemas de circulação de ar; • Projetos de alterações de potências e redimensionamento de máquinas; • Troca da esteira de alimentação do moinho; • Aquisição de um novo moinho; • Reforma ou aquisição de secadores de <i>flakes</i>; • Aproveitamento de água da chuva de acordo com a norma NBR 15527.
Nível 2: Reciclagem interna	<ul style="list-style-type: none"> • Reaproveitamento da água utilizada no processo por meio do redimensionamento da ETE já existente, mas inoperante no momento do estudo; • Reaproveitamento de materiais;
Nível 3: Reciclagem externa	<ul style="list-style-type: none"> • Intensificação de práticas já existentes de reciclagem externa;

Fonte: Elaboração própria

Ao analisar o quadro, verifica-se que as oportunidades de P+L identificadas se concentram no nível 1 o qual se refere a minimização dos resíduos, efluentes e emissões gerados. Essas oportunidades tratam-se, prioritariamente, de boas práticas (*housekeeping*) que em sua maioria exigem pouco ou nenhum investimento financeiro, mas que podem proporcionar bons resultados para a cooperativa. Dentre os principais benefícios têm-se a diminuição do consumo de água e energia, diminuição na geração de resíduos, efluentes e emissões, melhoria na gestão dos processos da cooperativa, melhor ambiente de trabalho e maior eficiência dos processos. Parte dessas oportunidades foi indicada pelo CETESB e SINDIPLAST (2011). Na próxima subseção as oportunidades são descritas e identificadas os seus potenciais benefícios.

4.6.1 Descrição dos potenciais benefícios das oportunidades de P+L

Após terem sido identificadas as oportunidades de melhorias na cooperativa procederam-se com a identificação dos potenciais benefícios das oportunidades de P+L. Essas oportunidades enfatizam os principais benefícios da adoção em termos ambientais, econômicos e sociais na cooperativa estudada. Para as oportunidades que demandam mudança tecnológica, sugere-se a realização de orçamentos com possíveis fornecedores a fim de se obter o custo de aquisição/implementação e realizar uma análise técnica, ambiental e

econômica com maior profundidade. A seguir são descritas cada oportunidade apresentada no Quadro 11.

OP1 - Limpeza a seco e com água pressurizada: a limpeza a seco consiste na retirada manual ou por varrição de todas as sujidades das superfícies das máquinas e locais de trabalho. Adicionalmente, pode-se utilizar água pressurizada para finalizar a limpeza. A utilização de água pressurizada permite que a limpeza seja mais rápida, já que atualmente utiliza-se a remoção manual em alguns casos e uma mangueira comum sem controle de vazão. Estes tipos de limpezas não demandam alto conhecimento/tecnologias. Trata-se de atividades cotidianas, sendo necessária para essa oportunidade apenas a utilização de vassouras, pás e uma lavadora a jato de alta pressão.

O principal benefício da adoção destes tipos de limpezas é a redução no consumo de água e conseqüentemente no volume de efluentes gerados. No período avaliado nesta pesquisa foram gastos 2,4 m³ de água na limpeza com o tempo total de 2h em 6 semanas Utilizando uma lavadora a jato, o consumo de água pode ser em média 720 litros/2h. Ou seja, uma redução de 1680 litros (70%).

Para a limpeza a seco podem ser utilizados os próprios recursos já existentes na cooperativa. Já para a limpeza com o jato de água pressurizada, existem vários modelos disponíveis no mercado, com variados preços. Para a especificação de vazão acima mencionada, é necessário um investimento médio de R\$ 300,00. O principal benefício, apesar do consumo de energia (2,4 kWh em 2h), é a redução nos custos com a água.

OP2 - Uso de válvulas de controle de vazão e segurança para evitar vazamentos: o uso de válvulas controladoras de vazão (reguladoras/reductoras) possibilita um maior controle no volume de água consumida nas etapas de moagem/lavagem (lavadora) e, conseqüentemente, nos custos com água e com tratamento dos efluentes gerados. Válvulas manuais podem ser encontradas a partir de R\$ 12,00 e ser adaptadas principalmente na torneira/mangueira da etapa de moagem/lavagem.

OP3 - Melhores cuidados com os *bags*: a compra de *bags* em melhores condições físicas, o armazenamento em locais protegidos das ações do tempo e adoção de práticas de manuseios como, evitar o arraste, pode aumentar a vida útil, ao mesmo tempo em que se reduz a necessidade de compra, o desperdício de materiais e os custos de aquisição e descarte. Atualmente, a cooperativa reutiliza os *bags* em várias operações.

OP4 – Formalização do planejamento e controle da produção: a formalização do planejamento e controle da produção é imprescindível para cooperativa, uma vez que permite um melhor conhecimento e controle das etapas do processo de reciclagem. Além disso,

possibilita o registro e um melhor conhecimento da demanda, dos fornecedores e racionalização dos insumos e recursos utilizados. No entanto, essa formalização demanda pessoal técnico capacitado e treinamento dos cooperados.

OP5 – Desenvolvimento de um programa de manutenção: desenvolver um programa de manutenção contribui para a redução de desperdícios, redução de ruídos e vibrações, aumento da produtividade e redução de custos. O programa de manutenção pode envolver ações preditivas, preventivas e corretivas (CETESB; SINDIPLAST, 2011). Dentre as ações pode-se mencionar: planejamento da manutenção, avaliação de causas de falhas, manter as máquinas sempre limpas e lubrificadas, verificação de amolação e planejamento de troca das facas do moinho, pinturas de máquinas e troca de borrachas desgastadas da esteira do tanque de lavagem.

OP6 – Desenvolvimento de programas de monitoramento, controle e redução de resíduos, efluentes e emissões: é essencial o desenvolvimento de programas de monitoramento, controle e redução de resíduos, efluentes e emissões. Pois, alinhado com o planejamento e controle da produção e com o programa de manutenção é possível obter um melhor controle sobre o processo de reciclagem, desenvolver metas de redução de consumo de água, energia, matéria-prima, reduzir os potenciais impactos ambientais, custos associados e melhorar o ambiente de trabalho.

OP7 - Estabelecimento de acordos com os fornecedores: a matéria-prima é o insumo mais crítico do processo de reciclagem e suas condições interferem diretamente nos demais aspectos ambientais. Assim, é importante o estabelecimento de acordos com os fornecedores para a obtenção de melhores preços e padronização da matéria-prima. Além disso, é necessária a inserção de novos fornecedores que forneçam a matéria-prima em melhores condições de aproveitamento e menor quantidade de resíduos agregados.

OP8 – Conscientização, educação continuada e treinamento dos cooperados: é uma importante oportunidade orientada para as questões ambientais envolvidas na atividade de reciclagem, alinhada aos princípios de P+L, de modo a fortalecer uma cultura organizacional voltada para o meio ambiente. Esses treinamentos podem ser conduzidos, principalmente com o auxílio do órgão de apoio às cooperativas, o CEADDEC, e com instituições de ensino e pesquisa.

OP9 – Programas de conscientização ambiental na comunidade e valorização dos cooperados: além do desenvolvimento de uma cultura organizacional voltada para as questões ambientais na cooperativa, é importante a conscientização da comunidade quanto às condições de descarte dos materiais recicláveis, uma vez que influencia diretamente no

volume de resíduos e efluentes gerados na cooperativa e na qualidade do produto final. Além disso, é imprescindível a valorização dos trabalhadores dos materiais recicláveis para que os mesmos possam se sentir atraídos pela atividade cooperativa e melhore algumas questões relacionadas com a escassez de mão-de-obra e qualidade do trabalho. Nesta oportunidade é importante a participação ativa do governo local.

OP10 – Isolamento/enclausuramento de máquinas: apesar do posto de trabalho do moinho/ lavadora estar parcialmente enclausurado, ainda há emissões de ruídos no ambiente. Sugere-se a implantação de dispositivos que melhore a acústica do ambiente do moinho. Podem-se utilizar caixas de ovos reaproveitadas ou espumas de poliuretanos, por exemplo, nas paredes do enclausuramento. Outra máquina que pode ser enclausurada é o secador secundário. Pode-se utilizar uma estrutura simples do mesmo material utilizado na vedação do moinho (caixas de ovos e chapa de fibra de madeira). Essa oportunidade não dispensa a necessidade de utilização constante de protetores auriculares.

OP11 – Troca de telhas translúcidas: a cooperativa já se utiliza de telhas translúcidas para auxiliar na iluminação. Porém, necessitam ser trocadas, possibilitando assim uma melhor iluminação do ambiente de trabalho, e consequentes reduções no consumo de energia. Existem telhas de polipropileno onduladas translúcidas (244x110x1) cm no valor de R\$ 85,00.

OP12 – Melhor segregação dos materiais: a produtividade na etapa de triagem é importante para a disponibilidade de materiais a serem moídos, na qualidade dos produtos finais e no volume de resíduos gerados. Assim a melhoria pode ser obtida por meio da substituição de instrumentos de separação (facão), utilização de equipamentos com melhores condições e mudanças nos procedimentos operacionais de triagem.

OP13 – Atenção às normas NR-6, NR-10 e NR- 12: Estar em concordância com as normas possibilitam um melhor ambiente de trabalho e evita acidentes. Sugere-se atentarem-se as normas regulamentadoras NR-6 (equipamento de proteção individual), NR-10 (segurança em instalações e serviços em eletricidade) e NR-12 (segurança no trabalho em máquinas e equipamentos). Essas normas podem auxiliar em projetos de melhorias e no programa de manutenção.

OP14 – Utilização da PNRS como diretriz para o planejamento e tomada de decisão: A PNRS é um importante instrumento direcionador para o planejamento da produção, tomada de decisões e fortalecimento de parcerias com instituições de ensino, empresas e o governo local. Já que as cooperativas são consideradas atores prioritários na

política e pode representar uma importante oportunidade de aquisição de recursos, principalmente com os governos.

OP15 Evitar a queima das borras de PEAD: É importante evitar a queima dos resíduos de PEAD devido à emissão de material particulado (fuligem) e gases poluentes (CO, CO₂, SO entre outros). Diante disso, pode-se destina-lo adequadamente a aterro sanitário, caso não haja nenhuma possibilidade de aproveitamento.

OP16 – Emprego de mantas térmicas na extrusora: o emprego de mantas térmicas contribui para a diminuição da perda de calor para o ambiente, reduz o tempo e a quantidade de energia necessária para aquecimento e manutenção de temperatura e custos com energia, além de proteger o cooperado de possíveis queimaduras e diminuir a temperatura do ambiente irradiada pela extrusora. A manta térmica pode ser utilizada no canhão da extrusora.

OP17 – Melhorias nos sistemas de circulação de ar: a melhoria no sistema de circulação de ar impacta principalmente no ambiente de trabalho e na produtividade. Sugere-se a instalação de novos exaustores de telhado ou lateral, aquisição de ventiladores industriais de alta vazão e modificações estruturais no barracão com aberturas que facilitem a renovação do ar no ambiente interno.

OP18 – Projetos de alterações de potências e redimensionamento de máquinas: sugerem-se projetos de instalações elétricas que objetive adequar as potências das máquinas às necessidades produtivas da cooperativa. A etapa de secagem é a que consome mais energia elétrica, porém os secadores atualmente são subutilizados, já que a sua capacidade de processamento é 2000 kg/h, mas a quantidade média processada é 560 kg/h. O redimensionamento e alterações de potência possibilitam a redução do consumo de energia e consequentes custos relacionados.

OP19 – Troca da esteira de alimentação do moinho: a esteira em forma de espiral limita o tamanho e quantidade dos resíduos plásticos no moinho. A troca da esteira em espiral por uma esteira comum permite que materiais com maiores dimensões sejam transportados diretamente para o moinho sem a necessidade de inserção manual. Além disso, aumenta a produtividade da etapa de moagem. A cooperativa já dispõe de uma nova esteira, porém ainda não foi instalada devido a necessidade de adequações.

OP20 – Aquisição de um novo moinho e lavadora: Recomenda-se a aquisição de um novo moinho e lavadora com maior capacidade de processamento a fim de evitar os desperdícios. A aquisição de um novo moinho com alimentação tangencial e rotor aberto evita que materiais sejam lançados para fora (FARIA; PACHECO, 2011).

OP21 – Reforma de secadores ou aquisição de novos: a reforma do secador pode-se dar pela troca das chapas metálicas do secador responsável pelo seu isolamento com a área externa. Existem perfurações nas chapas que permitem emissões de material particulado (aproveitáveis e não aproveitáveis) e facilita as perdas de calor para o ambiente. A reforma do secador poderá contribuir para a redução das emissões e um melhor aproveitamento dos materiais, já que haverá menos desperdícios e perdas de calor. Outra solução é a aquisição de secadores novos, que pode apresentar um custo maior do que a reforma.

OP22 – Projeto de instalação de um galpão para recepção de matéria-prima: a construção de um galpão recepção e armazenagem dos resíduos plásticos é importante, uma vez que evita que os mesmos fiquem expostos às ações do tempo, contaminando-os ou sendo criadouros de doenças.

OP23 – Aproveitamento da água da chuva: o desenvolvimento e execução de um projeto de aproveitamento da água da chuva possibilitam diversos benefícios ambientais e econômicos para a cooperativa. Dentre os potenciais benefícios, têm-se a redução da necessidade de captação de água do sistema municipal e conseqüentemente a redução dos custos com água. Para a execução do projeto sugere-se seguir as orientações da norma NBR 15527 que trata sobre a água da chuva- aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Assim como as demais águas utilizadas, deve-se reaproveita-la sempre que possível.

OP24 – Redimensionamento e reativação da ETE: assim como apontado anteriormente, a ETE encontra-se desativada devido à ineficiência de tratamento. Desse modo, sugere-se um projeto de redimensionamento da estação, principalmente na etapa de decantação. A reativação da ETE propiciará economia no consumo da água oriunda do sistema municipal, redução nos custos com consumo de água, diminuição dos efluentes descartados, e evita a geração de multas ou penalidades pelo descarte inadequado.

OP25 – Reaproveitamento de materiais: intensificar a reinserção de materiais passíveis de aproveitamento nas etapas do processo de reciclagem, como o resíduo plástico que sai do moinho, os *flakes* que caem da esteira do tanque de lavagem, o pó resultante da secagem, e borras e “espaguetes” da extrusão. O aproveitamento diminuirá o volume de resíduos descartados em aterros, as emissões com os resíduos queimados e conseqüentemente os custos envolvidos.

OP26 – Intensificar práticas de reciclagem externa: já existe o reaproveitamento de resíduos, na qual os resíduos passíveis de aproveitamento (vidros, papelão, outros tipos de plásticos, entre outros) são enviados para a CORESO, onde é realizada triagem e venda.

Porém, nem todos os resíduos descartados são enviados para aproveitamento. Além disso, sugere-se a formação de parcerias para desenvolvimento de estudos de viabilidade de aproveitamentos de resíduos, como por exemplo, os resíduos do tanque de lavagem que atualmente são descartados.

4.7 BARREIRAS DA P+L

A partir das etapas da pesquisa realizada, foi possível identificar as principais barreiras/dificuldades da pesquisa e, conseqüentemente, para a implementação da P+L na cooperativa. Essas barreiras possuem características semelhantes a encontradas em estudos aplicados em empresas (CNTL, 2003; VIEIRA; AMARAL, 2016), principalmente para empresas de pequeno e médio porte (OLIVEIRA NETO et al., 2017), e estão descritas a seguir:

- A Ausência de um planejamento e programação estruturados da produção dificulta a quantificação e conseqüente monitoramento e controle das correntes de entradas e saídas ambientais envolvidos no processo de reciclagem da cooperativa;
- O foco apenas na produção dificulta a dedicação de tempo para a reflexão dos problemas ambientais existentes na cooperativa. Isso faz com que os impactos ambientais não sejam reconhecidos e evitados;
- Necessidade de uma política de venda que amplie e melhore as relações com os clientes e fornecedores. Além de propiciar a produção em maior escala de materiais quem agreguem maior valor (*pellets*);
- A quantidade limitada do número de cooperados e o desconhecimento de programas ambientais, boas práticas e tecnologias são um limitante para a aplicação e aprimoramento de um programa ambiental, particularmente a P+L;
- A rotatividade dos cooperados dificulta a implementação de uma estratégia integrada e contínua de melhorias baseadas nos princípios da P+L;
- A ausência de pessoal, principalmente na etapa de triagem, que possa melhorar a produtividade e aumento de qualidade da matéria prima selecionada que segue para o processo;
- Problemas estruturais de gestão como ausência de capital de giro e recursos financeiros escassos, dificultam a aplicação de estratégias que demandam modificações maiores ou radicais como aquisições de máquinas e equipamentos mais modernos e eficientes. A ausência de capital de giro faz com que os materiais tenham

que ser processados e vendidos o mais rápido possível para poder realizar o pagamento dos cooperados e dos fornecedores de materiais recicláveis. Conseqüentemente, os materiais são, em sua maioria, vendidos em forma de *flakes* que possuem uma capacidade de venda mais rápida, porém com menor valor agregado.

- Dificuldades quanto à definição de uma política voltada para uma padronização das matérias-primas, maior fornecimento e com melhor qualidade;
- Necessidade de parcerias com os governos locais, comunidade e outras instituições (inclusive empresas);
- Ausência de cultura organizacional de boas práticas ambientais;
- Falta de incentivos econômicos e políticos;
- Falta de liderança e infraestrutura interna para o desenvolvimento da gestão ambiental;
- Documentação de quantificações incompletas/ou inexistentes;
- Acesso limitado a disponibilidades tecnológicas;
- Priorização de técnicas *end-of-pipe*;
- Alta influência dos demais atores da cadeia na forma de realizar o trabalho e no volume de resíduos gerados;

Verifica-se a existência de diversas barreiras para a implementação de um programa contínuo de P+L na cooperativa estudada. É necessária a superação dessas barreiras, que são resultantes tanto de fatores internos quanto externos a cooperativa. Os fatores internos estão relacionados a questões técnicas, financeiras, culturais e organizacionais, semelhantes a pequenas e médias empresas (OLIVEIRA NETO et al, 2017). Já as causas externas envolvem a própria posição desprivilegiada na cadeia de reciclagem, na qual a falta de infraestrutura e a formação de um mercado oligopsônico contribuem para dependência dos demais atores, possuindo baixo poder de negociação com os clientes e fornecedores (AQUINO; CASTILHO JUNIOR; PIRES, 2009). Além disso, a superação dessas barreiras é dificultada principalmente pelo alto grau de informalidade do setor e a baixa escolaridade (CETESB; SINDIPLAST, 2011), demandando assim esforços conjuntos dos governos, comunidade e empresas para o desenvolvimento de um ambiente propício para a realização da reciclagem nas cooperativas. A PNRS é uma importante oportunidade de superação de barreiras, já que ela busca fortalecer a atuação das cooperativas nas atividades de coleta e reciclagem (BRASIL, 2010).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da revisão de literatura e da pesquisa de campo, foi possível entender o contexto no qual as cooperativas de materiais recicláveis estão inseridas. Especificamente, a Divisão polímeros desempenha um importante papel socioeconômico para os envolvidos e para a sociedade ao entorno. Além disso, possui uma contribuição ambiental no sentido de dar uma destinação mais adequada aos resíduos, por meio do processo de reciclagem dos plásticos, contribuindo dessa forma para a minimização de impactos ambientais resultantes da geração de resíduos. No entanto, o contexto na qual ela está inserida pode ser considerado complexo, uma vez que se devem desenvolver estratégias para superar dificuldades estruturais, sociais, econômicas, ambientais e melhorar as relações com os demais atores da cadeia de reciclagem.

As cooperativas de materiais recicláveis, inclusive a Divisão Polímeros, estão imersas em um ambiente paradoxal, no qual ao mesmo tempo em que estão alicerçadas nos princípios da solidariedade, estão sujeitas as ações do mercado capitalista. Dessa forma, precisam atender paralelamente as necessidades dos membros cooperados e desenvolver estratégias para competir com outros possíveis concorrentes (sucateiros, indústrias de reciclagem, etc.).

Apesar do reconhecimento da importância das cooperativas apresentado na PNRS, as mesmas ainda sofrem dificuldades estruturais como a falta de recursos financeiros, pouco material disponível, escassez de mão-de-obra, pouco ou nenhum apoio político-governamental e técnico, baixo retorno pelo material coletado e alta dependência dos demais membros da cadeia da reciclagem.

Assim, é necessária a valorização real das pessoas envolvidas com os processos de reciclagem, e que vai além do simples reconhecimento da PNRS. Ou seja, é importante a efetiva implementação da PNRS e fornecimento de condições para as cooperativas. Dentro dessa valorização, encontra-se o fornecimento de estrutura e incentivos fiscais para a formação desses empreendimentos, o reconhecimento da sociedade quanto à atuação dos trabalhadores da reciclagem e o desenvolvimento de parcerias entre os membros da cadeia.

A verticalização das atividades foi apontada como uma forma de agregar valor e tentar superar as diversas dificuldades. Esta verticalização é o caso da Divisão Polímeros, na qual se trata de uma unidade de reciclagem que transforma resíduos plásticos de PP, PEBD e PEAD em *flakes* e *pellets* (matéria-prima secundária). A Divisão Polímeros é integrante da Rede Cata-Vida na qual é constituída por cooperativas singulares que fazem a coleta e separação de diversos materiais e fornecem os resíduos plásticos para a Divisão Polímeros.

Dado que a Divisão Polímeros desenvolve as mesmas funções que as demais indústrias de reciclagem, deve-se estar atento não somente aos princípios de solidariedade, mas também a sua posição estratégica na indústria de reciclagem e nos possíveis impactos ambientais, econômicos e sociais envolvidos em suas atividades. Desse modo é imprescindível a adoção de princípios de gestão, que visem à melhoria dos seus processos produtivos, aumento da eficiência e redução de possíveis impactos negativos.

As limitações estruturais da cooperativa e a sua inserção em um contexto complexo implicam na necessidade de utilização de ferramentas simples, porém efetivas e com bons retornos. Diante da necessidade de utilização de ferramentas ambientais na cooperativa e do reconhecimento dos potenciais benefícios proporcionados pela P+L, esta pesquisa buscou responder as seguintes questões: A P+L pode de fato ser adotada com uma ferramenta de gestão ambiental em cooperativas de reciclagem? A adoção da P+L fornece oportunidades de melhorias viáveis e significativas para os processos de reciclagem em cooperativas?

A partir da revisão de literatura e do estudo de caso verificou-se que é possível adotar a P+L como uma ferramenta de gestão ambiental em um ambiente cooperativo. Além disso, a identificação das oportunidades e a avaliação de algumas delas comprovaram que a P+L pode fornecer retornos significativos para as cooperativas. Acredita-se que apesar das barreiras da P+L, principalmente as relacionadas com a falta de mão-de-obra que é importante para um programa de continuidade, trata-se de uma ferramenta simples e de fácil compreensão na qual valoriza as pequenas modificações, considerando prioritariamente a não geração e minimização dos resíduos gerados, que por sua vez serão importantes para a economia de recursos, e redução de impactos ambientais com consequentes ganhos sociais, ambientais e econômicos.

Pode-se afirmar que o objetivo deste estudo de “identificar oportunidades de melhorias nos processos de reciclagem de plástico em uma cooperativa de Sorocaba-SP, por meio da utilização da ferramenta da P+L” foi alcançado. Pois, a definição dos objetivos secundários e a adoção de etapas indicadas na literatura (CNTL, 2003; SEBRAE, 2005; SILVA et al, 2013) permitiram uma organização e progressão sistemática da pesquisa até o alcance do objetivo.

As visitas de sensibilização foram imprescindíveis para a obtenção do comprometimento da cooperativa. Esse comprometimento foi importante não só para o andamento da pesquisa, mas também para o próprio entendimento dos conceitos de P+L aplicados na realidade e cotidiano da cooperativa. Além disso, um comprometimento contribui para a criação de cultura voltada para as questões ambientais e que é um ponto chave para a continuidade de um programa de P+L.

A caracterização da cooperativa e o mapeamento do processo de reciclagem possibilitaram a compreensão do ambiente interno e externo no qual ela está inserida e quais são as suas principais estratégias produtivas e de relacionamento com fornecedores e clientes. A estratégia de agregar valor aos plásticos por meio de seu processamento traz benefícios para todos os cooperados, pois é possível obter uma melhor rentabilidade. Porém, verifica-se que apesar dos equipamentos disponíveis para o processamento completo, a quantidade insuficiente de compradores regionais na carteira de pedidos da cooperativa e a necessidade de capital em curto prazo para pagamento dos fornecedores e cooperados, dificultam as vendas em forma de *pellets* e obtendo-se assim um menor valor pelo material.

O volume de resíduos plásticos enviados para a Divisão Polímeros pelas cooperativas da Rede Cata-Vida influenciam no processo. O baixo volume, comparada à quantidade necessária para que o processo seja viável, torna necessária a aquisição de resíduos plásticos complementares de outras redes e principalmente de terceiros. Esses resíduos geralmente não chegam separados e padronizados, sendo necessária a etapa de triagem. Além disso, as condições físicas dos materiais recepcionados determinam o percentual de aproveitamento e é um fator determinante para a qualidade do produto final. A variabilidade da matéria-prima processada e os critérios de processamento evidenciaram a complexidade do próprio processo e a necessidade de um acompanhamento mais criterioso na chegada.

A identificação dos aspectos ambientais das etapas do processo de reciclagem da cooperativa (consumo de água, energia e matéria-prima e geração dos resíduos, efluentes e emissões) aliada à quantificação das correntes de entradas e saídas, permitiu definir os indicadores ambientais. Os indicadores apontaram pontos críticos passíveis de gerarem impactos negativos ao ambiente interno e externo da cooperativa.

Foram selecionadas as etapas que apresentaram o maior consumo de água e energia e geração de resíduos e efluentes. Assim, em concordância com os resultados obtidos, no processo de transformação dos resíduos em *flakes*, destacaram-se as etapas de moagem e lavagem. A geração de resíduos está atrelada principalmente às condições físicas das matérias-primas, que por sua vez, também demandam um grande volume de água para a lavagem e geram um grande volume de efluentes. No período pesquisado os efluentes não eram tratados, apesar de existir uma ETE que não estava sendo utilizado no momento da pesquisa.

Várias oportunidades de melhorias foram identificadas (25), destacando-se as oportunidades classificadas no Nível 1 da P+L. Essas oportunidades se referem à redução dos resíduos, com mudanças nos processos e boas práticas (*housekeeping*), indicando que

pequenas alterações podem apresentar bons resultados. Assim, foram pontuadas os potenciais benefícios de sua implementação.

Apesar dos potenciais benefícios, foram identificadas barreiras/dificuldades que precisam ser superadas para uma efetiva implantação das oportunidades identificadas na pesquisa. Dentre essas barreiras encontram-se: ausência de uma estrutura de gestão voltada para o planejamento da produção e para a gestão ambiental; limitações financeiras que dificultam a implementação de mudanças mais radicais; escassez de mão de obra que dificulta a criação de uma cultura de continuidade voltada para P+L; grande dependência dos atores da cadeia, que na maioria das vezes influenciam no volume de resíduos que serão gerados; foco na remediação de problemas gerados (*end-of-pip*); pouco apoio governamental e ausência de programas de monitoramento e controle dos processos, que por sua vez não fornece uma documentação com informações detalhadas e principais deficiências; e dependência de agentes externos para a elaboração de projetos voltados para as questões ambientais.

A principal contribuição desta pesquisa foi o apoio técnico-conceitual para a cooperativa voltado para práticas ambientais preventivas, com o uso de ferramentas de gestão ambiental (P+L), complementada com ferramentas da gestão da qualidade. Além da identificação de oportunidades, a importância desta pesquisa está no próprio processo sistemático de avaliação das etapas, os quais permitiram traçar um diagnóstico atual até então desconhecido das atividades operacionais da cooperativa. Espera-se que esta pesquisa estimule e contribua para disseminação dos conhecimentos de P+L na reciclagem, principalmente em outros ambientes cooperativos na qual apresenta restrições técnicas, econômicas e estruturais.

As principais limitações desta pesquisa são a utilização de um caso único, devido à inexistência de cooperativas similares na área geográfica estudada, foco da pesquisa nas etapas características de planejamento, na qual as oportunidades apesar de terem sido avaliadas, não foram realizadas avaliações aprofundadas e quantitativas das questões econômicas e ambientais e nem foram aplicadas, monitoradas e identificadas os efetivos resultados. Assim, em trabalhos futuros sugere-se realizar:

- Definição e quantificação de indicadores de impactos ambientais;
- Avaliação técnica, econômica e ambiental das oportunidades de produção mais limpa identificadas;
- Quantificação das emissões de gases, material particulado e ruídos;
- Análise do sistema de compras e vendas da cooperativa e sua influência no processo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C.M.V.B.; AGOSTINHO, F.; GIANNETTI, B.F.; HUISINGH, D. Integrating cleaner production into sustainability strategies: an introduction to this special volume. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 96, p. 1-9, 2015.

AL-SALEM, S.M; LETTIERI, P; BAEYENS, J. The valorization of plastic solid waste (PSW) by primary to quaternary routes: from re-use to energy and chemicals. **Progress in Energy and Combustion Science**, [S.I.], v. 36, p. 103-129, 2010.

AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL (ACC). **Plastics: How Plastics Are Made**. Disponível em: <<https://plastics.americanchemistry.com/How-Plastics-Are-Made/>>. Acesso em: 20 jul. 2016a.

AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL (ACC). **Plastics: Lifecycle of a Plastic Product**. Disponível em: <<https://plastics.americanchemistry.com/Life-Cycle/#uses>>. Acesso em: 20 de jul. 2016b.

AQUINO, I. F. de; CASTILHO JUNIOR, A.B. de; PIRES, T. S. de . L.; A organização em rede dos catadores de materiais recicláveis na cadeia produtiva reversa de pós-consumo da região da grande Florianópolis: uma alternativa de agregação de valor. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 16, n. 1, p. 15-24, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO – ABIPLAST. **Perfil 2014 – Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico**. Disponível em: <http://file.abiplast.org.br/download/links/2015/perfil_abiplast_2014_web.pdf>. Acesso em: 09 Ago. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO – ABIPLAST. **Perfil 2015 – Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico**. Disponível em: <<http://www.abiplast.org.br/site/publicacoes/perfil-2015>>. Acesso em: 12 de Jul. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E REÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. 2015. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/noticias_detalhe.cfm?NoticiasID=2250>. Acesso em: 10 Jul. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13230: Embalagens e acondicionamento plásticos recicláveis - Identificação e simbologia**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIATION OF PLASTICS MANUFACTURERS – Plastics Europe. **The Unknown life of Plastics**. Disponível em: <<http://www.plasticseurope.org/Document/the-unknown-life-of-plastics---january-2016.aspx?FolID=2>>. Acesso em: 03 de Fev. 2016.

BAPTISTA, V.F. As políticas públicas de coleta seletiva no município do Rio de Janeiro: onde e como estão as cooperativas de catadores de materiais recicláveis? **Revista Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 49, n. 1, p. 141-164, 2015.

BARANA, A.C; BOTELHO, V.M.B; WIECHETECK, G. K; DOLL, M.M.R; SIMÕES, D.R.S. Rational use of water in a poultry slaughterhouse in the state of Paraná, Brazil: a case study. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.1, p.171-178, 2014.

BARBIERE, J.C. **Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos, Modelos e Instrumentos**. 2º ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

BESEN, G.R; RIBEIRO, H.R; GÜNTHER, W.M.R; e JACOBI, P.R. Coleta seletiva na Região Metropolitana de São Paulo: impactos da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 259-278, 2014.

BIOLCHINI, J.C.A; MIAN, P.G; NATALI, A.C.C; CONTE, T.U; TRAVASSOS, G.H. Scientific research ontology to support systematic review in software engineering. **Advanced Engineering Informatics**, [S.I], v. 21, n.2, 2007, p. 133-151.

BONILLA, S.H.; ALMEIDA, C.M.V.B.; GIANNETTI, B.F.; HUISINGH, D. The roles of cleaner production in the sustainable development of modern societies: an introduction to this special issue. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 18, p. 1-5, 2010.

BRASIL. **Lei nº 12.305/2010**, de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos, 2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 03 ago. 2015.

BRASIL. **Lei Nº 5.764**, de 16 de dezembro de 1971. Define a Política Nacional de Cooperativismo, institui o regime jurídico das sociedades cooperativas, e dá outras providências. Brasília: 1971.

BRASIL. **Portaria Nº 397**, de 09 de outubro de 2002. Aprova a Classificação Brasileira de Ocupações – CBO/2002, para uso em todo território nacional e autoriza a sua publicação. Disponível em: <<http://www.mteco.gov.br/cbsite/pages/legislacao.jsf>>. Acesso em: 14 de jun. 2016.

BREMS, A; BAEYENS, J; DEWIL, R. Recycling and recovery of post-consumer plastic solid waste in a European context. **Thermal Science**, [S.I], v. 16, n. 3, p. 669-685, 2012.

BRIÃO, V.B; TAVARES, C.R.G. Effluent generation by the dairy industry: preventive attitudes and opportunities. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, [S.I.], v. 24, n. 4, p. 487-497, 2007.

CALIA, R.C; GUERRINI, F.M. Estrutura organizacional para a difusão da Produção Mais Limpa: uma contribuição da metodologia seis sigma na constituição de redes intra-organizacionais. **Gestão & Produção**, [S.I.], v.13, n.3, p.531-543, 2006.

CALIA, R, C; GUERRINI, F.M; CASTRO, M. The impact of Six Sigma in the performance of a Pollution Prevention program. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v.17, 1303–1310, 2009.

CAMPOS, H.K.T. Recycling in Brazil: Challenges and prospects. **Resources, Conservation and Recycling**, [S.I], v. 85, p. 130-138, 2014.

CARMO, M.S. do; OLIVEIRA, J.A.P. de. The semantics of Garbage and the Organization of the recyclers: Implementation Challenges for establishing recycling cooperatives in the city of Rio de Janeiro, Brazil. **Resources, Conservations and Recycling**, [S.I.], v. 54, p. 1261-1268, 2010.

CENTRAL DE COOPERATIVAS E EMPREENDIMENTOS SOLIDÁRIOS NO RS - UNISOL-RS. **Diferença entre Associação x Cooperativa x Empresa**. 2013. Disponível em: <<https://unisolrs.wordpress.com/2013/08/21/289/>>. Acesso em 15 Jul. 2016.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS - CNTL. **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. Apostila. Porto Alegre, 2003. 46p.

COBRA, R.L.R.B; GUARDIA, M.; QUEIROZ, G.A; OLIVEIRA, J.A; OMETTO, A.R; ESPOSTO, K.F. **Environmental Quality Management**, [S.I.], v?, p. 25-40, 2015.

COELHO, D.B; GODOY, A. S. De catadores de rua a recicladores cooperados: um estudo de caso sobre empreendimentos solidários. **Revista Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 3, p. 721-749, 2011.

COELHO, H.M.G.; LANGE, L.C.; COELHO, L.M.G. Proposal of an environmental performance index to assess solid waste treatment technologies. **Waste Management**, [S.I.], v. 32, p. 1473-1481, 2012.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO - CMMAD. **Nosso Futuro Comum**. 2ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB; SINDICATO DA INDÚSTRIA DE MATERIAL PLÁSTICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SINDIPLAST. **Guia ambiental da indústria de transformação e reciclagem de materiais plásticos**. Recurso eletrônico. São Paulo, 2011, 96p.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM – CEMPRES. 2016. **Ciclosoft 2016**. Disponível em < <http://cempre.org.br/ciclosoft/id/8>.> Acesso em: 10 Jul. 2016.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. D. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. “**In**”: 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto - CBGDP. Anais... Porto Alegre, 2011, p.1-12.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS – DIEESE. **O que é Economia Solidária?** 2016a. Disponível em: < <http://ecosol.dieese.org.br/o-que-e-a-economia-solidaria.php>>. Acesso em: 15 Jul. 2016.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS – DIEESE. **Indicadores**. 2016b. Disponível em: < <http://ecosol.dieese.org.br/indicadores.php>>. Acesso em: 15 Jul. 2016.

DOMINGES, R.M; PAULINO, S.R. Potencial para implantação da produção mais limpa em sistemas locais de produção: o polo joalheiro de São José do Rio Preto. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 16, n. 4, p. 691-704, 2009.

EISENHARDT, K. M. Building Theories from Case Research. **Academy of Management Review**, [S.I.], vol. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.

ELKINGTON, J. Partnerships from cannibals with forks: the triple bottom line of 21 st-century business. **Environmental Quality Management**, 8 (1), 37 – 51. Autumn (fall), 1998. Article first published online: 2007.

FARIA, F. P; PACHECO, E. B. A. V. A reciclagem de plástico a partir de conceitos de Produção Mais Limpa. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, [S.I.], Ano 6, n° 3, p. 93-107, 2011.

FERRI, G.L.; CHAVES, G.L.D.; RIBEIRO, G.M. Reverse logistics network for municipal solid waste management: The inclusion of waste pickers as a Brazilian legal requirement. **Waste Management**, [S.I.], v. 40, p. 173–191, 2015.

FIDELIS, R.; FERREIRA, M.A; e COLMENERO, J.C. Selecting a location to install a plastic processing center: Network of recycling cooperatives. **Resources, Conservation and Recycling**, [S.I.], v. 103, p. 1–8, 2015.

FILARDI, F., SIQUEIRA, E.S., BINOTTO, E. Os catadores de resíduos e a responsabilidade socioambiental: a percepção sobre seu lugar social. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 17-35, 2011.

FRANÇA FILHO, G.C. A temática da economia solidária e suas implicações originais para o campo dos estudos organizacionais. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v.37, n.1, p. 11-31, 2003.

FRANÇA FILHO, G.C. Terceiro setor, economia social, economia solidária e economia popular: traçando fronteiras conceituais. **Bahia Análise de Dados**, Salvador, v.12, n.1 p. 9-19, 2002.

FERGUTZ, O.; DIAS, S.; MITLIN, D. Developing urban waste management in Brazil with waste picker organizations. **Environment & Urbanization**, [S.I.], v. 23, n. 2, p. 597–608, 2011.

GAIGER, L.I. A economia solidária e a revitalização do paradigma cooperativo. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, [S.I.], v. 50, p. 499-533, 2013.

GAIGER, L.I. A outra racionalidade da economia solidária: conclusões do primeiro Mapeamento Nacional no Brasil. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, [S.I.], v. 79, p. 57-77, 2007.

GIANNETTI, B.F.; BONILLA, S.H.; SILVA, I.R, ALMEIDA, C.M.V.B. Cleaner production practices in a medium size gold-plated jewelry company in Brazil: When little changes make the difference. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 16, p. 1106-1117, 2008.

GIANNETTI, B.F; AGOSTINHO, F; MORAES, L.C; ALMEIDA, C.M.V.B; ULGIATI, S. Multicriteria cost – benefit assessment of tannery production: the need for breakthrough

process alternatives beyond conventional technology optimization. **Environmental Impact Assessment Review**, [S.I.], v. 54, p. 22-38, 2015.

GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GONÇALVES-DIAS, S.L.F; **Catadores**: Uma perspectiva de sua inserção no campo da indústria de reciclagem. 2009. 298f. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental). Universidade de São Pulo, São Paulo, 2009.

GOMES, G.M.F; MENDES, T.F; WADA, K.. Reduction in toxicity and generation of slag in secondary lead process. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 19, 2011, p. 1096-1103.

GOMES, G.M.F; VILELA, A.C.F; ZEN, L.D; OSORIO, E. Aspects for a cleaner production approach for coal and biomass use as a decentralized energy source in Southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 47, p. 85-95, 2013.

GUIMARAES, J.C.F; SEVERO, E.A; VIEIRA, P.S. Cleaner production, project management and strategic drivers: an empirical study. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 141, p. 881-890, 2017.

GUTBERLET, J. Cooperative urban mining in Brazil: Collective practices in selective household waste collection and recycling. **Waste Management**, [S.I.], v. 45, p. 22–31, 2015b.

GUTBERLET, J. More inclusive and cleaner cities with waste management co-production: Insights from participatory epistemologies and methods. **Habitat International**, [S.I.], v.46, p. 234-243, 2015a.

GUTBERLET, J; BAEDER, A.M; PONTUSCHKA, N.N.; FELIPONE, S.M.M.; SANTOS, T.L.F. dos. Participatory Research Revealing the Work and Occupational Health Hazards of Cooperative Recyclers in Brazil. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, [S.I.], v. 10, p. 4607-4627, 2013.

HAMAD, K; KASEEM, M; DERI, F. Recycling of waste from polymer materials: An overview of the recent works. **Polymer Degradation and Stability**, [S.I.], v. 98, p. 2801-2812, 2013.

HOPEWELL, J; DVORAK, R; KOSIOR, E. Plastic recycling: challenges and opportunities. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, [S.I.], v. 364, p. 2115-2126, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Cidades. 2015. Disponível em < <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=355220>>. Acesso em 30 Jun. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA – IPEA. 2013. **Situação Social das catadoras e dos catadores de material reciclável e reutilizável –Brasil**. Brasília: 2013. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=20986&Itemid=9>. Acesso em: 25 de Ago. 2015.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA – IPEA. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**: diagnóstico dos resíduos urbanos, agrosilvopastoris e a questão dos catadores. Brasília: 2012. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/120425_comunicadoipea0145.pdf>. Acesso em: 25 Ago. 2015.

INSTITUTO SOCIO-AMBIENTAL DOS PLÁSTICOS – Plastivida. 2012. **Brasil recicla 21% dos plásticos**. Disponível em: <http://www.plastivida.com.br/2009/Releases_091.aspx>. Acesso em: 10 de Ago. 2015.

IRITANI, D.R.; SILVA, D.A.L.; SAAVEDRA, Y.M.B.; GRAEL, P.F.F.; OMETTO, A.R. Sustainable strategies analysis through Life Cycle Assessment: a case study in a furniture industry. **Journal Of Cleaner Production**, [S.I.], v. 96, p. 308-318, 2015.

JESUS, F.S.M. de; BARBIERI, J.C. Atuação de cooperativas de catadores de materiais recicláveis na logística reversa empresarial por meio de comercialização direta. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 7, n. 3, p. 20-36, 2013.

KING, M.F., GUTBERLET, J. Contribution of cooperative sector recycling to greenhouse gas emissions reduction: A case study of Ribeirão Pires, Brazil. **Waste Management**, [S.I.], v. 33, p. 2771–2780, 2013.

KIST, L.T.; MOUTAQI, S.E.; MACHADO, E.L. Cleaner production in the management of water use at a poultry slaughterhouse of Vale do Taquari, Brazil: a case study. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 17, p. 1200-1205, 2009.

KUBOTA, F.I.; ROSA, L.C. Identification and conception of cleaner production opportunities with the Theory of Inventive Problem Solving. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 47, p. 199-210, 2013.

LAYARGUES, P. **O cinismo da reciclagem**: o significado ideológico da reciclagem da lata de alumínio e suas implicações para a educação ambiental. LOUREIRO, F.; LAYARGUES, P.; CASTRO, R. (Orgs.). Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania. São Paulo: Cortez, 2002, 179-220.

LEITE, S. A.F.; LEITE, B.S.; ISOLA, A.T.P.D; FREITAS, L.S.F.; SOUZA, J.K.S. Application of Cleaner Production Methodology to Evaluate the Generation of Bioenergy in a Small Swine Farm. **Chemical Engineering Transactions**, [S.I.]. v. 39, p. 589-594, 2014.

LEVY, Y.; ELLIS, T.J. A system approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. **Informing Science Journal**, [S.I.], v.9, 2006, p.181-212.

MAGNI, A.A.C.; GÜNTHER, W.M.R. Cooperativas de catadores de materiais recicláveis como alternativa à exclusão social e sua relação com a população de rua. **Saúde & Sociedade**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 146-156, 2014.

MANZAN, R; MIYAKE, D.I. A Study on Alternative Approaches to Instill Environmental Concerns in the Domain of Production Management of Industrial Firms. **Journal Technology Management innovation**, [S.I.], v. 8, n. 3, p. 198-207, 2013.

MASSOTE, C.H.R.; SANTI, A.M.M. Implementation of a cleaner production program in a Brazilian wooden furniture factory. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 46, p. 89-97, 2013.

MEDEIROS, L.F.R.; MACÊDO, K.B. Catador de material reciclável: uma profissão para além da sobrevivência? **Psicologia & Sociedade**, [S.I.], v. 18, n. 2, p. 62-71, 2006.

MEDINA, M. Scavenger cooperatives in Asia and Latin America. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v. 31, p. 51-69, 2000.

MEDINA, M. Solid Wastes, Poverty and the Environment in Developing Country Cities. **World Institute for Development Economics Research**. Working paper n 2010/23. Disponível em: <www.wider.unu.edu>. Acesso: 15 jun. 2016.

MIGUEL, P.A.C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**. [S.I.], v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

MOLINARI, M.A; QUELHAS, O.L.G; NASCIMENTO FILHO, A.P. Avaliação de oportunidades de produção mais limpa para a redução de resíduos sólidos na fabricação de tintas. **Produção**, [S.I.], v. 23, n. 2, p. 364-374, 2013.

NAMORADO, R. **Cooperativismo- um horizonte possível**. Oficina do CES, 229, 2005. Disponível em: <www.ces.uc.br/publicações/oficina/ficheiros/229.pdf>. Acesso em: 20 de julho de 2016.

OLIVEIRA, J.F.G. de; e ALVES, S.M. Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando Produção mais Limpa como estratégia de gestão ambiental. **Produção**, [S.I.], v. 17, n. 1, p. 129-138, 2007.

OLIVEIRA, J.A.; OLIVEIRA, O.J.; OMETTO, A.R.; CAPPARELLI, H.F. Guidelines for the integration of EMS based in ISO 14001 with Cleaner Production. **Production**, [S.I.], v. 26, n. 2, p. 273-284, 2016a.

OLIVEIRA, J.A; OLIVEIRA, O.J; OMMETTO, A.R, FERRAUDO, M.H.S. Environmental Management System ISO 14001 factors for promoting thew adoption of cleaner production practices. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 133, p. 1384-1394, 2016b.

OLIVEIRA NETO, C.G; SHIBAO, Y.F; GODINHO FILHO, M. CHAVES, L.E.C. Produção mais limpa: estudo da vantagem ambiental e econômica na reciclagem de polímeros. **Interciencia**, Venezuela, vol. 40, n. 6, p. 364-373, 2015a.

OLIVEIRA NETO, G.C; GODINHO FILHO, M; GANGA, G.M.D; NAAS, I.A; VENDRAMETTO, O. Princípios e ferramentas da produção mais limpa: um estudo exploratório em empresas brasileiras. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 22, n. 2, p. 326-344, 2015b.

OLIVEIRA NETO, G.C. de; GODINHO FILHO, M; VENDRAMETTO, O; GANGA, G.M.D; NAAS, I.A. Governança corporativa voltada à Produção Mais Limpa: influência dos stakeholders. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 22, n. 1, p. 181-200, 2015c.

OLIVEIRA NETO, G.C. de; VENDRAMETTO, O; NAAS, I.A; PALMERI, N.L; LUCATO, W.C. Environmental impact reduction as a result of cleaner Production implementation: a case study in the truck industry. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v.129, p. 681-692, 2016.

OLIVEIRA NETO, G.C; LEITE, R.R; SHIBAO, F.Y; LUCATO, W.C. Framework to overcome barriers in the implementation of cleaner production in small and medium-sized enterprises: multiple case studies in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 142, p. 50-62, 2017.

OLIVEIRA-ESQUERRE, K.P.; KIPERSTOK, A.; MATTOS, M.C.; COHIM, E.; KALID, R.; SALES, E.A.; PIRES, V.M. Taking advantage of storm and waste water retention basis as part of water use minimization in industrial sites. **Resources, Conservation and Recycling**, [S.I.], v. 55, p. 316-324, 2011.

PACHECO, E.B.A.V.; RONCHETTI, L.M.; MASANET, E. An overview of plastic recycling in Rio de Janeiro. **Resources, Conservation and Recycling**, [S.I.], v. 60, p. 140– 146, 2012.

PETERSEN, F; SOUZA, T.G, de; LOPES, A.A. Relações entre autogestão e cidadania: o papel da participação em uma cooperativa na construção da identidade de cidadão. **Psicologia & Sociedade**, [S.I.], v. 26, n. 2, p. 483-495, 2014.

PIMENTA, H.C.D; GOUVINHAS, R.P. A produção mais limpa como ferramenta da sustentabilidade empresarial: um estudo no estado do Rio Grande do Norte. **Produção**, [S.I.], v. 22, n. 3, p. 462-476, 2012.

RIBEIRO, F.M; KRUGLIANSKAS, I. Improving environmental permitting through performance – based regulation: a case study of São Paulo State, Brazil. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 46, p. 15-26, 2013.

RIBEIRO, L.C.S.; FREITAS, L.F.S.; CARVALHO, J.T.A.; OLIVEIRA FILHO, J.D. Aspectos econômicos e ambientais da reciclagem: um estudo exploratório nas cooperativas de catadores de material reciclável do Estado do Rio de Janeiro. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 24, n. 1, p. 191-214, 2014.

ROBINS, F. The Challenge of TBL: A Responsibility to Whom? **Business and Society Review**, v. 111, n. 1, 2006, p. 1-14.

RUTKOWSKI, J.E.; RUTKOWSKI, E.W. Expanding worldwide urban solid waste recycling: The Brazilian social technology in waste pickers inclusion. **Waste Management & Research**, [S.I.], v. 33, n. 12, p. 1084–1093, 2015.

SANTOS, F.F; FONTES, A.R.M; MORIS, V.A.S; SOUZA, R.L.R. Atores da cadeia de reciclagem: influência e impactos na atividade de triagem de materiais em uma cooperativa de Sorocaba-SP. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 85 – 101, 2016.

SÃO PAULO. **Lei Complementar nº 1.241**, de 8 de maio de 2014. Cria a região Metropolitana de Sorocaba e dá providências. 2014.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO A MICRO E PEQUENA EMPRESA – SEBRAE. **A produção mais limpa na micro e pequena empresa**. 2005. Centro Nacional de Produção Mais Limpa Senai-RS. Disponível em: <http://www7.fiemg.com.br/Cms_Data/Contents/central/Media/Documentos/Produtos/Cartilha-Producao-Mais-Limpa.pdf> Acesso em: 20 Mar 2016.

SEVERO, E.A.; GUIMARAES, J.C.F. de.; DORION, E.C.H.; NODARI, C.H. Cleaner production, environmental sustainability and organizational performance: an empirical study in the Brazilian Metal-Mechanic industry. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 96, p. 118-125, 2015.

SEVERO, E.A.; GUIMARAES, J.C.F.; DORION, E.C.H. Cleaner Production and environmental management as sustainable product innovation antecedents: a *survey* in Brazilian industries. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 142, p. 87-97, 2017.

SILVA, A.L.E.; MORAES, J.A.R.; MACHADO, E.L. Proposta de produção mais limpa voltada às práticas de Ecodesign e logística reversa. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.I.], v.20, n.1, p.29-37, 2015.

SILVA, D.A.L.; DELAI, I.; CASTRO, M.A.S. de. OMETTO, A.R. Quality tools applied to Cleaner Production programs: a first approach toward a new methodology. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 47, p. 174-187, 2013.

SILVA, D.A.L.; PAVAN, A.L.R.; OLIVEIRA, J.A.; OMETTO, A.R. Life cycle assessment of offset paper production in Brazil: hotspots and cleaner production alternatives. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 93, p. 222-233, 2015.

SILVA, E.A. da; MOITA NETO, J.M. Logística Reversa nas Indústrias de Plásticos de Teresina-PI: Um Estudo de Viabilidade. **Polímeros**, [S.I.], v. 21, n 3, p. 246-251, 2011.

SILVA, E.L. da; MENEZES, E.M. **Metodologia de pesquisa e elaboração de dissertação**. 4 ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SILVA, G.C.S. da; MEDEIROS, D. D. Metodologia de Checkland aplicada à implementação da Produção Mais limpa em serviços. **Gestão & Produção**, São Carlos, v.13, n.3, p.411-422, 2006.

SILVESTRE, B.S.; SILVA NETO, R. Are cleaner production innovations the solution for small mining operations in poor regions? The case of Padua in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 84, p. 809-817, 2014.

SINGER, P. Desenvolvimento capitalista e desenvolvimento solidário. **Estudos Avançados**, [S.I.], v.18, n. 51, p. 7-22, 2004.

SINGER, P. **Introdução à economia solidária**. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2002.

SLACK, N; CHAMBERS, S; HARLAND, C; HARRISON, A; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 1º ed. compacta – 10 reimpr. São Paulo: Atlas, 2006.

SOUZA, M.T.S. de; PAULA, M.B. de; SOUZA-PINTO, H. de. O papel das cooperativas de reciclagem nos canais reversos pós-consumo. **Revista Administração de Empresas**, São Paulo, v. 52, n. 2, p. 246-262, 2012.

SPINACÉ, M.A. da; PAOLI, M.A. de. A tecnologia da reciclagem de polímeros. **Química Nova**, [S.I.], v. 28, n. 1, p. 65-72, 2005.

TIRADO-SOTO, M.M., ZAMBERLAN, F.L. Networks of recyclable material waste-picker's cooperatives: An alternative for the solid waste management in the city of Rio de Janeiro. **Waste Management**, [S.I.], v. 33, p. 1004–1012, 2013.

TOSO, E. A. V; ALEM, D. Effective location models for sorting recyclables in public management. **European Journal of Operational Research**, [S.I.], v. 234, p. 839-860, 2014.

TUBINO, D.F. **Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 2007.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP (2016). **Resource Efficient and Cleaner Production**. Disponível em: < <http://www.unep.fr/scp/cp/>> Acesso em: 02 Fev.2016.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. **Guidance Manual: How to Establish and Operate Cleaner Production Centres**. Áustria, 2004. Disponível em: < <http://www.unep.fr/scp/publications/details.asp?id=WEB/0072/PA>>. Acesso em: 12 Jun. 2016.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP; INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION – ISWA. 2015. **Global Waste Management Outlook**. Disponível em: < <http://www.iswa.org/nc/home/news/news-detail/browse/1/article/press-release-global-waste-management-outlook-gwmo/109/>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION – UNIDO. **Manual on the Development of Cleaner Production Policies** — Approaches and Instruments. Vienna: UNIDO, 2002.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA (2015). Pollution Prevention. Disponível em: < <http://www2.epa.gov/p2/learn-about-pollution-prevention#why>> Acesso em: 15 Mai. 2015

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. Principles of Pollution Prevention and Cleaner Production: An International Training Course (Participant's Manual). USEPA: People's Republic of China Version, 1998.

VIANA, R. C. G. Rede Solidária Cata-Vida: construindo a sustentabilidade dos empreendimentos econômicos solidários dos catadores de materiais recicláveis na região de Sorocaba/SP. **Inclusão Social**, Brasília, v. 6, n.1, p. 78-83, 2012.

VIEIRA, L.C; e AMARAL, F.G. Barriers and strategies applying Cleaner Production: a systematic Review. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 113, p. 5-16, 2016.

VOSS, C; TSIKRIKTSIS, N; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, [S.I.], v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002.

WILLERS, C.D.; FERRAZ, S.P.; CARVALHO, L.S.; RODRIGUES, L.B. Determination of indirect water consumption and suggestions for cleaner production initiatives for the milk-production sector in a Brazilian middle-sized dairy farming. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 72, p. 146-152, 2014.

WOLFF, E.; SCHWABE, W.K.; CONCEIÇÃO, S.V. Utilization of water treatment plant sludge in structural ceramics. **Journal of Cleaner Production**, [S.I.], v. 96, 2015 p. 282-289.

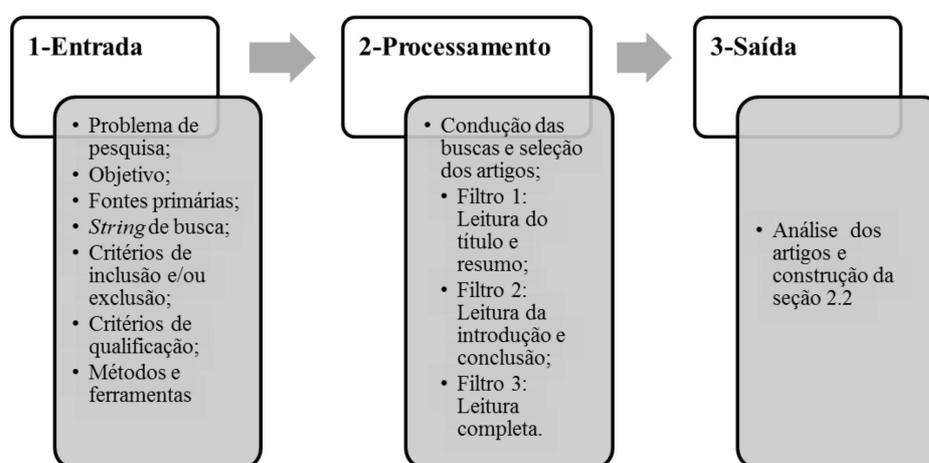
YIN, R. K. **Estudo de Caso - Planejamento e Método**. 2 ed. São Paulo: Bookman, 2001.

APÊNDICE - A

ETAPAS DA RBS: COOPERATIVAS DE RECICLAGEM

Este Apêndice refere-se à descrição das etapas adotadas na RBS da seção 2.2, na qual se discute sobre as cooperativas de reciclagem. Para a realização da RBS, adotou-se como referência o trabalho de Conforto, Amaral & Silva (2011). A Figura 44 apresenta as etapas da RBS com foco nas cooperativas de reciclagem e trata-se de uma representação do modelo proposto por Conforto, Amaral e Silva (2011), com uma adaptação na fase 2 de processamento para uma melhor identificação das etapas dessa fase.

FIGURA 44 – Etapas da RBS: cooperativas de reciclagem



Fonte: Adaptado de Conforto, Amaral & Silva (2011)

A seguir são descritas as etapas da RBS adotadas neste estudo.

Fase 1: Entrada

A Fase 1 de entrada consiste no planejamento da RBS e é constituída por sete etapas:

ETAPA I – Identificar o problema de pesquisa – Qual o papel desempenhado pelas cooperativas na cadeia de reciclagem do Brasil? Como se caracteriza o ambiente social, ambiental, político e econômico nos quais as cooperativas de reciclagem estão inseridas?

ETAPA II – Objetivo – Identificar estudos que discutem sobre a origem e as características das cooperativas de reciclagem no Brasil.

ETAPA III – Definição de fontes primárias – Antes de pesquisar as publicações de forma sistematizada, realizou-se uma busca preliminar e não sistemática por publicações que discutiam sobre as cooperativas e sobre a reciclagem. Essa busca incluiu artigos, dissertação e livros, sendo importante para a definição das palavras-chave de busca em bases de dados e dos principais pontos a serem discutidos na revisão. As publicações selecionadas foram:

Gonçalves-Dias (2009), Singer (2002, 2004), França Filho (2002; 2003), Gaiger (2007), Medina (2000; 2010), Namorado (2005) e Pacheco, Ronchetti, Masanet (2012).

ETAPA IV – *String* de busca – trata-se dos termos adotadas para a realização das buscas das publicações. Para a definição da *String* de busca, foi necessário definir as palavras-chave e as bases de dados de pesquisa. As bases de dados definidas foram *Isi Web of Knowledge* e *Scopus*. As palavras-chave foram definidas com base nas fontes primárias e pelas palavras relacionadas que foram exibidas na base de dados *Scopus*. O Quadro 12 apresenta a *String* de busca inserida nas bases de dados para a RBS: cooperativas de reciclagem.

QUADRO 12 – *String* de busca em base de dados para a RBS: cooperativas de reciclagem

Base de dados	<i>String</i>
ISI web of knowledge e Scopus	((("cooperative" OR "cooperatives" OR "cooperativism" OR "solidarity economy" OR "solidary economy" OR "solidary enterprise" OR "selective collection" OR "waste picker") AND ("recycling" OR "recovery" OR "reuse" OR "recyclable" OR "municipal solid waste" OR "solid waste legislation" OR "solid waste" OR "waste management" OR "reverse logistic" OR "logistic chain" OR "networking" OR "polymer" OR "plastic" OR "polymeric"))

Fonte: Elaboração Própria

ETAPA V – Critérios de Inclusão/Exclusão de publicações– para uma melhor seleção das publicações a serem analisadas foram definidos alguns critérios de inclusão e exclusão. Esses critérios estão baseados no problema de pesquisa (Etapa I) e no objetivo (Etapa II) e podem ser verificados no Quadro 13.

QUADRO 13 - Critérios de inclusão e exclusão da RBS: cooperativas de reciclagem

Inclusão	Exclusão
1- Pesquisa aplicada ao contexto brasileiro; 2-Em formato de artigo, por se tratar de pesquisas que geralmente há uma maior difusão e acessibilidade para a comunidade acadêmica e profissional; 3-Disponíveis para <i>download</i> de forma completa dentro da base dados de acesso livre na UFSCar; 4-Publicados em periódicos (<i>journals</i> e revistas); 5-Periódicos que possuem indicador SJR listado no site da SCImago Journal & Country Rank (http://www.scimagojr.com); 7-Estudos que focam nas cooperativas de reciclagem; 8-Escritos em português ou inglês.	1-Disponibilidade apenas online e sem acesso direto pelas bases de dados pré-definidas; 2-Acesso parcial ao conteúdo; 3-Artigos publicados apenas em congressos; 4-Artigos sobre resíduos eletroeletrônicos; 5-Pesquisas da área de saúde; 6-Estudos que não discutem sobre catadores, cooperativas ou empreendimentos econômicos solidários; 7-Estudos sobre outros tipos de cooperativas (agrícola, por exemplo);

Fonte: Elaboração própria

ETAPA VI – Critérios de qualificação – utilizados para caracterizar os estudos selecionados e verificar a sua importância para esta pesquisa. Desse modo, buscou-se analisar

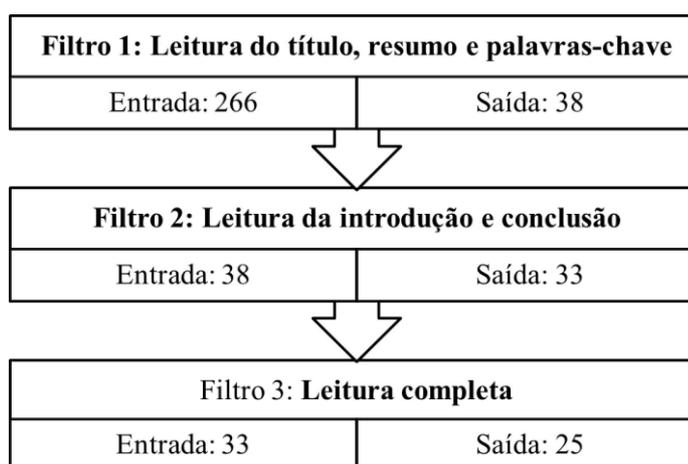
os objetivos do estudo, como foi fundamentado (se apresenta características gerais sobre a reciclagem, organização dos catadores, histórico e leis) e as principais contribuições.

ETAPA VII – Métodos e Ferramentas – envolveu a definição do método de busca, refinamento e as ferramentas utilizadas. O método de busca consistiu na inserção da *String* de busca nas bases de dados definidas na Etapa IV. Em seguida, os trabalhos foram refinados considerando os critérios de inclusão/exclusão da Etapa V. As ferramentas utilizadas para auxiliar o processamento e análise dos resultados foram: as bases de dados (*Isi web of knowledge* e Scopus) para a obtenção das publicações, a base de informação do indicador SJR (<http://www.scimagojr.com>), o software gerenciador de referências Mendeley e o Microsoft Excel para organizar as informações sobre as publicações selecionadas.

Fase 2: Processamento

Esta fase consistiu na busca e seleção dos artigos. Foram pesquisados artigos publicados de 2000 a junho de 2016, considerando o formato de artigo e países/territórios Brasil. A busca na Base de dados *Isi Web of Knowledge* resultou em um total de 127 artigos e na base de dados Scopus resultou em 139 artigos (excluindo-se a área de pesquisa “Life Science”). Portanto, obteve-se um total de 266 artigos que posteriormente foram submetidos a três filtros de seleção (refinamento da pesquisa). A Figura 45 mostra uma síntese das etapas de filtros dos artigos da RBS: cooperativas de reciclagem, identificando a quantidade de artigos analisados em cada filtro como entradas e saídas.

FIGURA 45 – Síntese das etapas de filtros da RBS “cooperativas de reciclagem”



Fonte: Elaboração própria

Ao analisar a Figura 35, verifica-se que a quantidade total de 266 artigos foi reduzida para 38 artigos no Filtro 1. Uma das justificativas para a grande redução da quantidade de artigos foi à exclusão de 30 trabalhos duplicados e 21 sem disponibilidade de acesso direto

pela rede da UFSCar. Além disso, a etapa de leitura dos títulos, resumo e palavras-chave procedeu nas próprias bases de dados e dentre os critérios de inclusão/exclusão analisados, parte desses trabalhos não estavam disponíveis para *Download*, possuíam apenas acesso online ou não se tratava de um trabalho completo. Os critérios de inclusão/exclusão definidos na Etapa V da Fase I de entradas foram considerados em todos os filtros realizados. É importante ressaltar que, para que não ocorresse exclusão de trabalhos relevantes, em caso de dúvida quanto ao seu alinhamento com os objetivos desta pesquisa, os mesmos foram mantidos para que pudessem ser analisados no próximo filtro. Para a execução do Filtro 2 e 3, foram realizados *downloads* dos artigos, coletados suas principais informações e listados em uma planilha Excel. Ao fim, foram selecionados 25 artigos para compor a RBS.

A partir da leitura dos artigos foi possível identificar outras referências que pudessem contribuir de alguma forma para o entendimento do tema. Algumas dessas referências não se enquadravam nos critérios de inclusão e exclusão, pois se tratavam de sites, manuais entre outros. Porém, foram consideradas devido ser de reconhecimento dos pesquisadores brasileiros ou se tratar de leis. Dentre essas referências pode-se citar o IPEA (2012; 2013), CETESB e SINDIPLAST (2011), BRASIL (1971; 2002; 2010), CEMPRE (2016).

Fase 3: Saída

A saída da RBS diz respeito à síntese e análise dos resultados dos 25 artigos resultantes do filtro 3 (Fase de processamento) e das referências (primárias e adicionais). Esta análise consiste na seção 2.2 em que são apresentadas as principais contribuições.

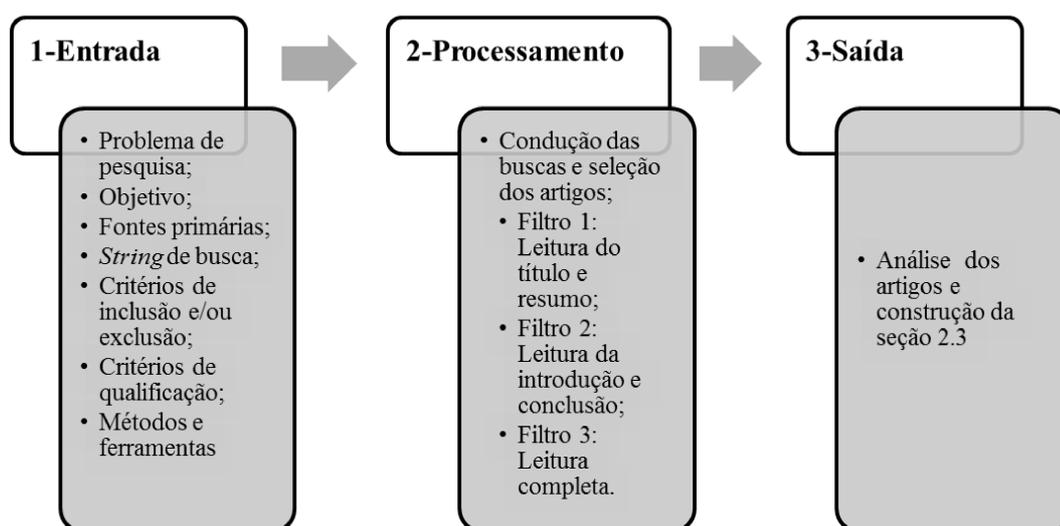
É importante ressaltar que apesar desta RBS ter sido direcionada para a seção 2.2, algumas referências foram importantes para a elaboração da seção 2.1 desta dissertação.

APÊNDICE - B

ETAPAS DA RBS: P+L

Este Apêndice refere-se à descrição das etapas adotadas na RBS da seção 2.3, na qual se discute sobre a P+L. Para a realização da RBS, adotou-se como referência o trabalho de Conforto, Amaral & Silva (2011). A Figura 46 apresenta as etapas da RBS com foco na Produção Mais Limpa e trata-se de uma representação do modelo proposto por Conforto, Amaral e Silva (2011), com uma adaptação na fase 2 de processamento para uma melhor identificação das etapas dessa fase.

FIGURA 46 – Etapas da RBS: P+L



Fonte: Adaptado de Conforto, Amaral & Silva (2011)

A seguir são descritas as etapas da RBS adotadas neste estudo.

Fase 1: Entrada

ETAPA I - Identificação do problema de pesquisa – Como a P+L tem sido abordada no Brasil?

ETAPA II – Objetivo – Apresentar os benefícios, barreiras e principais ferramentas integradas a P+L, baseando-se nas pesquisas brasileiras.

ETAPA III – Definição de fontes primárias – Antes de pesquisar as publicações de forma sistematizada, realizou-se uma busca preliminar e não sistemática por publicações que discutiam sobre a P+L. Essa busca incluiu artigos, manuais e livros, sendo importante para a definição das palavras-chave de busca em bases de dados e dos principais pontos a serem discutidos na revisão. As publicações selecionadas foram: CMMAD (1991), UNEP (2002;

2004), CNTL (2003), USEPA (1998, 2015), Barbieri (2007), CETESB e SINDIPLAST (2011), Elkington (1998) e Robins (2006), Silva et al (2013).

ETAPA IV – *String* de busca – trata-se dos termos adotadas para a realização das buscas das publicações. Para a definição da *String* de busca, foi necessário definir as palavras-chave e as bases de dados de pesquisa. As palavras-chave foram definidas com base nas fontes primárias. Desse modo, a partir da leitura das publicações da UNEP (2004; 2015) e dos estudos realizados por Silva et al. (2013) foram definidas as seguintes palavras-chaves: *Cleaner Production* (Produção Mais Limpa) e *Pollution Prevention* (Prevenção da Poluição). Trata-se de dois termos principais, uma vez que abrange uma variada quantidade de conteúdos. Além disso, a adoção do termo em inglês possibilita uma busca mais ampla dos trabalhos. Definiram-se como bases de dados para pesquisa o *Isi Web of Knowledge* e a base de dados *Scopus*. Partindo-se dessas informações, a *String* de busca a ser inserida nas bases foi: “*cleaner production*” OR “*pollution prevention*”.

ETAPA V – Critérios de Inclusão/Exclusão – para uma melhor seleção dos estudos a serem analisados foram definidos alguns critérios. Esses critérios podem ser verificados no Quadro 14.

QUADRO 14 – Critérios de inclusão e exclusão da RBS: P+L

Inclusão	Exclusão
1- Realizados por ou com pesquisadores brasileiros, respeitando o critério 1 de exclusão; 2- Em formato de artigo, por se tratar de pesquisas que geralmente há uma maior difusão e acessibilidade para a comunidade acadêmica e profissional; 3-Disponíveis para <i>download</i> de forma completa dentro da base dados de acesso livre na UFSCar; 4- Publicados em periódicos (<i>journal</i> e revistas); 5- Periódicos que possuem indicador SJR listado no site da <i>SCImago Journal & Country Rank</i> ; 6- Pesquisa aplicada (ao contexto brasileiro) ou de revisão de literatura; 7- Estudos que exploram a temática da P+L, discutindo-a e relacionando aos resultados do estudo (no caso de pesquisa aplicada); 8- No caso dos estudos que adotam o termo <i>pollution prevention</i> , foram considerados apenas os que utilizavam a terminologia correlacionada ou como sinônimo de P+L, assim como apontado pela UNEP (2004).	1- Estudos com participação de brasileiros, mas que não foi aplicado no Brasil quando a pesquisa é de caráter aplicado. Pois, se busca compreender a P+L no Brasil. 2- Disponibilidade apenas online e sem acesso direto pelas bases de dados pré-definidas; 3- Acesso parcial ao conteúdo; 4- Publicados apenas em congressos; 5-Que discutiam assuntos de maneira isolada, sem associa-los e contextualiza-los a abordagem da P+L como: reuso, reciclagem, tratamento de resíduos, gestão da cadeia de suprimentos, Avaliação do Ciclo de Vida, resíduos, etc. 6- Que não se referiam as questões de sistemas produtivos (manufatura e serviços) como: estudos de ciências biológicas, reino animal, etc.

Fonte: Elaboração Própria

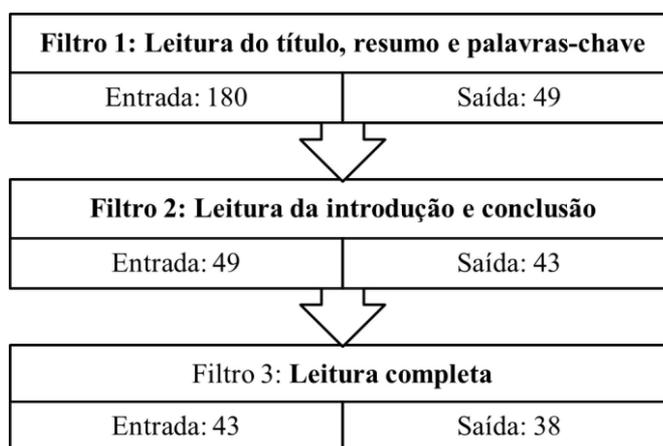
ETAPA VI – Critérios de qualificação – utilizados para caracterizar os estudos selecionados e verificar a sua importância para esta pesquisa. Desse modo, buscaram-se informações sobre o objetivo, setor de aplicação (quando aplicável) e principais temas abordados.

ETAPA VII – Métodos e Ferramentas – envolveu a definição do método de busca, refinamento e as ferramentas utilizadas. O método de busca consistiu na inserção da *String* de busca nas bases de dados definidas na Etapa IV. Em seguida, os trabalhos foram refinados considerando os critérios de inclusão/exclusão da Etapa V. As ferramentas utilizadas para auxiliar o processamento e análise dos resultados foram: as bases de dados (*Isi web of knowledge* e *Scopus*) para a obtenção das publicações, a base de informação do indicador SJR (<http://www.scimagojr.com>), o software gerenciador de referências Mendeley e o Microsoft Excel para organizar as informações sobre as publicações selecionadas.

Fase 2: Processamento

Esta fase consistiu na busca e seleção dos artigos. Foram pesquisados artigos publicados de 1990 a junho de 2016, considerando o formato de artigo e países/territórios Brasil. A busca na base de dados *Isi Web of Knowledge* resultou em um total de 84 artigos e na base de dados Scopus resultou em 96 artigos. Portanto, obteve-se um total bruto de 180 artigos que posteriormente foram submetidos a três filtros de seleção (refinamento da pesquisa). A Figura 47 mostra uma síntese das etapas de filtros dos artigos da RBS “Produção Mais Limpa”, identificando a quantidade de artigos analisados em cada filtro como entradas e saídas.

FIGURA 47 – Síntese das etapas de filtro da RBS: P+L



Fonte: Elaboração própria

Ao analisar a Figura 35, verifica-se que a quantidade bruta de 180 artigos foi reduzida para 49 artigos no Filtro 1. Uma das justificativas para a grande redução da quantidade de artigos é atribuída à existência de 37 trabalhos duplicados, resultando em 143 artigos. Além disso, a etapa de leitura dos títulos, resumo e palavras-chave procedeu nas próprias bases de dados e dentre os critérios de inclusão/exclusão analisados, parte desses trabalhos não estavam disponíveis para download, possuíam apenas acesso online ou não se tratava de um

trabalho completo. Os critérios de inclusão/exclusão definidos na Etapa V da Fase I de entradas foram considerados em todos os filtros realizados. É importante ressaltar que, para que não ocorresse exclusão de trabalhos relevantes, em caso de dúvida quanto ao seu alinhamento com os objetivos desta pesquisa, os mesmos foram mantidos para que pudessem ser analisados no próximo filtro. Para a execução do Filtro 2 e 3, foram realizadas *downloads* dos artigos, coletados suas principais informações e listados em uma planilha Excel. Ao fim, foram selecionados 38 artigos para compor a RBS.

Fase 3: Saída

A saída da RBS diz respeito à síntese e análise dos resultados dos 38 artigos resultantes do filtro 3 (Fase de processamento) e das referências primárias. Esta análise consiste na seção 2.3 em que são apresentadas as principais contribuições.

Atualização de busca

Em fevereiro de 2017 foi realizada uma nova busca por artigos nas bases de dados, considerando os critérios de inclusão e exclusão apresentados no Quadro 14 para o período de 2016 a fevereiro de 2017. Essa busca resultou em 23 artigos que apresentaram duplicação ou não estava alinhados com os propósitos desta pesquisa 4 artigos: (OLIVEIRA et al., 2016b; SEVEROLIVEIRA NETO et al., 2017; SEVERO; GUIMARÃES; DORION, 2017; GUIMARÃES; SEVERO; VIEIRA, 2017). Vale ressaltar que não foram identificados nenhum trabalho sobre o estudo de P+L em cooperativas, porém Faria e Pacheco (2011) fornecem importantes contribuições para o estudo do processo de reciclagem e a P+L.

APÊNDICE C

REFERÊNCIAS SELECIONADAS NA RBS: P+L

O Quadro 15 apresenta as referências, os objetivos, método de pesquisa e setor de aplicação (quando aplicável) dos artigos selecionados na RBS: P+L.

QUADRO 15- Referências selecionadas na RBS: P+L

Referência	Objetivo	Método De Pesquisa	Setor de Aplicação
Calia e Guerrini (2006)	Oferecer uma proposta que ajude os responsáveis por programas de P+L a melhorarem as estruturas e dinâmicas de suas redes organizacionais para aumentar a difusão da P+L.	Estudo de caso	Variadas linhas de produtos (manufatura)
Silva e Medeiros (2006)	Caracterizar o desenvolvimento e a aplicação da P+L na prestação de serviço, a partir da utilização da Metodologia de Checkland para estruturação de problemas.	Estudo de caso	Consultório Odontológico (serviço)
Brião e Tavares (2007)	Identificar oportunidades de redução dos impactos da carga e do volume no tratamento de efluentes de uma fábrica de laticínios.	Estudo de caso e Experimental	Laticínios
Oliveira e Alves (2007)	Apresentar a P+L como uma metodologia que auxilia as indústrias a obter uma boa gestão ambiental	Estudo de caso	Metal-Mecânico
Giannetti et al. (2008)	Relatar as experiências de uma empresa de joias de médio porte, localizada em São Paulo – Brasil, a fim de reduzir o desperdício e poluição.	Estudo de caso	Joias
Calia Guerrini e Castro (2009)	Identificar o impacto da implementação do Seis Sigma no desempenho de um programa de prevenção da poluição de uma companhia multinacional	Estudo de caso	Variadas linhas de produtos (manufatura)
Domingues e Paulino (2009)	Analisar as oportunidades para a integração da dimensão ambiental em um grupo de empresas do polo joalheiro de São José do Rio Preto – SP	Estudo de caso	Joias
Kirst, Moutaqi e Machado (2009)	Desenvolver uma estratégia para a gestão do uso da água, em conformidade com as leis brasileiras, a fim de oferecer alternativas para a redução do consumo de água e produção de águas residuais em um abatedouro de aves no sul do Brasil.	Estudo de caso	Frigorífico de Aves
Bonilla et al (2010)	Apresentar <i>insights</i> de pesquisa em artigos que cobrem uma ampla gama de perspectivas de práticas e estratégias de P+L relacionadas com a sustentabilidade na edição especial do Journal of Cleaner Production	Revisão	–
Gomes Mendes e Wada (2011)	Centrar-se na melhoria de uma planta de processamento de reciclagem de chumbo secundário, dando especial atenção à geração de escória de chumbo.	Estudo de caso e Experimental	Reciclagem de chumbo
Oliveira-Esquerre (2011)	Apresentar o desenvolvimento de tecnologias voltadas à minimização do consumo de água, partindo-se do reconhecimento das dificuldades enfrentadas pelo Estado da Bahia no que se refere ao abastecimento regular.	Estudo de caso	Químico Petroquímico Metalúrgico
Coelho, Lange e Coelho (2012)	Desenvolver e validar um índice de tratamento mais limpo (CTI), para avaliar o desempenho ambiental de tecnologias de tratamentos baseadas no conceito da P+L	Survey e Modelagem	Plantas de tratamento de resíduos (energia)
Pimenta e Gouvinhas (2012)	Avaliar a P+L como ferramenta da sustentabilidade	Estudo de caso	Panificação Têxtil e Serviços

Gomes et al (2013)	Analisar o uso do carvão no sul do Brasil em conjunto com a biomassa disponível na mesma região através da abordagem da P+L	Experimental	Energia
Kubota e Rosa (2013)	Detectar os processos críticos em três indústrias de laticínios e detalhar as características que influenciam na qualidade dos processos estudados	Estudo de caso	Laticínio
Manzan e Miyake (2013)	Organizar o conhecimento sobre modelos alternativos de produção com preocupações ambientais e fornecer orientações que podem ajudar os gestores a selecionar a abordagem mais adequada para o seu negócio..	Revisão	-
Massote e Santi (2013)	Relatar a experiência de implementação de um programa de P+L na divisão de painéis de uma fábrica de móveis.	Estudo de caso	Moveleiro
Molinari, Quelhas e Nascimento Filho (2013)	Avaliar três oportunidades de P+L para a redução dos resíduos gerados na fabricação de tintas anticorrosivas para revestimento	Estudo de caso	Tintas
Ribeiro e Krugglianskas (2013)	Fornecer novas evidências sobre a implementação e benefícios potenciais de um novo modelo regulatório baseado em desempenho em um país em desenvolvimento	Estudo de caso	Geral/ petroquímico
Silva et al. (2013)	Propor uma nova metodologia de P+L apoiada por uma integração sistemática das ferramentas da qualidade que possa ajudar na superar as barreiras de implementação da produção mais limpa.	Revisão	-
Barana et al (2014)	Identificar pontos de consumo excessivo de água e propor alternativas de gestão das fontes de água através da redução do consumo	Estudo de caso	Frigorífico de Aves
Leite et al. (2014)	Aplicar a metodologia da P+L em uma pequena granja de suínos com o objetivo de identificar os gargalos do processo (considerando os impactos ambientais) e propor soluções seguras e sustentáveis	Estudo de caso	Granja de Suíno
Silvestre e Silva Neto (2014)	Compreender a dinâmica por trás da região de mineração de Pádua, explorando as iniciativas de melhorias do desempenho de sustentabilidade liderado por organizações de apoio local, analisando seus resultados (inovações de P+L), e identificar algumas barreiras para adoção de tecnologias	Estudo de caso	Mineração
Willers et al. (2014)	Medir o consumo indireto de água durante o processo de ordenha em uma propriedade leiteira de médio porte para que a gestão ambiental dos recursos hídricos possa ser avaliada	Estudo de caso	Produção de leite
Almeida et al (2015)	Apresentar os artigos de um volume especial do Journal of Cleaner Production, destacando a importância que a pesquisa acadêmica possui para o planejamento sustentável, destacando a integração das iniciativas de P+L com conceitos de sustentabilidade e integrando eles com as definições de estratégia.	Revisão	-
Cobra et al. (2015)	Fornecer evidências atuais de como a P+L e o Lean manufacturing estão conectados.	Revisão	-
Giannetti et al. (2015)	Discutir a importância de uma abordagem multi-escala e multicritério voltada para os custos e benefícios das estratégias de P+L	Estudo de caso	Produção de curtume (couro)
Iritani et al (2015)	Analisar estratégias sustentáveis pela avaliação de desempenho ambiental de um guarda-roupa feito de painel de partículas de média densidade (MDF)	Estudo de caso	Moveleiro
Oliveira Neto et al (2015 ^a)	Avaliar a viabilidade ambiental e econômica na implantação da P+L em um fabricante de plásticos usando reciclagem em um ciclo fechado de polímeros	Estudo de caso	Fabricante de plástico

Oliveira Neto et al (2015b)	Avaliar a aplicação de princípios/ ferramentas da P+L utilizados em empresas brasileiras	<i>Survey</i>	Empresas associadas com o Instituto Ethos
Oliveira Neto et al (2015c)	Avaliar as influências dos stakeholders na determinação de uma governança corporativa voltada a P+L	<i>Survey</i>	Empresas associadas com o Instituto Ethos
Severo et al. (2015)	Analisar as relações entre os conceitos de P+L, sustentabilidade ambiental e desempenho organizacional	<i>Survey</i>	Metal-mecânico e automotivo
Silva, Moraes e Machado (2015)	Elaborar um programa de P+L como ferramenta para promoção da Gestão ambiental voltada para as práticas do Ecodesign e logística reversa em uma empresa fabricante de conjuntos de chuva localizada no Rio Grande do Sul	Estudo de caso	Fabricante de conjuntos de chuva
Silva et al. (2015)	Descrever a ACV do berço-ao-portão da produção de papel offset no Brasil, identificando no processo os pontos críticos que apresentam maior impacto ambiental	Estudo de caso	Papel
Wolff, Schwabe e Conceição (2015)	Estudar o uso de materiais residuais da indústria de celulose e da britagem e moagem de rocha de granito para a produção de tijolos estruturais	Estudo de caso e Experimental	Celulose e Cerâmica
Oliveira et al (2016a)	Propor um guia para a integração do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) baseada na ISSO 14001 com a P+L	Estudo de caso	Químico, automotivo e de celulose
Oliveira et al. (2016b)	Identificar e analisar as relações entre o Sistema de Gestão Ambiental ISO 14001 e a P+L .	Estudo de caso	Metal-mecânico e automotivo
Oliveira Neto et al 2016	Propor um procedimento para avaliar a redução real do impacto ambiental resultante da adoção da P+L com base na utilização do conceito MIPS.	Estudo de caso	Automotivo
Vieira e Amaral (2016)	Identificar as razões para a P+L não ser amplamente adotadas	Revisão	-
Oliveira Neto et al. (2017)	Propor um quadro teórico para a superação de barreiras de implementação da P+L em pequenas e médias empresas	Estudo de caso	variados
Severo, Guimarães e Dorion (2017)	Medir as relações entre as condições para inovação de produtos sustentáveis, considerando os constructos de P+L e gestão ambiental	<i>Survey</i>	variados
Guimarães, Severo e Vieira (2017)	Medir as relações e correlações entre decisões estratégicas, maturidade da gestão de projetos e P+L	<i>Survey</i>	variados