

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Marina Guimarães Moreira da Silva

**O TRIPÉ DA SUSTENTABILIDADE NA PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS AO
FLUXO DE VALOR DE UMA COOPERATIVA DE CATADORES DE MATERIAIS
RECICLÁVEIS DE FLORIANÓPOLIS**

Florianópolis

2020

Marina Guimarães Moreira da Silva

**O TRIPÉ DA SUSTENTABILIDADE NA PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS AO
FLUXO DE VALOR DE UMA COOPERATIVA DE CATADORES DE MATERIAIS
RECICLÁVEIS DE FLORIANÓPOLIS**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico
da Universidade Federal de Santa Catarina como
requisito para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Sanitária e Ambiental
Orientadora: Prof^ª. Marina Bouzon, Dr^ª.

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Silva, Marina Guimarães Moreira da

O Tripé da Sustentabilidade na Proposição de Melhorias
ao Fluxo de Valor de uma Cooperativa de Catadores de
Materiais Recicláveis de Florianópolis / Marina Guimarães
Moreira da Silva ; orientadora, Marina Bouzon, 2020.

110 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental,
Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Catadores. 3.
Sustentabilidade. 4. Lean. 5. Resíduos Sólidos Urbanos. I.
Bouzon, Marina. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.
III. Título.

Marina Guimarães Moreira da Silva

**O TRIPÉ DA SUSTENTABILIDADE NA PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS AO
FLUXO DE VALOR DE UMA COOPERATIVA DE CATADORES DE MATERIAIS
RECICLÁVEIS DE FLORIANÓPOLIS**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheira Sanitarista e Ambiental e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental

Florianópolis, 10 de dezembro de 2020.



Documento assinado digitalmente
Maria Elisa Magri
Data: 14/12/2020 16:56:25-0300
CPF: 044.011.369-50

Prof.ª Maria Elisa Magri, Dr.ª.
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Marina Bouzon
Data: 14/12/2020 08:19:16-0300
CPF: 043.725.139-09

Prof.ª Marina Bouzon, Dr.ª.
Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina

Marcelo Seleme Matias, Me.
Avaliador
Instituição UFSC

Eduarda Dutra de Souza, Me.
Avaliadora
Instituição UFSC

Este trabalho é dedicado a todas as pessoas que eu amo.

AGRADECIMENTOS

Mãe, pai, não é exagero algum dizer que eu não estaria aqui se não fosse por vocês. Apesar das mudanças da vida, vocês sempre prezaram por nos proporcionar educação de qualidade em primeiro lugar, além de nunca deixarem de acreditar em mim. Palavras são insuficientes para expressar toda a minha gratidão e amor, mas saibam que vocês são os meus maiores exemplos de caráter e profissionalismo.

Às mulheres da minha vida – minhas avós e minha bisá, agradeço por todo o amor e carinho, pelas comidas maravilhosas e pelo apoio aos meus estudos.

Família, obrigada por toda vez que perguntaram “como está a faculdade?”, obrigada por toda vez que tentaram puxar algum assunto relacionado ao meio ambiente. Significa muito para mim.

Aos meus irmãos, Pedro, Cae e Madalena, vocês não têm noção do espaço que vocês ocupam na minha vida e o quanto eu amo vocês.

Laure, meu namorado e parceiro de quarentena, muitíssimo obrigada por todas as ideias que trocamos, pelas conversas em que pudemos debater nossas opiniões e por ser essa pessoa de enorme coração, paciente e que quer crescer junto comigo.

Ao GELOG – Grupo de Estudos em Logística da UFSC, agradeço por ter mudado os rumos da minha graduação de uma maneira muito positiva, pelos ensinamentos inesquecíveis e pelos grandes amigos que eu fiz.

Professora Marina, foi uma honra ter sido orientada por você. Obrigada por ter me recebido tão bem desde o dia em que fui a sua sala para falar sobre o projeto de extensão. Agradeço muito por sempre acreditar que poderíamos ir além.

Ao curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, agradeço por contribuir para que eu seja uma pessoa melhor. O mundo seria um lugar diferente se todos tivessem a noção que temos sobre a importância do saneamento e do meio ambiente. Agradeço por ter me colocado em contato com pessoas incríveis, que se tornarão/tornaram profissionais admirados e hoje são meus grandes amigos.

"O problema do nosso tempo é que o futuro não é mais o que costumava ser".
(Paul Valéry, 1871-1956)

RESUMO

Os problemas causados pela geração de resíduos mostraram a necessidade de uma maior atenção aos fatores envolvidos na gestão dos resíduos sólidos urbanos, dentre estes, a atuação de cooperativas de catadores de materiais recicláveis, que possuem papel relevante neste sistema para o desenvolvimento da sustentabilidade nos três pilares – ambiental, social e econômico, mas que não encontram o reconhecimento correspondente. Neste sentido, o pensamento *lean* e as suas respectivas ferramentas têm se mostrado eficientes em promover mudanças positivas em organizações diversas, por meio da identificação dos principais desperdícios associados ao processo e a consequente geração de fluxo de valor. Em adição, tem-se que a filosofia *lean* é aplicável até mesmo no contexto das cooperativas para o atingimento da sustentabilidade. Portanto, tem-se como objetivo principal de pesquisa propor melhorias ao fluxo de valor de uma cooperativa a partir dos aspectos sociais, ambientais e econômicos. Para isso, foi utilizada primeiramente a pesquisa bibliográfica como forma de explorar a sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos urbanos e a utilização do pensamento *lean* em ambientes sustentáveis e, em seguida, foi desenvolvido um *framework* conceitual sobre a integração destes temas, onde foi proposta a aplicação sustentável de ferramentas *lean* nas particularidades de uma cooperativa, atuando na geração de valor nas frentes ambiental, social e econômica e resultando no envolvimento dos catadores em um contexto amplo da sustentabilidade na gestão de resíduos, onde a atuação das cooperativas junto aos demais agentes participantes é bastante relevante. Como etapa seguinte, utilizou-se da pesquisa de campo para obter o panorama do processo produtivo de uma cooperativa de Florianópolis e, por meio do Mapeamento de Fluxo de Valor, a identificação dos principais desperdícios. Após este levantamento, foram sugeridas melhorias para a organização utilizando ferramentas *lean* – como o 5S, TPM, eventos *kaizen* e *workshops*, com o objetivo de gerar mudanças positivas na realidade dos trabalhadores no âmbito dos três pilares sustentáveis. Porém, entende-se que ainda há desafios a serem enfrentados, dada a realidade social que os catadores estão inseridos, portanto, para que ocorra a busca contínua por melhorias dentro da organização e os catadores consigam atuar ativamente no contexto sustentável, o envolvimento do setor público, comunidade, município e setor privado dentro da proposta desenvolvida é de suma importância.

Palavras-chave: Catadores. *Lean*. Resíduos sólidos urbanos. Mapeamento do Fluxo de Valor. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Problems caused by waste generation showed the need for greater attention to the factors involved in the urban solid waste management, among them, the performance of recyclable material collectors' cooperatives, which have a relevant role in this system for the development of sustainability in the three pillars - environmental, social and economic, but which do not find the corresponding recognition. In this sense, lean thinking and its respective tools have been shown to be effective in promoting positive changes in different organizations, by identifying the main waste associated with the process and the consequent generation of value flow. In addition, lean philosophy is applicable even in the context of cooperatives to achieve sustainability. Therefore, the main objective of the research is to propose improvements to the value flow of a cooperative based on social, environmental, and economic aspects. For this, bibliographic research was first used as a way to explore sustainability in the urban solid waste management and the use of lean thinking in sustainable environments, and then a conceptual framework on the integration of these themes was developed, where a sustainable application of lean tools in the particularities of a cooperative, working to generate value on the environmental, social and economic fronts and resulting in the involvement of waste pickers in a broad context of sustainability in waste management, where the cooperatives work together with other participating agents is quite relevant. As a next step, field research was used to obtain an overview of the production process of a cooperative from Florianópolis city and, through Value Stream Mapping, the identification of the main waste. After this survey, improvements were suggested for the organization using lean tools - such as 5S, TPM, kaizen events and workshops, in order to generate positive changes in the reality of workers within the scope of the three sustainable pillars. However, it is understood that there are still challenges to be faced, given to social reality that scavengers are inserted, therefore, for the continuous search for improvements to occur within the organization and for scavengers to be able to act actively in the sustainable context, the of involvement public sector, community, municipality and private sector within the developed proposal is of paramount importance.

Keywords: Waste pickers. Lean. Municipal Solid Waste. Value Stream Mapping. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Delimitação do trabalho com base na representação do ciclo da coleta de resíduos domiciliares urbanos.....	20
Figura 2 - Composição gravimétrica do RSU brasileiro	26
Figura 3 - Participação dos resíduos brasileiros no volume coletado para reciclagem	26
Figura 4 - Preço médio dos materiais recicláveis (R\$/kg).....	27
Figura 5 –Atuação conjunta dos cinco princípios da filosofia lean.....	35
Figura 6 - Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor.....	38
Figura 7 - Simbologia do mapeamento.....	39
Figura 8 – Algumas métricas <i>lean</i>	39
Figura 9 - Etapas do procedimento metodológico do presente trabalho	46
Figura 10 - Representação do modelo de Economia Circular local	52
Figura 11 – Influência no tripé da sustentabilidade da integração das cooperativas de catadores com os demais elos envolvidos	57
Figura 12 – Desafios no desenvolvimento da sustentabilidade na gestão dos RSU.....	61
Figura 13 – <i>Framework</i> para aplicação do pensamento <i>Lean Green</i>	64
Figura 14 – <i>Framework</i> conceitual da pesquisa bibliográfica.....	70
Figura 15 – Fluxograma dos materiais da cooperativa.....	73
Figura 16 – Representação da área de pré-triagem.....	75
Figura 17 – Depósito de metais volumosos junto a outros materiais	75
Figura 18 – Prensa de plástico	76
Figura 19 - Triagem fina do alumínio em contêiner externo.....	77
Figura 20 – Depósito de vidro na área externa.....	78
Figura 21 - Representatividade dos materiais comercializados pela cooperativa nos quesitos preço, receita e peso.....	80
Figura 22 – Mapa do estado atual da cooperativa	82
Figura 23 – Material plástico estocado após a pré-triagem	83
Figura 24 - Composição do tempo de ciclo de acordo com a geração de valor	84
Figura 25 - Disposição do material para a pré-triagem dentro do galpão	85
Figura 26 – Estocagem de plástico prensado.....	86
Figura 27 – Mapa do estado futuro da cooperativa	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aspectos do tripé da sustentabilidade	32
Tabela 2 – Algumas ferramentas do <i>Lean Manufacturing</i> (continua).....	36
Tabela 3 – Algumas ferramentas do <i>Lean Manufacturing</i> (conclusão)	37
Tabela 4 - Descrição das melhorias propostas por processo após a aplicação do MFV	42
Tabela 5 - Critérios de busca para a revisão da literatura (objetivo 1).....	47
Tabela 6 - Critérios de busca para a revisão da literatura (objetivo 2).....	48
Tabela 7 – Possíveis práticas <i>lean e green</i> em uma organização	62
Tabela 8 – Indicadores <i>lean</i> e sustentáveis.....	66
Tabela 9 – Síntese das ferramentas <i>lean</i> voltadas à sustentabilidade das organizações.....	69
Tabela 10 – Desperdícios observados	87
Tabela 11 – Principais melhorias propostas à cooperativa.....	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3R Reduzir, Reutilizar e Reciclar

AHP *Analytic Hierarchy Process*

ANCAT Associação Nacional dos Carroceiros e Catadores

ANVISA Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CBO Classificação Brasileira de Ocupações

CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente

EC Economia Circular

Kg quilogramas

LM *Lean Manufacturing*

MNCR Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis

MFV Mapeamento do Fluxo de Valor

ONG Organização Não Governamental

PDCA *Plan, Do, Check and Act*

PEV Ponto de entrega voluntária

PNAD Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

PNRS Política Nacional dos Resíduos Sólidos

PEAD Polietileno de Alta Densidade

PET Politereftalato de etileno

PP Polipropileno

PVC Policloreto de vinila

RSU Resíduos sólidos urbanos

SEMA Secretaria Especial do Meio Ambiente

STP Sistema Toyota de Produção

T/C Tempo de Ciclo

TAV Tempo de Agregação de Valor

TBL *Triple Bottom Line*

TPM *Total Productive Maintenance*

LISTA DE SÍMBOLOS



Fontes externas



Processo



Dados



Estoque



Entrega via caminhão



Fluxo empurrado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	16
1.2	OBJETIVOS	18
1.2.1	Objetivo Geral.....	18
1.2.2	Objetivos Específicos	18
1.3	JUSTIFICATIVA	18
1.4	DELIMITAÇÕES DO TRABALHO	20
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	22
2.1.1	Contextualização.....	22
2.1.2	Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS).....	23
2.1.3	Coleta seletiva.....	24
2.1.4	Reciclagem.....	25
2.1.5	Catadores de materiais recicláveis	27
2.2	O TRIPÉ DA SUSTENTABILIDADE	29
2.3	FILOSOFIA <i>LEAN</i>	33
2.3.1	Conceito	33
2.3.2	<i>Lean Manufacturing</i> (LM)	35
2.3.3	Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)	38
2.4	FILOSOFIA <i>LEAN</i> APLICADA À GESTÃO SUSTENTÁVEL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	41
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	45
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	45
3.2	ETAPAS DA PESQUISA	46
4	RESULTADOS	50

4.1	A SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	50
4.1.1	Economia Circular (EC)	51
4.1.2	Sustentabilidade nas cooperativas	54
4.1.3	Desafios	58
4.2	FERRAMENTAS LEAN APLICÁVEIS À SUSTENTABILIDADE.....	Error!
	Bookmark not defined.	
4.2.1	<i>Lean e Green</i>	62
4.2.2	Ferramentas <i>Lean</i> utilizadas em prática sustentáveis.....	65
4.2.2.1	<i>MFV voltado para a sustentabilidade</i>	65
4.2.2.2	<i>Outras ferramentas</i>	67
4.3	FRAMEWORK CONCEITUAL DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	69
4.4	PESQUISA DE CAMPO.....	71
4.4.1	Apresentação da Cooperativa.....	71
4.4.2	Descrição do processo produtivo.....	72
4.4.3	Perspectivas dos catadores.....	78
4.5	APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS LEAN.....	79
4.5.1	Mapa do Estado Atual da Cooperativa	79
4.6	PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS.....	88
4.7	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	94
5	CONCLUSÃO.....	96
5.1	ATINGIMENTO DOS OBJETIVOS DO TRABALHO	96
5.2	LIMITAÇÕES E FUTURAS PESQUISAS	96
	REFERÊNCIAS.....	98

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Desde o século XVIII, com o êxodo rural e o contexto de aumento da industrialização, os impactos ambientais, que se tornaram mais evidentes, já abrangiam as complicações da geração de resíduos sólidos, uma vez que os mesmos se acumulavam pelas cidades e causavam epidemias e óbitos, devido à precariedade do saneamento básico (RIBEIRO; MENDES, 2018). Junto a essas mudanças, observou-se também alterações na percepção do consumo pela sociedade (HARVEY, 2005), fazendo com que a atividade de consumir cumpra o papel principal no meio social, contrariamente à subordinação da produção, criando um ciclo de acumulação (DA COSTA LIMA, 2015).

Por consequência, políticas de limpeza urbana isoladas não são mais suficientes, pois o desafio se encontra muito além de remover os resíduos sólidos das ruas, mas também na busca da correta destinação dos mesmos (RIBEIRO; MENDES, 2018). Neste contexto, a coleta seletiva é de suma importância para a máxima valorização dos resíduos e disposição final ambientalmente adequada (BESEN et al., 2016).

Entre as diversas técnicas existentes para tratamento dos resíduos que podem ser incluídas em um programa de manejo de resíduos municipal, a reciclagem consiste em alterar as propriedades físico-químicas ou biológicas de um resíduo para transformá-lo em um novo produto (BRASIL, 2010). Nesta circunstância, os catadores, organizados por meio de associações, cooperativas ou até mesmo autônomos, considerados informais, são participantes importantes no gerenciamento dos resíduos recicláveis ou reutilizáveis (FRANCISCHETTO; PINHEIRO, 2016).

Todavia, o catador não recebe o devido reconhecimento do município, mesmo sendo o agente principal na reciclagem, vivendo em condições precárias (FERRONATO et al., 2018), por receberem pouco acima do salário mínimo e não possuírem ferramentas básicas de trabalho (ANDRIANISA; BROU; SÉHI BI, 2016) e escassos meios de capacitação (AZIMI; DENTE; HASHIMOTO, 2020).

Desta forma, é necessário pensar em meios de promover melhorias ao trabalho deste grupo, de forma que eles continuem proporcionando benefícios ao meio ambiente e alcancem melhorias na qualidade de vida. Como forma de atuar neste problema, tem-se a integração do

trabalho informal no sistema formal de gerenciamento de resíduos, visto que esta integração geraria empregos, promovendo proteção aos meios de subsistência de um grupo social fragilizado, além de prover suprimento secundário de matéria-prima à economia, aumentando a proteção ambiental (EZEAH; FAZAKERLEY; ROBERTS, 2013).

Para melhor analisar a problemática, o conceito de desenvolvimento sustentável é introduzido, uma vez que define a expectativa de utilizar recursos do meio ambiente, com o objetivo de atingir as necessidades humanas, sem comprometer a vivência das gerações futuras (CMMAD, 1991). A importância de se apresentar este termo se baseia no tripé da sustentabilidade, que aparece dentro do desenvolvimento sustentável como uma forma de medir a performance e sucesso de uma organização analisando as frentes sociais, econômicas e ambientais (GOEL, 2010).

Portanto, considerando o impacto positivo que os catadores podem causar no meio ambiente e como esta atuação pode trazer como resposta para este grupo melhorias na condição social e econômica, discutir melhorias para os catadores com base no tripé da sustentabilidade se torna um meio relevante.

Dentro de organizações, uma das formas de melhorar a performance sustentável é por meio do pensamento *lean* (BHATTACHARYA; NAND; CASTKA, 2019), filosofia de gestão que tem como enfoque reduzir desperdícios e aumentar o valor do processo em que está inserido, visando trazer menores custos, aumento da qualidade do processamento e da entrega final e *lead times* reduzidos aos consumidores (PETTERSEN, 2009).

Todavia, o pensamento *lean* evoluiu para auxiliar organizações a alcançarem estratégias sustentáveis, abordando a eficiência na produção combinada à redução de desperdícios, que podem se associar aos resíduos (CALDERA; DESHA; DAWES, 2019). Em vista disso, considerando a realidade socioeconômica de uma cooperativa, em que a renda dos catadores é diretamente proporcional à produtividade dos mesmos, a aplicação de ferramentas *lean* se torna favorável (TORTORELLA et al., 2018), apresentando impacto em todas as frentes do tripé da sustentabilidade.

Exposto isso, tem-se como problema de pesquisa a busca por como melhorar os aspectos sociais, ambientais e econômicos de uma cooperativa de catadores de materiais, com enfoque nos colaboradores, por meio de ferramentas do pensamento *lean*.

1.2 OBJETIVOS

Como forma de responder ao problema, nas seções abaixo estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho.

1.2.1 Objetivo Geral

Propor melhorias ao fluxo de valor de uma cooperativa de catadores de Florianópolis a partir dos aspectos sociais, ambientais e econômicos que compõem o tripé da sustentabilidade.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Relacionar os conceitos de sustentabilidade e gestão dos resíduos sólidos urbanos.
- Mapear ferramentas do *Lean Manufacturing* aplicáveis ao ambiente da sustentabilidade na gestão dos resíduos sólidos urbanos..
- Obter o panorama atual do processo produtivo da cooperativa por meio de um estudo de campo.
- Identificar oportunidades de melhorias no processo produtivo da cooperativa por meio de ferramentas do *Lean Manufacturing*.

1.3 JUSTIFICATIVA

No Brasil, a legislação com enfoque em resíduos sólidos não obteve o mesmo avanço legal que outras frentes do saneamento básico, como o abastecimento de água e esgotamento sanitário (NETO; MOREIRA, 2010). Para sanar o atraso nas normas referentes a resíduos sólidos, em 2010 foi publicada a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), que teve como objetivo definir instrumentos e princípios para o gerenciamento de resíduos sólidos, além de determinar as responsabilidades do poder público, dos grandes geradores de resíduos e sociedade civil (BRASIL, 2010).

Entretanto, apesar do elevado nível de abrangência e detalhamento da PNRS, esta é bastante criticada em relação a sua exequibilidade (LOBO; NETO, 2020). Após 10 anos de sua publicação, ainda não há um Plano Nacional decretado, um dos instrumentos previstos na PNRS

como forma de planejamento e estruturação do setor público para a gestão dos resíduos sólidos (LOBO; NETO, 2020).

Ademais, comparando com outros países com o mesmo nível de desenvolvimento e renda média similar, o Brasil se encontra abaixo dos indicadores médios de desenvolvimento sustentável da gestão de resíduos (ABRELPE, 2019). Desta forma, analisando a situação atual do país, percebe-se que mesmo com a existência da PNRS, diversas determinações ainda não foram cumpridas.

Neste contexto, a coleta seletiva possui desafios, visto que as centrais de triagem apresentam instalações precárias e os catadores de materiais recicláveis enfrentam problemas com as suas condições de trabalho (CAMPOS, 2014). Em adição, o mercado brasileiro apresentou um recuo de 1,28% nos investimentos em limpeza urbana, totalizando 28,1 bilhões de reais, quando se compara os resultados de 2018 e 2017 (ABRELPE, 2019), apesar de que entre os mesmos anos, a porcentagem de municípios que passaram a cobrar pelo serviço obteve um pequeno aumento de 46,3% para 47% (SNIS, 2019).

Todavia, a importância dos catadores se evidencia até mesmo pelo trabalho informal, pois em casos em que a coleta seletiva não ocorre ou possui abrangência limitada, estes trabalhadores preenchem uma lacuna de suma relevância ao segregar o lixo reciclável e introduzi-lo na cadeia de reciclagem (DIAS, 2016).

Porém, a conversão de recicladores informais em formais pode apresentar benefícios ainda maiores, ao reduzir a poluição ambiental por meio da eliminação de equipamentos e tecnologias de baixo custo, além da estabilização da renda e o desenvolvimento da identidade social (WANG et al., 2020). Em adição, o trabalho realizado por catadores aumenta a taxa de desvio de resíduos sólidos de aterros sanitários, o que além de economizar recursos financeiros relacionados ao aterramento de materiais, também conserva os recursos naturais (MAHAJAN, 2016).

Portanto, observa-se a contribuição do trabalho deste grupo ao sistema de reaproveitamento dos resíduos, ao meio ambiente, à economia, além da geração de empregos e à qualidade do espaço público (DIAS, 2016). Sendo assim, considerando o impacto positivo das atividades realizadas por catadores nos diversos aspectos sociais, surge a necessidade da busca por meios de aprimorar estas atividades.

No sentido de tornar procedimentos eficientes e diminuir resíduos, a filosofia *lean* é uma importante aliada em reconhecer a origem do desperdício e tornar o processo relacionado

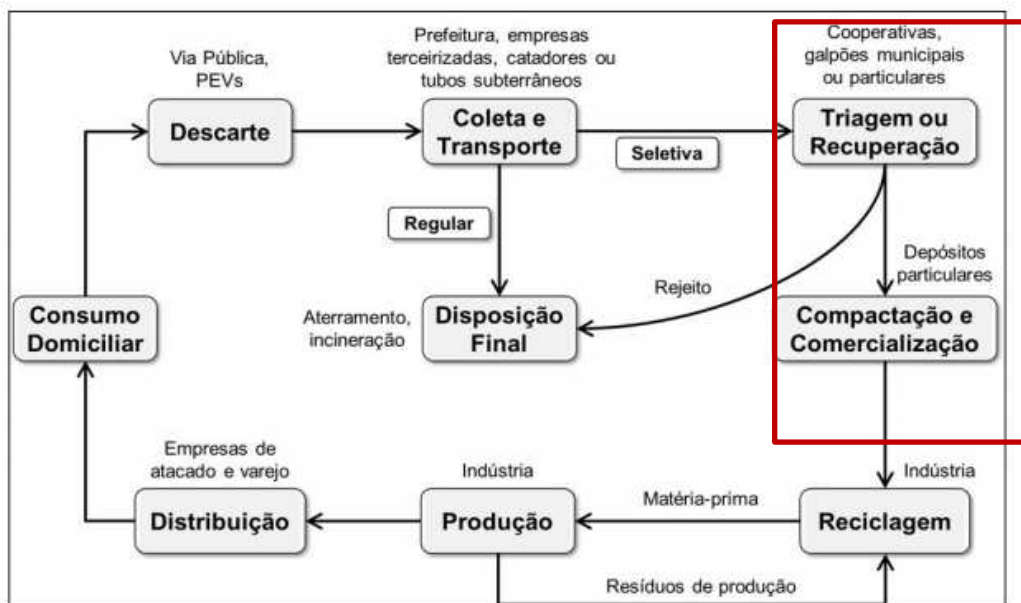
o mais eficiente possível, por meio de ferramentas diversas (SODHI; SINGH; SINGH, 2020). Nesta lógica, a filosofia *lean* permite que as ferramentas sejam aplicadas de acordo com o contexto da organização e o nível de desperdício a ser reduzido (LEKSIC; STEFANIC; VEZA, 2020), tornando versátil a utilização dos métodos *lean*.

Por isso, considerando a relevância das cooperativas aos desafios do panorama brasileiro, este trabalho se torna importante ao buscar ferramentas que se adaptem à realidade dos catadores, por meio da filosofia *lean*, tornando as atividades deste grupo mais eficientes, respeitando a sua condição social e financeira e, ao mesmo tempo, atendendo os limites do meio ambiente.

1.4 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

Com base no ciclo convencional da coleta de resíduos sólidos urbanos, exposto pela Figura 1, este trabalho limita-se a propor melhorias somente às etapas abrangidas pelo retângulo vermelho, onde os catadores atuam, apesar de que se entende a importância das demais etapas e a necessidade de considerar a interação dos catadores como os demais agentes. Desta forma, não serão discutidas formas de recuperação de materiais que não sejam recicláveis, excluindo materiais orgânicos ou recuperação energética.

Figura 1 – Delimitação do trabalho com base na representação do ciclo da coleta de resíduos domiciliares urbanos.



Fonte: Adaptado de Conke e Do Nascimento (2018).

Em relação à sustentabilidade, o enfoque está nos três pilares (ambiental, social e econômico) presentes no contexto do gerenciamento dos resíduos sólidos. Sobre o *lean*, o enfoque está na sua aplicação na manufatura, tratando de forma análoga o processo produtivo da cooperativa.

Por fim, este trabalho limita-se a propor melhorias ao processo de geração de valor de uma cooperativa, sem que seja possível devidamente aplicá-las ao local de estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo possui quatro tópicos em que três destes abordam temas distintos – resíduos sólidos, tripé da sustentabilidade e filosofia *lean* – que são de suma importância para a contextualização do trabalho. Ademais, o último tópico pretende unir estes temas, descrevendo aplicações das práticas *lean* na gestão sustentável dos resíduos sólidos urbanos, de forma a demonstrar a relação entre os mesmos para o desenvolvimento do presente estudo.

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

2.1.1 Contextualização

Os resíduos sólidos são caracterizados pelo descarte de materiais ou substâncias utilizadas em atividades em sociedade (BRASIL, 2010) e estes podem ser classificados de acordo com a forma que este resíduo foi gerado, a composição, ou até mesmo o dano à saúde ou ao meio ambiente (ABNT, 2004). Com enfoque na geração dos mesmos, os resíduos sólidos urbanos (RSU) são definidos por aqueles produzidos em atividades dentro da área urbana, advindo de variadas origens, como residências, comércio, limpeza urbana, entre outros (ZANTA; FERREIRA, 2003).

Os RSU tornam-se um problema ambiental quando causam enchentes ao serem depositados em locais inadequados, contaminam solos devido à variedade de componentes presentes em um resíduo, contribuem para a poluição do ar e impactam a saúde das pessoas envolvidas de forma direta ou indireta com o seu processamento (JACOBI; BESEN, 2011).

Desta forma, trazendo para o contexto o cenário brasileiro, 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) foram geradas em 2018; um aumento de 1% em relação ao ano anterior e desse montante, 92% foi coletado pelos serviços responsáveis (ABRELPE, 2019). Deste montante gerado, estima-se que 62,9 milhões de toneladas foram coletadas (SNIS, 2019).

Nesse quadro, a região sul representa 10,8% dos resíduos brasileiros coletados, ademais, o sul do Brasil possui 95,64% de cobertura de coleta (ABRELPE, 2019), todavia, 80,14% dos serviços de coleta são terceirizados (SINIR, 2017). O município de Florianópolis, local onde se localiza o estudo deste trabalho, gerou 212 mil toneladas de resíduos urbanos em 2019, 3

toneladas a mais do que ano anterior, segundo a Autarquia de Melhoramentos da Capital (2020), Comcap, responsável pela gestão de resíduos da cidade em questão.

Para complementar a análise dos RSU, além de contextualizar o panorama atual, é necessário visualizar como se comportam as políticas públicas no Brasil, de forma a proporcionar melhor entendimento sobre a real conjuntura dos resíduos sólidos no país.

2.1.2 Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS)

A política em questão trouxe como uma das prioridades a não geração de resíduos, seguida pela redução na demanda de matérias-primas. Neste contexto, a logística reversa, definida pela realização de ações pelo setor industrial para reintroduzir o resíduo na cadeia produtiva, seja em seu próprio ou em outros ciclos produtos, é apresentada como um dos instrumentos (BRASIL, 2010).

Todavia, conforme a PNRS, caso não seja possível aplicar as ações mencionadas anteriormente, deve prezar-se por prolongar ao máximo a vida útil dos materiais, visando a reutilização, ou quando esta não é exequível, buscar a reciclagem, ou o aproveitamento energético dos resíduos. Em última instância, caso nenhuma das alternativas mencionadas seja possível, os resíduos devem ser depositados em aterros sanitários, sendo esta a forma de disposição final determinada pela política como adequada para resíduos sólidos urbanos.

Além do mencionado, a PNRS traz como um dos princípios a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, desta forma, introduz conceitos como o acordo setorial, ou seja, compromisso firmado entre setor público e privado para implementar a mencionada responsabilidade compartilhada (BRASIL, 2010).

Em resumo, a PNRS é vista como inovadora e favorável ao desenvolvimento do país, visto que inicia um debate político e educacional para alavancar a questão dos resíduos no Brasil, todavia, é notável que não foi dada a devida atenção à política, visto que falta planejamento estratégico da sua devida execução, não é cobrado dos envolvidos a sua atuação na responsabilidade compartilhada e a PNRS carece de investimentos na capacitação dos envolvidos e em infraestrutura (JACOBI; BESEN, 2011).

Outro ponto ainda crítico que é abrangido pela política em questão é a coleta seletiva, definida pela política em questão como a coleta de resíduos antecipadamente separados conforme suas características, sejam estas a sua constituição ou composição (BRASIL, 2010).

A coleta seletiva ainda apresenta índices que vão de encontro à universalização do serviço, já que aproximadamente três quartos dos municípios brasileiros realizam algum tipo de coleta, além disso, os índices de reciclagem ainda estão em estágio inicial e pouco evoluem ano a ano (ABRELPE, 2019).

2.1.3 Coleta seletiva

Quando se trata da coleta seletiva, é necessário descrever o ciclo de geração de resíduo. Desta forma, a análise é iniciada pelo consumo domiciliar, onde o resíduo é gerado e descartado, sendo disposto para coleta tanto em vias públicas ou PEV's (Pontos de Entrega Voluntária) (CONKE e DO NASCIMENTO, 2018). Em seguida, este resíduo é recolhido por veículos coletores pertencentes ao município ou empresas terceirizadas e encaminhado para o processo de triagem, sendo realizada por cooperativas de catadores em sua maioria (CONKE e DO NASCIMENTO, 2018).

Os locais de triagem podem variar desde espaços abertos onde a separação é feita no chão ou em mesas até locais cobertos e unidades complexas com um grande maquinário (CAMPOS, 2014). Caso haja uma porção do material que não pode ser aproveitada, por mau estado ou por não possuir valor de mercado, esta porção será considerada rejeito e é encaminhada para a disposição final; caso o material coletado possua algum aproveitamento, este é processado e tratado e vendidos à indústria de reciclagem, que tem como objetivo reintroduzir o resíduo no ciclo produtivo, fazendo com que o material retorne ao consumo domiciliar (CONKE e DO NASCIMENTO, 2018).

No Brasil, aproximadamente três quartos dos municípios possuem coleta seletiva, entretanto, por vezes a coleta não abrange todos os bairros (ABRELPE, 2019). Comparando os resultados de 2018 com 2017, todas as regiões do país apresentaram aumento na quantidade de cidades abrangidas pela coleta seletiva (ABRELPE, 2019). Todavia, quando se desconsidera os serviços autônomos dessa análise, entre 2017 e 2018, a porcentagem de municípios que apresentavam serviços de coleta seletiva variaram de 35,3% para 38,1% (SNIS, 2019).

No município de Florianópolis, a Comcap realiza a coleta seletiva nas vias públicas ou nas residências (coleta porta-a-porta) e possui o modelo de coleta voluntária, por meio dos PEV's, onde os geradores são responsáveis a levar os resíduos até o local destinado,

acondicionando-os de forma adequada; estima-se que 92% da população do município é atendida pela coleta seletiva domiciliar (FLORIANÓPOLIS, 2016).

Depois da coleta mencionada, o material é destinado para galpões de triagem, sejam estes subsidiados pelo município ou não, onde os trabalhadores são catadores de material reciclável (FLORIANÓPOLIS, 2016).

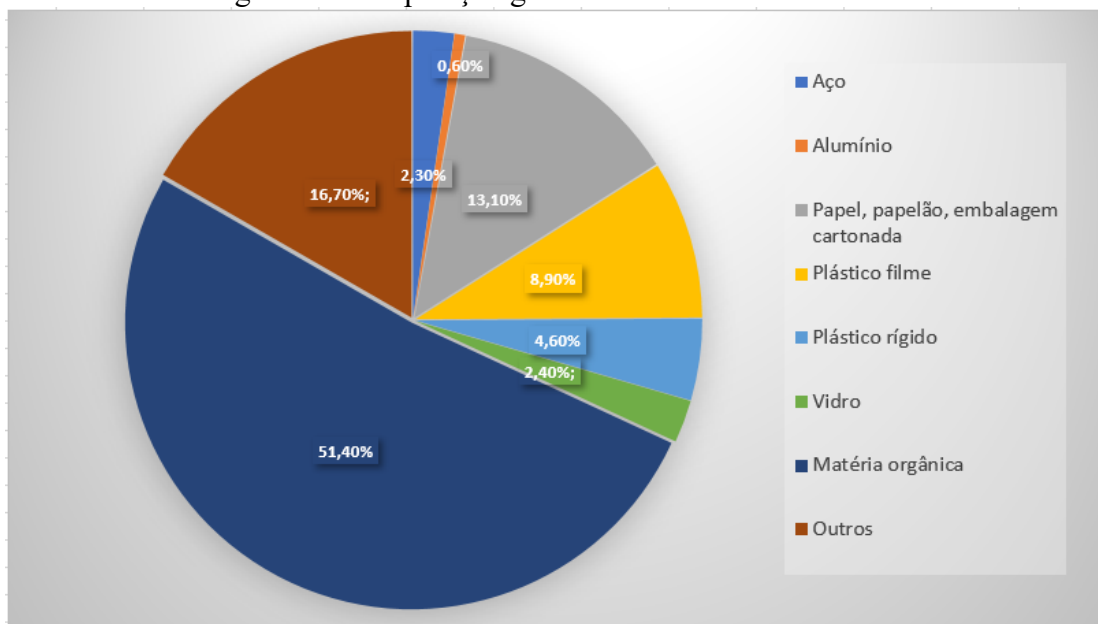
No sentido de trazer benefícios ao meio ambiente dentro da coleta seletiva, a reciclagem aparece como método que visa otimizar a valorização do resíduo e minimizar os impactos ao meio ambiente, por meio da redução de consumo de fontes naturais (MARCHEZETTI et al., 2011), além de minimizar o contato dos resíduos gerados com o meio ambiente (FIGUEIREDO, 2012).

2.1.4 Reciclagem

Como já mencionado no item 2.1.2, um dos princípios da PNRS é incentivar a indústria da reciclagem, de forma a estimular o uso de materiais reaproveitados. Todavia, para ter maior assertividade neste processo analisando as possibilidades de aplicação, assim como a melhor forma de gerenciamento de resíduos sólidos, é necessário caracterizar fisicamente a composição dos resíduos sólidos gerados (YILDIZ et al., 2013).

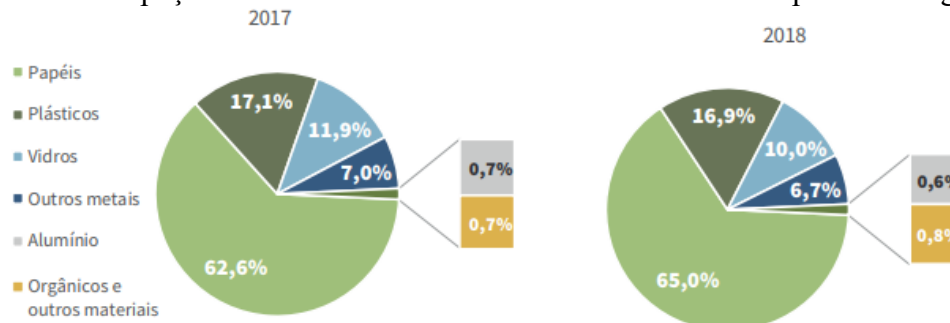
Neste contexto, o resíduo sólido urbano brasileiro (Figura 2) é predominantemente composto por matéria orgânica (51,4%), seguido por material reciclável (31,9 %). Desta forma, analisando o panorama nacional da composição do resíduo recolhido para a reciclagem, o material mais coletado é, conseqüentemente, o papel, representando 65% do total coletado (Figura 3).

Figura 2 - Composição gravimétrica do RSU brasileiro



Fonte: Adaptado de MMA (2011)

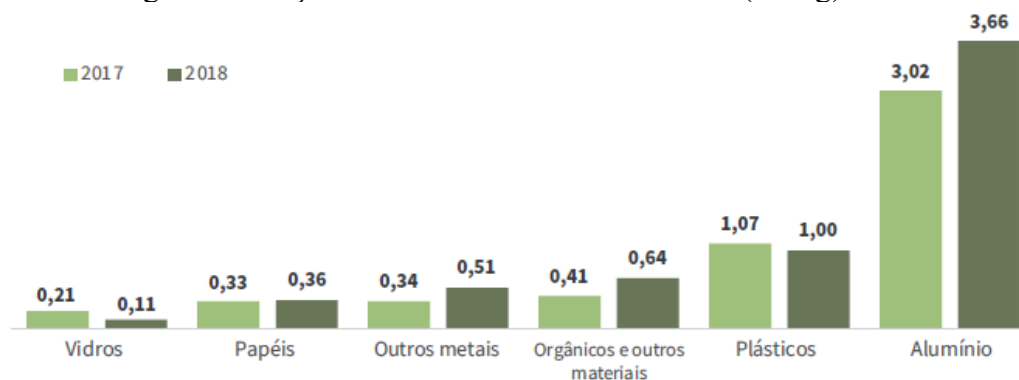
Figura 3 - Participação dos resíduos brasileiros no volume coletado para reciclagem



Fonte: ANCAT (2019)

Os demais resíduos podem ser analisados no comparativo da Figura 3, onde outros metais representam cobre e sucata e outros materiais correspondem a compostos orgânicos e componentes eletroeletrônicos. Contudo, o preço médio dos resíduos recicláveis não segue a mesma representatividade da composição gravimétrica (Figura 4), já que o material que apresenta maior valor durante a comercialização é o alumínio.

Figura 4 - Preço médio dos materiais recicláveis (R\$/kg)



Fonte: ANCAT (2019)

Após a caracterização, inicia-se a análise de viabilidade de aplicação da reciclagem, com base em incentivos socioeconômicos. Há situações globais em que este estímulo ocorre quando há o envolvimento de custos elevados na disposição final dos resíduos, porém, como complemento, é necessária a presença de atos regulatórios e da participação da sociedade (SCHEINBERG; RODIC-WIERSMA, 2010).

Porém, na realidade, a reciclagem tem atendido prioritariamente as demandas econômicas das cadeias produtivas, sem trazer como enfoque os benefícios ao meio ambiente, visto que muitos materiais que deveriam passar por algum processo de recuperação devido à chance de contaminação ambiental são descartados em consequência do seu baixo valor econômico (FIGUEIREDO, 2012).

Portanto, há uma grande carência de estruturação de todo o programa de reciclagem em si, principalmente em como este ocorre na prática, devendo ser este o foco das políticas públicas, e não somente em motivar a existência da reciclagem sem preparar todos os indivíduos para a participação (JESSON et al., 2014), desde os geradores até os catadores. Desta forma, com base nos objetivos deste trabalho, no próximo tópico será discutida a situação destes trabalhadores.

2.1.5 Catadores de materiais recicláveis

Os relatos do trabalho informal exercido por catadores de resíduos na história se iniciam com a introdução do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos como um serviço público (VELIS, 2015). Entretanto, esta contribuição ainda é ignorada em diversas ocasiões, já que

poucas vezes este grupo é associado à solução dos problemas relacionados a este gerenciamento (DIAS, 2016).

Analisando alguns dados socioeconômicos, tem-se que há uma concentração demográfica de catadores na região sudeste (40%) e no nordeste do país (30%). Ademais, o perfil predominante dos catadores são pessoas negras, pardas ou indígenas (74%), com idade de 30 a 49 anos (47%) e possuem escolaridade limitada ao ensino fundamental (60%) (ANCAT, 2019).

Sobre o contexto brasileiro do reconhecimento do trabalho deste grupo, em 2002, a profissão de catador de material de reciclável se tornou reconhecida pelo Ministério do Trabalho e foi então registrada na Classificação Brasileira de Ocupações (CBO), contribuindo para que empresas pudessem contratar legalmente esta classe (CAMPOS, 2014). Atualmente, estima-se aproximadamente 388 mil catadores de materiais recicláveis no Brasil (ANCAT, 2019), porém, este número pode chegar a 1 milhão de pessoas (MNCR, 2019), considerando trabalhadores ainda informais. Desta forma, apesar da regulamentação da profissão na CBO, muitos catadores ainda não vivem essa realidade.

Já em 2006, um decreto destina resíduos recicláveis gerados por órgãos públicos federais a associações formais de catadores, por meio da coleta seletiva solidária, desde que essas cooperativas atendessem a alguns critérios, como não possuírem fins lucrativos, ratear a renda entre os associados, apresentar infraestrutura para a triagem e a atividade de catador ser a única fonte de renda do cooperado (BRASIL, 2006). No ano seguinte, na lei do saneamento básico, foi instituída a dispensa de licitação na contratação pelos municípios de cooperativas para atuarem na coleta seletiva (BRASIL, 2007).

Em 2010, a PNRS traz como um dos instrumentos o fomento ao desenvolvimento de cooperativas de catadores ou similares, além de que, no Plano Nacional e Estadual de Resíduos Sólidos, é estabelecido que junto à eliminação dos lixões, deve ocorrer, atrelado a esta, a inclusão social e econômica dos catadores. No âmbito municipal, os catadores devem ser agentes participantes da coleta seletiva (BRASIL, 2010).

Todavia, apesar da evolução destas políticas, há questionamentos se de fato as políticas públicas se fazem presentes na prática e o quanto realmente amparam esta classe trabalhadora. No caso dos trabalhadores que ainda se encontram na informalidade, trabalhando em lixões, por exemplo, com o fechamento destes locais de disposição final inadequada, muitos trabalhadores são afetados, visto que o sustento de suas respectivas famílias depende da renda

gerada nestes lugares e, quanto ao auxílio que estas pessoas recebem, este é visto como pontual, sem grande reflexão no futuro destes trabalhadores (BASTOS, 2019).

Desta forma, em situações anormais, as consequências são grandes agravantes devido à situação social deste grupo, visto que, apesar da crescente mobilização dos catadores e aumento gradual do reconhecimento público, estes fatores ainda não são suficientes para melhorar a qualidade de vida e do trabalho desta categoria (CAMPOS, 2014).

O caso do novo coronavírus, por exemplo, fez com que os catadores brasileiros sofressem uma redução de renda de, aproximadamente 80%. Este fato se justifica pela grande dependência do comércio, sem uma relação explícita de mutualidade, portanto, com o fechamento de lojas, restaurantes e fábricas, a comunidade dos catadores se torna extremamente dependente de doações (ALESSI; PEREIRA, 2020).

Por isso, é importante o desenvolvimento de intervenções no trabalho dos catadores que sejam possíveis responder às demandas socioambientais que envolvem o trabalho deste grupo, além de englobar áreas como saúde, educação, políticas urbanas, trabalhos, geração de renda e desenvolvimento social, bem como, o desenvolvimento das lacunas técnicas e operacionais relacionadas ao gerenciamento dos RSU e da limpeza pública e a busca da sustentabilidade econômica deste serviço (CAMPOS, 2007). Desta forma, para propor melhorias ao trabalho dos catadores, é necessário aprofundar os estudos dos conceitos que envolvem o âmbito ambiental, social e econômico, que compõem o tripé da sustentabilidade (GOEL, 2010).

2.2 O TRIPÉ DA SUSTENTABILIDADE

O tripé da sustentabilidade, ou *triple bottom line* (TBL), composto pelos aspectos sociais, ambientais e econômicos, também é descrito como os 3Ps - *people, planet, profit* (pessoas, planeta e lucro) (ELKINGTON, 1997), de forma que estes três parâmetros estejam balanceados dentro de uma organização e sejam considerados com o mesmo grau de importância (ALHADDI, 2015).

O pilar econômico está relacionado ao valor que a organização proporciona ao seu entorno no quesito em questão, de forma a promover prosperidade e capacidade de suportar as gerações futuras (ALHADDI, 2015). Ademais, este pilar também se refere ao impacto que as atividades do negócio de uma determinada organização estão desempenhando em todo o sistema econômico (ELKINGTON, 1997).

Aprofundando o entendimento desta frente, a visão econômica do tripé busca avaliar com precisão os ativos disponíveis e aplicar o capital da forma mais eficiente e eficaz (HAMMER; PIVO, 2017). Todavia, é necessário que uma sociedade sustentável limite o crescimento econômico e saiba lidar com outros valores qualitativos, além da análise puramente econômica (BROWN et al., 1987).

Neste contexto, é importante diferenciar o desenvolvimento econômico do crescimento econômico, já que o primeiro, englobado pelo tripé da sustentabilidade, se refere à mudança na estrutura econômica de forma a facilitar o crescimento e, simultaneamente, promover melhorias nas condições societárias por meio da economia; enquanto o segundo termo trata do aumento de tamanho da economia, sem premissas complexas (HAMMER; PIVO, 2017).

Todavia, o desenvolvimento econômico é considerado uma medida incompleta de bem-estar social (HAMMER; PIVO, 2017), por isso a importância de analisar os outros pilares. Desta forma, explora-se o conceito do pilar ambiental, que consiste em práticas que não comprometam os recursos ambientais para as futuras gerações, de forma que estes recursos sejam utilizados de maneira eficiente e com menor impacto negativo ao planeta (GOEL, 2010). Em adição, estas práticas devem considerar os processos ecológicos que acontecem naturalmente, focando em sua continuidade, de forma que não ocorra a interrupção do funcionamento dos ecossistemas (BROWN et al., 1987).

Assim, uma das formas de desenvolver este pilar em organizações envolve reduzir a emissão de poluentes, de efluentes e de resíduos sólidos, otimizar o consumo de recursos hídricos e de energia, uso eficientes de insumos no processo produtivo, investimento na reciclagem e na preservação ao meio ambiente (ARAUJO, 2006). Ao introduzir estas atividades de forma proativa, a organização gera vantagens competitivas, desenvolvendo também o pilar econômico, porém, a legitimidade social mais ampla também deve ser praticada (SVENSSON et al., 2018).

Neste contexto, analisa-se a frente social, que se define em conduzir práticas que beneficiem o trabalhador, o capital humano e o entorno da organização (ELKINGTON, 1997), também gerando valor à sociedade e retribuindo à comunidade (ALHADDI, 2015). Contudo, a dimensão social não tem recebido a mesma atenção que os demais pilares, mesmo que este pilar seja versátil a ponto de poder ser explorado em diversas situações, sem negligenciar as outras frentes do tripé da sustentabilidade (TATE; BALS, 2018).

Apesar da exploração ineficiente do pilar social na sustentabilidade, o problema da falta de articulação desta dimensão é muito mais amplo, e uma das explicações é dada pela grande desigualdade social presente no planeta, visto que uma parcela dominante da população mundial não participa significativamente do consumo global (MARTINE; ALVES, 2015).

Ademais, este grupo predominante pouco contribui para os problemas ambientais e, por outro lado, esta mesma maioria possui maiores propensões de sofrer as consequências das mudanças climáticas causadas pelo desenvolvimento insustentável (MARTINE; ALVES, 2015).

Em adição, com o aumento da desigualdade, nota-se a dificuldade de abordar o tema social e propor práticas quando os problemas de desenvolvimento não sustentável são causados por um pequeno grupo, que não possui a ótica daqueles que sofrerão maior impacto das ações decididas por uma minoria (MARTINE; ALVES, 2015).

A Tabela 1 sintetiza os aspectos dos três pilares sustentáveis mencionados ao longo do texto. Apesar da apresentação individual de cada pilar, as três dimensões do tripé da sustentabilidade devem ser abordadas em conjunto, visto o impacto que um pilar pode ter sobre o outro. Um exemplo é como a desigualdade social impacta no desenvolvimento econômico, visto que, o aumento da desigualdade não somente indica que uma grande parcela da população subsiste na pobreza, mas também que a riqueza tem aumentado em uma parcela limitada da sociedade (MARTINE; ALVES, 2015).

Tabela 1 - Aspectos do tripé da sustentabilidade

Dimensão	Aspecto	Fonte
Econômica	"Refere-se a uma mudança na estrutura da economia facilitadora do crescimento econômico ou a uma melhoria qualitativa das condições sociais decorrentes da atividade econômica".	(HAMMER; PIVO, 2017)
	"Os economistas tendem a assumir a inevitabilidade do crescimento econômico e, na maioria das vezes, não abordam a questão da sustentabilidade. Quando o fazem, devem resolver as limitações que uma sociedade sustentável deve colocar no crescimento econômico e deve lidar com valores não comercializáveis e muitas vezes não quantificáveis de ecossistemas e saúde global a longo prazo."	(BROWN et al., 1987)
Ambiental	"Práticas que não comprometem os recursos ambientais para as gerações futuras. Refere-se ao uso eficiente dos recursos energéticos, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa e minimizando a pegada ecológica, etc".	(GOEL, 2010)
	"A definição ecológica de sustentabilidade concentra-se nos processos biológicos naturais e na produtividade e funcionamento contínuos dos ecossistemas".	(BROWN et al., 1987)
Social	"A idéia é que essas práticas ofereçam valor à sociedade e devolvam à comunidade. Exemplos dessas práticas podem incluir salários justos e fornecer cobertura de assistência médica"	(ALHADDI, 2015)
	"Condução de práticas comerciais justas e benéficas ao trabalho, capital humano e à comunidade"	(ELKINGTON, 1997)

Fonte: Autora

É importante salientar que não há um modelo único para integrar o tripé da sustentabilidade nas organizações, visto que a difusão das práticas irá variar de acordo alguns fatores, como o nível de globalização da instituição, a especialização do produto, as peculiaridades do trabalhador, as características de produção e distribuição, as fontes de energias requeridas, o nível de competição desejado, a inovação de produtos e serviços e a possibilidade de realizar substituições (SCHULZ; FLANIGAN, 2016).

Todavia, há fatores externos que podem impulsionar as organizações a optarem por atitudes sustentáveis, como a escolha dos consumidores, a existência de marcos regulatórios e a competição de mercado (SCHULZ; FLANIGAN, 2016). Desta forma, devido à diversidade de fatores envolvidos, foi decidido focar em uma filosofia específica que, devido ao seu grande

objetivo de reduzir desperdícios e fazer mais com menos (DENNIS, 2007), demonstra aplicabilidade para o estudo em questão – a filosofia *lean*.

2.3 FILOSOFIA *LEAN*

2.3.1 Conceito

Este pensamento foi desenvolvido a partir de um estudo dedicado à indústria japonesa automotiva, todavia, a filosofia já é aplicada a qualquer companhia, organização ou país, desde que todas as diretrizes sejam seguidas adequadamente (WOMACK; JONES, 2004).

Quando se trata da redução de desperdícios, estes são definidos como as atividades humanas que utilizam recursos, mas não produzem valor (WOMACK; JONES, 2004). Além disso, para melhor esclarecimento, este desperdício possui 7 classificações:

- Desperdício de superprodução: sub classificado em quantitativo, quando a produção é excessiva, ou de antecipação, quando a produção é finalizada antes do prazo de entrega (SHINGO, 1996);
- Desperdício de transporte: qualquer tipo de movimentação de materiais que não agregam valor (SHINGO, 1996);
- Desperdício de movimentação: cada deslocamento desnecessário que os funcionários realizam durante o trabalho (LIKER, 2005);
- Desperdício de processamento: quando há atividades desnecessárias neste âmbito que não geram valor ao cliente (SHINGO, 1996);
- Desperdício de produtos defeituosos: resultado final não auxilia o produto a atingir o patamar básico de qualidade (ANTUNES, 2008);
- Desperdício de estoque: se relaciona à superprodução ou à disposição de estoque acima do necessário. É possível enquadrar, neste caso, estoques excessivos de matéria-prima, de produtos semi-acabados ou finalizados (LIKER, 2005);
- Desperdício de espera: período em que colaboradores permanecem ociosos devido à espera (LIKER, 2005).

Para combater estes desperdícios, o pensamento enxuto aparece como uma forma de evidenciar o valor, alinhar as tarefas envolvidas na geração do mesmo e realizar atividades eficazes e sem interrupções, além de tornar o trabalho mais satisfatório por meio de *feedbacks*

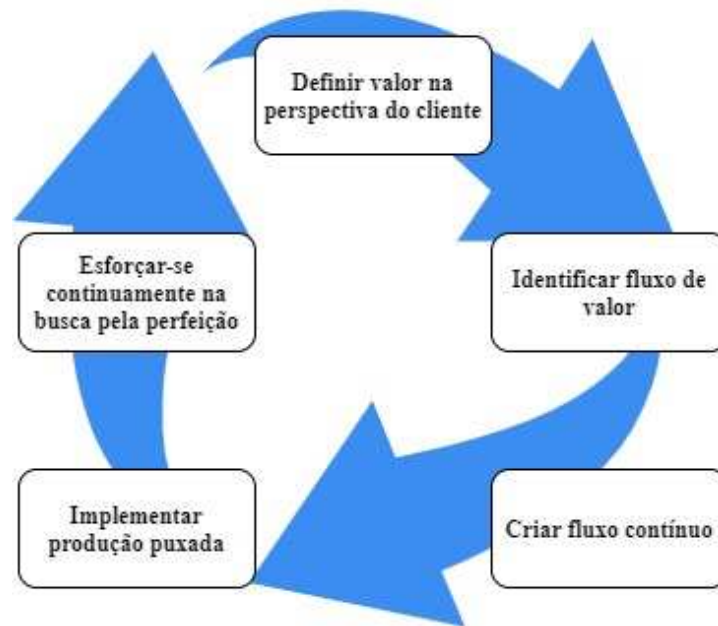
constantes (WOMACK; JONES, 2004). Este pensamento enxuto é descrito por meio de 5 princípios apresentados à seguir, segundo a visão de Womack e Jones (2004).

- Especificar o valor: oferecer um produto ou bem que tenha como objetivo atender às necessidades características do cliente final, além de ser ofertado no momento correto para este cliente e, também, seguindo um preço específico.
- Identificar o fluxo de valor: relacionado ao princípio anterior, um fluxo de valor são todas as etapas necessárias para levar um bem ou serviço a passar pelas tarefas mais críticas de um negócio. Portanto, significa analisar atividades que envolvem da concepção ao lançamento do produto, do processamento da matéria prima à transformação em produto acabado, do recebimento do pedido à entrega ao cliente.
- Gerar fluxo contínuo: após identificar com clareza o valor e eliminar as etapas que geram desperdícios, deve-se criar fluidez contínua na linha de processos, focalizando nas necessidades do produto, ao invés de atentar-se a o que é mais conveniente à organização ou aos equipamentos.
- Implementar fluxo puxado: com o fluxo estabelecido, torna-se necessário deixar que as necessidades do consumidor determinem o ritmo de saída do bem ou serviço, ao invés de empurrar produtos indesejados naquele momento, gerando esforços desnecessários e estoques parados. Este fluxo acontece, pois, uma vez atendidos aos princípios anteriores, o sistema torna-se capaz de projetar e fabricar exatamente o que o cliente deseja, permitindo-o puxar o fluxo, e por consequência, gerando somente o que é necessário ao consumidor.
- Buscar a perfeição: este último princípio aparece como consequência dos demais. O estímulo para a perfeição se baseia na transparência, uma vez que todos os envolvidos possuem ampla visão do sistema enxuto. Desta forma, os meios de maior geração de valor se evidenciam. Outro estímulo relevante é a constância de *feedbacks* para os funcionários, que estimula a melhoria contínua.

Durante a busca pelo fluxo de valor, nota-se que algumas etapas criam valor, enquanto outras não geram valor, mas são inevitáveis e, por outro lado, há etapas que não produzem valor algum, ou seja, representam desperdícios (WOMACK; JONES, 2004).

Por fim, o objetivo destes princípios é estabelecer um fluxo de valor perfeito (Figura 5), ao continuamente identificar e eliminar atividades consideradas como formas de desperdício e focar em tarefas que verdadeiramente criam valor (THANGARAJOO; SMITH, 2015).

Figura 5 –Atuação conjunta dos cinco princípios da filosofia lean



Fonte: Adaptado de Thangarajoo e Smith (2015)

Como forma de transmitir esta filosofia para a produção de indústrias e operações de serviços, o *Lean Manufacturing* (LM) é definido como o conjunto de técnicas e atividades a serem aplicadas usando os preceitos *lean* (RAHANI; AL-ASHRAF, 2012).

2.3.2 *Lean Manufacturing* (LM)

Um sistema de produção engloba todas as atividades ligadas na geração de bens ou serviços (MOREIRA, 2000). Neste contexto, o LM originou-se do Sistema Toyota de Produção (STP), que estimulou a transformação mundial em toda a cadeia de suprimentos da Toyota, ao aplicar os princípios da manufatura enxuta (LIKER, 2005).

Dentro da aplicação do *Lean Manufacturing*, há diversas ferramentas e técnicas disponíveis e que já foram amplamente utilizadas em diferentes setores da manufatura (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007). A Tabela 2 apresenta uma breve descrição de alguns destes mecanismos e introduz suas respectivas vantagens de aplicação.

Tabela 2 – Algumas ferramentas do *Lean Manufacturing* (continua)

Ferramenta	Descrição	Vantagens
5S	Conjunto de atividades que visam eliminar perdas que contribuem para a geração de desperdícios, bem como possíveis acidentes de trabalho (LIKER, 2005)	Processo contínuo de melhoria do ambiente de trabalho (LIKER, 2005) Incentivo aos colaboradores de se responsabilizarem pela organização do meio em que estão inseridos Redução do desperdício de recursos (CHERRAFI et al., 2016)
<i>Just-in-time</i>	Conjunto de técnicas e ferramentas que tem como foco atender às necessidades do cliente final ao entregar o produto em quantidades reduzidas (evitar a geração de estoques), mas que sejam exatamente o que o cliente precisa e com tempo de entrega curto (LIKER, 2005)	Melhor planejamento da produção Geração de fluxo contínuo Sistema puxado (LIKER, 2005)
<i>Kanban</i>	Sistema de sinalização para garantir a produção <i>just-in-time</i> , por meio da orientação puxada da reposição de peças ao longo do processo produtivo, à partir de critérios previamente estabelecidos para o momento da sinalização da reposição (LIKER, 2005)	Não geração de estoque desnecessário entre as etapas de produção (LIKER, 2005) Auxílio na identificação de falhas e ações desnecessárias (CHERRAFI et al., 2016)
<i>Kaizen</i>	Ferramenta de melhoria contínua rápida por meio da modificação de processos e padrões (MELTON, 2005)	Desenvolvimento de uma cultura de resolução de problemas na organização Engajamento dos colaboradores e estímulo ao desenvolvimento da criatividade dos mesmos (CHERRAFI et al., 2016)
Manufatura celular	Organiza o processo de fabricação de um determinado produto em células, incluindo todas as máquinas necessárias, equipamentos e operadores (NAHMIAS, 2009)	Os recursos dentro da célula são arranjados de forma a facilitar todas as operações (NAHMIAS, 2009)

Tabela 3 – Algumas ferramentas do *Lean Manufacturing* (conclusão)

Ferramenta	Descrição	Vantagens
Mapeamento do Fluxo de Valor	Ferramenta que descreve todo o fluxo de valor do material e das informações envolvidas no processo à medida que estes percorrem o caminho de produção (ROTHER; SHOOK, 2007)	Ferramenta chave que auxilia na identificação da aplicação de outras ferramentas do <i>Lean Manufacturing</i> (RAHANI; AL-SHRAF, 2012)
Ciclo PDCA	Composto por etapas de planejar (planejar e estabelecer os resultados esperados), fazer (implementar o plano), checar (verificar se os resultados esperados foram alcançados) e agir (revisar, avaliar e fazer novamente) na busca pela melhoria contínua (DEMING, 1990)	Ferramenta que facilita o planejamento e desenvolvimento de ações para alcançar os objetivos propostos, fazer avaliações, reajustes e melhoria contínua (DEMING, 1990)
TPM (<i>Total Productive Maintenance</i>)	Manutenção produtiva total. Promove a manutenção preventiva e proativa de equipamentos como forma de aumentar sua vida útil (VINODH; GAUTHAM; RAMIYA, 2011)	Busca evitar avarias, atingir zero defeitos, garantindo disponibilidade, eficácia, eficiência e condições ideais de máquinas e equipamentos (GARZA-REYES et al., 2018)
<i>Poka Yoke</i>	Método a prova de erros em que a detecção de problemas e a prevenção estão inclusas no sistema produtivo (NARAYANAMURTHY; GURUMURTHY; LANKAYIL, 2018)	Traz o foco em processos e na melhoria do produto, além de auxiliar na redução de desperdícios, reduzindo erros e defeitos (VINODH; GAUTHAM; RAMIYA, 2011)

Fonte: Autora

Em resumo, o objetivo da aplicação destas ferramentas é o mesmo – eliminar todas as atividades que não geram valor e reduzir desperdícios do negócio (RAHANI; AL-SHRAF, 2012). Entre as ferramentas mencionadas, o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é foco de estudo do próximo tópico, por ser efetivo na aplicação do *Lean Manufacturing* e na geração de valor (GAHAGAN, 2007).

2.3.3 Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)

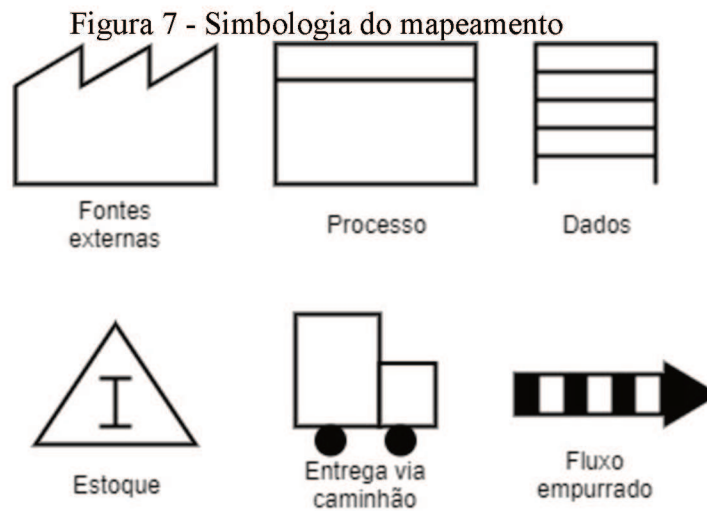
Na manufatura enxuta, o fluxo de informações, que determina para cada atividade o que deve ser fabricado ou qual será a próxima etapa, é tão importante quanto o fluxo do produto, que representa o caminho que o material percorre na produção (ROTHER; SHOOK, 2007). Esta afirmação se justifica pelo fato de que cada fluxo produtivo possui as suas particularidades e estas somente são evidenciadas quando analisados estes dois fluxos em conjunto (ROTHER; SHOOK, 2007). Por isso a importância de uma ferramenta que acompanhe estes dois fluxos, como é o caso do MFV.

Para a aplicação do mapeamento, é necessário seguir algumas etapas padronizadas, conforme simboliza a Figura 6. A primeira etapa serve como um direcional do fluxo a ser analisado, visto que explorar diversas famílias de produto, ou seja, produtos com etapas similares de processamento, é uma atividade bastante trabalhosa (ROTHER; SHOOK, 2007).



Fonte: Autora

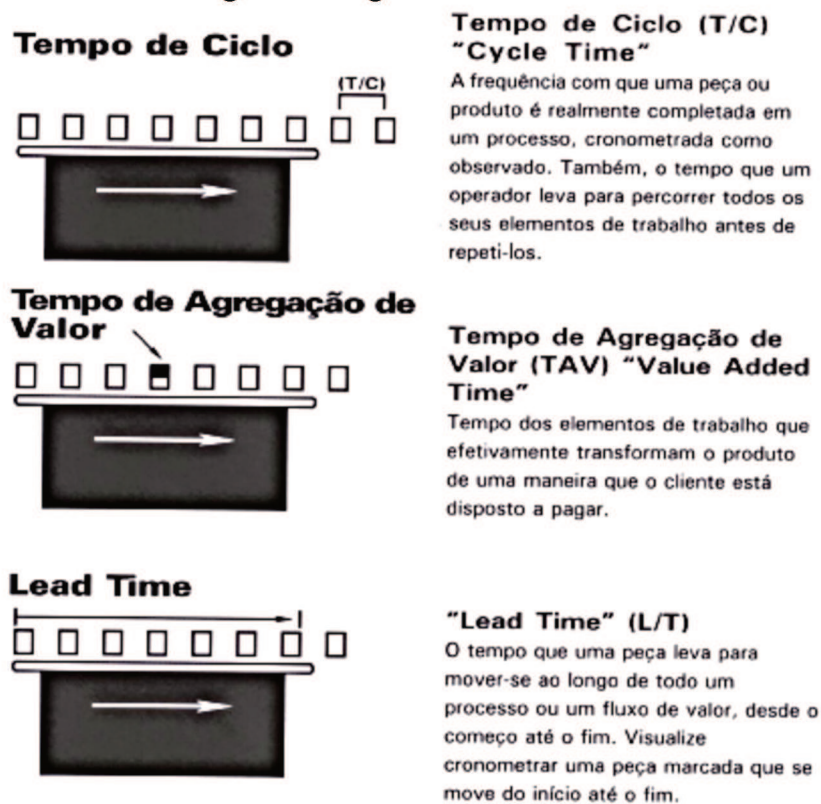
A etapa seguinte deve ser elaborada a partir de observações presenciais e representada visualmente, inicialmente por um esboço feito à mão (ROTHER; SHOOK, 2007). Como recomendações adicionais, o mapa deve seguir uma simbologia padrão (Figura 7), ademais, o mapeamento deve se iniciar do ponto de maior contato com o cliente e seguir o fluxo à partir do mesmo (ROTHER; SHOOK, 2007). Ou seja, as observações devem começar no ponto de expedição do produto e finalizar no recebimento de material.



Adaptado de Rother e Shook (2007)

Além da simbologia específica, o mapeamento também pode indicar algumas métricas de tempo, conforme a Figura 8.

Figura 8 – Algumas métricas *lean*



Fonte: Rother e Shook (2007)

Outro tempo relevante é o *takt time*, que define o ritmo da produção de forma que este acompanhe a demanda de vendas (ROTHER; SHOOK, 2007). Este tempo é definido pela Equação 1.

$$takt\ time = \frac{\text{tempo de trabalho disponível por turno}}{\text{demanda do cliente por turno}} \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo assim, na segunda etapa, ao finalizar o mapa do estado atual, tem-se como resultado uma base para a análise de todo o sistema e as suas fraquezas, e por consequência, na etapa 3, é desenvolvida uma representação de como o sistema deve funcionar após a remoção de todos os pontos de ineficiência (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007). Por fim, é importante salientar que um mapa do estado futuro deve responder a todas as questões e problemas relacionados a ineficiência do fluxo e deve resultar na aplicação técnicas de ferramentas *lean* (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007).

Desta forma, ao passar por todas as etapas, inicia-se a proposta de trabalho e implementação do fluxo enxuto, através do planejamento de como atingir o estado futuro (ROTHER; SHOOK, 2007). Todavia, ao alcançar o estado futuro programado, um novo mapa de estado futuro deve ser elaborado; isto se justifica pela busca da melhoria contínua no fluxo de valor (ROTHER; SHOOK, 2007).

Portanto, o principal objetivo do MFV é identificar e eliminar os 7 desperdícios mencionados anteriormente (ROTHER; SHOOK, 2007), desta forma, uma das vantagens de utilizar uma ferramenta visual como esta é a possibilidade de enxergar o fluxo de valor como um todo, ao invés de realizar análises individuais de processos (MCDONALD; VAN AKEN; RENTES, 2002). Logo, por consequência, decisões estratégicas são facilitadas e o fluxo de valor é aprimorado (MCDONALD; VAN AKEN; RENTES, 2002).

Além deste benefício mencionado, as técnicas enxutas a serem utilizadas como melhoria não resultarão em ações isoladas, mas em uma aplicação ao todo (ROTHER; SHOOK, 2007). Por fim, utilizar o MFV fornece uma base ao plano de implementação, pois trata-se de uma ferramenta qualitativa e que fornece detalhes ao demonstrar a forma otimizada quais melhorias o processo que está sendo analisado deve seguir para gerar fluxo contínuo (ROTHER; SHOOK, 2007).

Em adição, mapear o fluxo de valor pode gerar vantagens além das melhorias no processo produtivo; esta ferramenta pode sugerir melhorias à rotina do trabalhador, como

aprimorar questões ergonômicas e atuar na saúde e segurança do mesmo, além de ser utilizada como suporte em análises do ciclo de vida dos produtos e identificar perdas ambientais no processo (CHERRAFI et al., 2016).

Por fim, a aplicação da filosofia *lean* não se limita apenas a processos industriais, pois entre as diversas utilidades, é possível empregá-la no contexto dos resíduos sólidos urbanos. O MFV pode ser utilizado para o desenvolvimento sustentável no trabalho das cooperativas de catadores de materiais recicláveis, mesmo em situações em que nunca houve contato prévio com ferramentas do LM (TORTORELLA et al., 2018).

2.4 FILOSOFIA *LEAN* APLICADA À GESTÃO SUSTENTÁVEL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

No contexto da gestão sustentável dos RSU, por meio do mapeamento do estado atual do fluxo de valor e a identificação pontos de melhorias, propõe-se um mapa do estado futuro, onde é considerada a situação fragilizada da cooperativa, além das limitações envolvidas ao processo de tratamento dos resíduos e os aspectos organizacionais (DA FONSECA et al., 2017).

Desta forma, com a visão ampla proposta pelo mapeamento, é possível sugerir padronizações e formalizações nos processos de uma cooperativa, uma vez que esta ferramenta permite a facilitação do entendimento dos procedimentos a serem realizados mesmo por trabalhadores com pouca experiência (DA FONSECA et al., 2017).

Para a aplicação do MFV, primeiramente, é necessária uma coleta de dados aprofundada da condição dos centros de triagem, visto que há diversos fatores críticos envolvidos, como a dificuldade em tarefas diárias devido à limitação financeira e técnica e a condição social impactando diretamente no trabalho (TORTORELLA et al., 2018). Ademais, é necessário que a liderança a cooperativa esteja disposta a participar em promover mudanças (TORTORELLA et al., 2018).

Em adição, na busca por maior geração de valor ao produto final e alavancagem dos resultados econômicos da associação, é plausível propor a compra de equipamentos para aumentar a eficiência do processo, além da inserção de processos adicionais de valorização do material segregado, como processos de limpeza (DA FONSECA et al., 2017).

Portanto, para exemplificar o que seriam possíveis oportunidades de melhoria, tem-se no estudo de Tortorella et al. (2018) as oportunidades listadas na Tabela 4. É necessário salientar

que os processos que foram identificados podem ou não estarem presentes em outras cooperativas.

Tabela 4 - Descrição das melhorias propostas por processo após a aplicação do MFV

Processo	Descrição das oportunidades de melhoria
Abastecimento da separação	Redimensionamento do estoque de recebimento para manter um fluxo ininterrupto entre esta etapa a entrega do resíduo
	Uso da gravidade para facilitar o processo de recebimento
	Uso de gerenciamento visual no recebimento para permitir a antecipação do supervisor no caso de falta de algum material
Separação	Equilibrar a carga de trabalho e definir tempos de ciclo
Transporte	Revisar o tamanho dos lotes transportados e da embalagem de transporte interno
	Reduzir o tamanho do lote de prensagem
Prensagem	Melhorar o tempo de troca da prensa
	Definir procedimento padrão para os trabalhadores
Armazenagem	Implementar gestão visual para os produtos acabados

Fonte: Adaptado de Tortorella et al. (2018)

Além do MFV, outras ferramentas do *Lean Manufacturing* podem ser aplicadas no ambiente de tratamento de resíduos sólidos urbanos, como o 5S, reduzindo o desperdício de tempo e de materiais, aprimorando a disponibilização das ferramentas de trabalho e da limpeza local (DA FONSECA et al., 2017).

Para a aplicação do 5S, é necessário que os trabalhadores entendam bem o que cada “S” (senso) representa; esta introdução ao tema pode ocorrer por meio de treinamentos, para que posteriormente, seja possível aplicar o programa e contribuir com a organização das áreas de trabalho (JUNIOR e BATTAGLIA, 2013). Como suporte para efetiva implementação do 5S, é possível desenvolver um sistema de auditoria semanal para acompanhar a organização, utilizando fotografias de como seria a organização ideal como referência, por exemplo (JUNIOR e BATTAGLIA, 2013).

Todavia, em algumas situações não é possível aplicar técnicas de produção enxuta, como trabalho em células e padronizado, devido a algumas dificuldades que uma cooperativa pode enfrentar, tendo como exemplo a escassez de recursos para aquisição de novos equipamentos, recebimento não contínuo de materiais para processamento ou quando os materiais que chegam ao centro de triagem se encontram em estado bastante precário (JUNIOR e BATTAGLIA, 2013).

Porém, estas dificuldades não impedem a eliminação de desperdícios e a geração de um fluxo de valor o mais próximo possível do contínuo (JUNIOR e BATTAGLIA, 2013). O importante é incluir os trabalhadores no universo *lean* para que eles incorporem a busca pela melhoria na produtividade (JUNIOR e BATTAGLIA, 2013).

Na pesquisa de Junior e Battaglia (2013), a participação dos trabalhadores nas discussões sobre desenvolvimento do processo produtivo fez com que singelas ações fossem tomadas para melhoria do fluxo de valor. Como exemplo, antes os trabalhadores triavam o material em mesas individuais, todavia, com os debates promovidos, chegaram à conclusão de que realizar a triagem em mesas para grupos tornaria o ritmo de trabalho bastante próximo do fluxo contínuo, uma vez que não haveria interrupção do trabalho ou movimentação dos materiais entre as mesas.

Outro ponto desenvolvido na pesquisa de Junior e Battaglia (2013) foi a aproximação dos espaços de trabalho, além da não acumulação do material em lotes antes do início do processamento. Desta forma, reduziram a quantidade de estoque e desenvolveram uma forma de produção puxada, já que quando o material chegava ao galpão, já era direcionado para as demais etapas, sem esperas.

Conseqüentemente, resultou-se na aplicação do *kaizen*, processo de melhoria contínua com a participação dos resultados na atuação, visto que os trabalhadores passaram a interagir e colaborar ativamente na obtenção de resultados sustentáveis para a cooperativa (JUNIOR e BATTAGLIA, 2013).

Portanto, como resultado da aplicação da filosofia *lean* na gestão sustentável dos RSU, tem-se o fortalecimento da atuação da associação em questão, a otimização o reaproveitamento de resíduos e, conseqüentemente, a extração de recursos naturais e geração de rejeitos, princípios presentes de forma evidente na PNRS (DA FONSECA et al., 2017). Em adição, visto que muitas cooperativas são geridas por comunidades de baixa renda, quanto mais produtivas estas associações se tornarem, maior será a arrecadação dos trabalhadores (TORTORELLA et al., 2018).

Ademais, ao complementar o valor inserido no material reciclável, as cooperativas podem almejar atender compradores maiores que exigem um volume maior, dada a situação de que muitas associações de catadores vendem para clientes que realizam a intermediação entre a associação e uma empresa recicladora (DA FONSECA et al., 2017).

Desta forma, a filosofia *lean* auxilia a inserir efetivamente os cooperados no sistema de produção, uma vez que este modelo fomenta a aprendizagem no trabalho, fazendo com que os participantes da cooperativa entendam onde estão inseridos e participem das discussões de eliminação de obstáculos, gerando melhoria contínua e trazendo resultados positivos de produtividade e aumento da renda (JUNIOR e BATTAGLIA, 2013). Entretanto, para que a perfeição seja buscada continuamente, é necessário ter disciplina para colocar em prática as ações propostas e realizar a manutenção das mesmas (JUNIOR e BATTAGLIA, 2013).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente capítulo descreve a metodologia científica aplicada durante o desenvolvimento deste trabalho e quais as etapas foram seguidas, com o intuito de alcançar os objetivos propostos.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Como primeira caracterização, este trabalho se enquadra dentro do campo das Engenharias, com enfoque na Engenharia Sanitária e Ambiental. Já em relação à natureza da pesquisa, ou finalidade, esta condiz com a pesquisa aplicada, pois produz resultados visíveis, atendendo a necessidades específicas, e não apenas gerando novo conhecimento (SCHWARTZMAN, 1979).

Para desenvolver os objetivos descritos neste presente trabalho, foi utilizada como base a pesquisa exploratória, cujo objetivo principal é se familiarizar de forma precisa com um dado tema a ser investigado, para que, em seguida, possa se dar continuidade ao estudo principal (THEODORSON e THEODORSON, 1970). Este tipo de estudo permite que o pesquisador escolha as técnicas mais adequadas e quais questões precisam de maior enfoque (THEODORSON e THEODORSON, 1970).

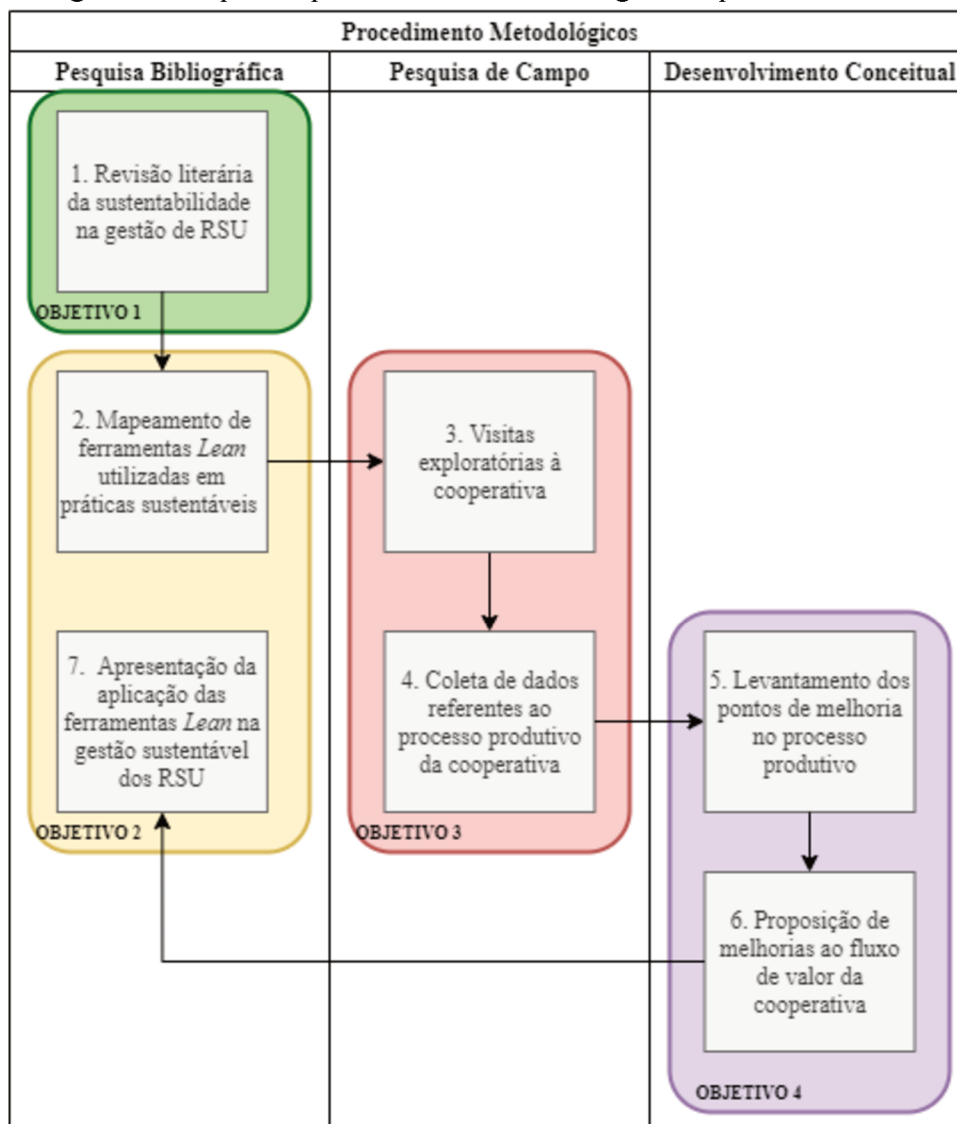
No campo da pesquisa exploratória, a abordagem foi predominantemente qualitativa, visto que ocorre a interpretação dos fenômenos observados e os seus respectivos significados, além de considerar a particularidade da situação (NASCIMENTO e SOUSA, 2016). Desta forma, a pesquisa qualitativa se evidencia na análise da realidade que a cooperativa está inserida e quais fatores podem ser introduzidos para aprimorar a qualidade de vida dos trabalhadores, seguindo os três pilares da sustentabilidade.

Por fim, analisa-se a classificação referente aos procedimentos técnicos. Neste caso, a pesquisa enquadra-se em estudo de caso, pois busca analisar um caso particular e interpretar um fenômeno específico neste contexto, retratando a realidade observada (YIN, 2005).

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

A seguir, são apresentados os diferentes procedimentos metodológicos a serem utilizados, que fazem parte da caracterização da pesquisa do presente trabalho. A Figura 9 ilustra as etapas seguidas de modo a atingir os objetivos propostos.

Figura 9 - Etapas do procedimento metodológico do presente trabalho



Fonte: Autora

A pesquisa bibliográfica tem como objetivo fazer com que o autor tenha contato com o que já foi escrito e publicado sobre um determinado tema de pesquisa presente na bibliografia (DE PÁDUA, 2019). Desta forma, durante a etapa 1 da Figura 9, a fim de atender o primeiro

objetivo específico apresentado, ou seja, buscar evidências da sustentabilidade na gestão dos resíduos sólidos urbanos, utilizou-se da pesquisa bibliográfica para analisar o que existe sobre os temas na literatura.

Como ferramentas de busca, optou-se pela base de dados *Scopus*; a Tabela 5 apresenta os resultados encontrados. Dentro dos critérios de pesquisa, primeiramente definiu-se que os termos de busca poderiam estar presentes tanto no título, quanto no resumo e em palavras-chave. Em adição, buscou-se somente por artigos publicados desde 2015 até a data atual, como forma de avaliar a nível mundial e nacional o impacto de políticas sustentáveis.

Tabela 5 - Critérios de busca para a revisão da literatura (objetivo 1)

Palavras chave e critérios de inclusão	Artigos encontrados	Artigos descartados	Artigos analisados
1. <i>"urban solid waste" OR "municipal solid waste") AND ("sustainability" OR "triple bottom line")</i>	464	407	57
2. <i>("sustainability" OR "triple bottom line") AND ("waste pickers" OR "scavengers")</i>	65	43	22

Fonte: Autora

Os resultados apresentados na Tabela 5 estão colocados na ordem em que foram realizados. Os artigos descartados são aqueles que em uma primeira análise, o título não indicava nenhuma relação com os tópicos de RSU e sustentabilidade; também aqueles com resumo não relacionado com as práticas buscadas, ou com a revisão dos conceitos de sustentabilidade, ou os artigos que tratavam da sustentabilidade no gerenciamento dos resíduos sólidos fora da delimitação do trabalho. Também são considerados dentro desta categoria documentos que já haviam aparecido em buscas anteriores.

Desta forma, totalizaram 79 artigos a serem analisados para o desenvolvimento do primeiro objetivo. Após a leitura de cada um dos artigos, compilou-se as práticas descritas em que a sustentabilidade foi evidenciada na gestão dos resíduos sólidos urbanos, ou possíveis desafios. Dentro de cada prática, evidenciou-se as três dimensões da sustentabilidade – ambiental, social e econômica, bem como a integração das mesmas.

Na etapa 2 da Figura 9, foi adotado um procedimento de busca na base de dados *Scopus* muito similar em relação à etapa anterior, seguindo os mesmos critérios apresentados, ou seja, termos de busca presentes tanto no título, quanto no resumo e em palavras-chave e somente

artigos publicados desde 2015 até a data atual, como forma de limitar a quantidade de artigos a serem analisados. A Tabela 6 apresenta o resultado.

Tabela 6 - Critérios de busca para a revisão da literatura (objetivo 2)

Palavras chave e critérios de inclusão	Artigos encontrados	Artigos descartados	Artigos analisados
("lean" OR "lean manufacturing" OR "lean philosophy" OR "lean thinking") AND ("sustainability" OR "triple bottom line")	502	353	149

Fonte: Autora

Nesta busca, foram descartados os artigos cujo título e/ou resumo não apresentavam relação com a discussão de ferramentas da filosofia *lean* aplicáveis ao contexto da sustentabilidade. Devido à possibilidade de utilização dos conceitos *lean* em diversos ambientes, não houve a necessidade de restringir a busca à temática dos resíduos sólidos. Portanto, totalizaram 149 artigos a serem analisados.

Como etapa 3 da Figura 9 tem-se a pesquisa de campo, que serve para verificar as variáveis envolvidas no trabalho e obter os resultados de forma prática (DE PÁDUA, 2019). Foi selecionada uma cooperativa de Florianópolis para que fosse possível aplicar o estudo; o critério de seleção foi o local que se mostrou mais receptivo ao recebimento de visitas. No presente trabalho, a cooperativa em questão não será identificada, com o intuito de avaliar o processo de forma crítica, preservando a imagem do local em estudo.

Após a definição da cooperativa, foram realizadas diversas visitas ao local entre outubro e dezembro de 2019; estas visitas ocorriam 2 vezes por semana, levando em média 2 horas. O objetivo inicial era obter um panorama das rotinas e as principais dificuldades enfrentadas pela organização.

No início, ocorreram conversas com o presidente da cooperativa e com assistentes sociais voluntárias no local que tinham conhecimento sobre a rotina da organização. Em seguida, iniciou-se a etapa 4 da Figura 9, o acompanhamento do processo produtivo para coleta de dados necessários ao desenvolvimento do mapa do estado atual, componente do MFV.

Assim, com o levantamento de dados referente ao fluxo de produção, foi possível identificar pontos de melhoria, referindo-se à etapa 5 da Figura 9, com base nos sete desperdícios da filosofia *lean*. Analisando estes desperdícios e todo o contexto da sustentabilidade, foi possível propor formas de otimizar o fluxo de valor da cooperativa e junto

a este estágio, conforme a etapa 7 da Figura 9 foi verificado entre os resultados obtidos na pesquisa bibliográfica quais ferramentas do LM poderiam ser aplicadas ao contexto da cooperativa, refletindo nos impactos à sustentabilidade.

4 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos no presente trabalho. Primeiramente, são abordados o material obtido pela pesquisa bibliográfica, inicialmente discutindo a sustentabilidade aplicada na gestão dos resíduos sólidos urbanos e em seguida, as práticas *lean* aplicáveis a manufaturas sustentáveis, visto que o processo produtivo da cooperativa realiza alterações no material reciclável. Por fim, é desenvolvido um *framework* conceitual como forma de sintetizar como estes dois temas se relacionam e contribuem para o presente trabalho.

Depois, tem-se os resultados encontrados nas visitas realizadas na cooperativa para que com base nisto, seja possível propor melhorias ao processo com base nos levantamentos da pesquisa bibliográfica.

4.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

4.1.1 A Sustentabilidade na Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos

Neste tópico, são apresentadas práticas que contribuem para evidenciar a sustentabilidade presente na gestão dos resíduos sólidos urbanos. Apesar de alguns autores avaliarem a sustentabilidade em outros aspectos além do social, econômico e ambiental, como cultural, político, institucional (ARAMIAN et al., 2020; BARROS; SILVEIRA, 2019; DE S. PEREIRA; FERNANDINO, 2019; MONTEIRO et al., 2016), institucional, técnico (PEREIRA; CURI; CURI, 2018a; IYAMU; ANDA; HO, 2020), ou até mesmo performance (ABDOLI; REZAEI; HASANIAN, 2016), este trabalho tem seu foco no tripé sustentável.

Este capítulo apresenta os resultados que mais se evidenciaram durante a pesquisa realizada, considerando as delimitações do trabalho. Desta forma, os tópicos estão organizados de forma que, primeiramente, seja discutido o modelo de economia circular e no final, apresentada a sustentabilidade aplicada em cooperativas de catadores. Como forma de contrastar os pontos apresentados, no último tópico tem-se os desafios encontrados para a aplicação da sustentabilidade no contexto dos RSU.

4.1.1.1 Economia Circular (EC)

A Economia Circular tem como objetivo coordenar um ciclo produtivo fechado, utilizando recursos de forma eficiente com enfoque na reutilização, apesar de que, atualmente, os modelos existentes apresentam soluções em sua maioria voltadas à reciclagem (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016). Como resultado, tem-se o alcance do equilíbrio entre economia, meio ambiente e sociedade (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016).

Na transição para uma EC, é importante capturar o potencial de criação de valor do resíduo para alcançar o seu uso eficiente (ZACHO; MOSGAARD; RIISGAARD, 2018). Neste sentido, a forma de melhor obter este resultado é a preparação do RSU para reuso, por meio do enfoque das atividades de preparação do resíduo neste fim, deixando a reciclagem para casos em que não há esta possibilidade (ZACHO; MOSGAARD; RIISGAARD, 2018).

Após a consideração das oportunidades de reuso, é necessário analisar questões como tecnologias necessárias (sejam estas existentes ou não), suprimento da matéria prima, confiabilidade do produto de saída, custos a serem evitados, impactos ambientais mitigados, valor dos produtos alternativos, custos envolvidos e impactos ambientais de novas etapas, caso estas sejam aplicáveis (SMITH et al., 2015).

Dentro da temática dos resíduos sólidos, além de empresas que atuam neste ramo, é possível atrelar à EC a participação de catadores (GUTBERLET et al., 2017). Muitas vezes estes trabalhadores fazem parte deste sistema de forma inconsciente e em pequena escala, ao realizarem atividades que beneficiam as três frentes da sustentabilidade (GUTBERLET et al., 2017), por reinserirem materiais no ciclo produtivo (RIBEIRO SIMAN et al., 2020).

Para que os catadores consigam atuar na EC de forma eficiente, é necessário que eles façam uso de ferramentas de governança que os auxiliem a gerar valor ao produto reintroduzido no mercado (RIBEIRO SIMAN et al., 2020). Todavia, quando não há conhecimento para desenvolvimento destas práticas, é possível atingir esta geração de valor por meio de articulações entre cooperativas de catadores e o meio privado, buscando sinergia entre os envolvidos (GUTBERLET et al., 2017).

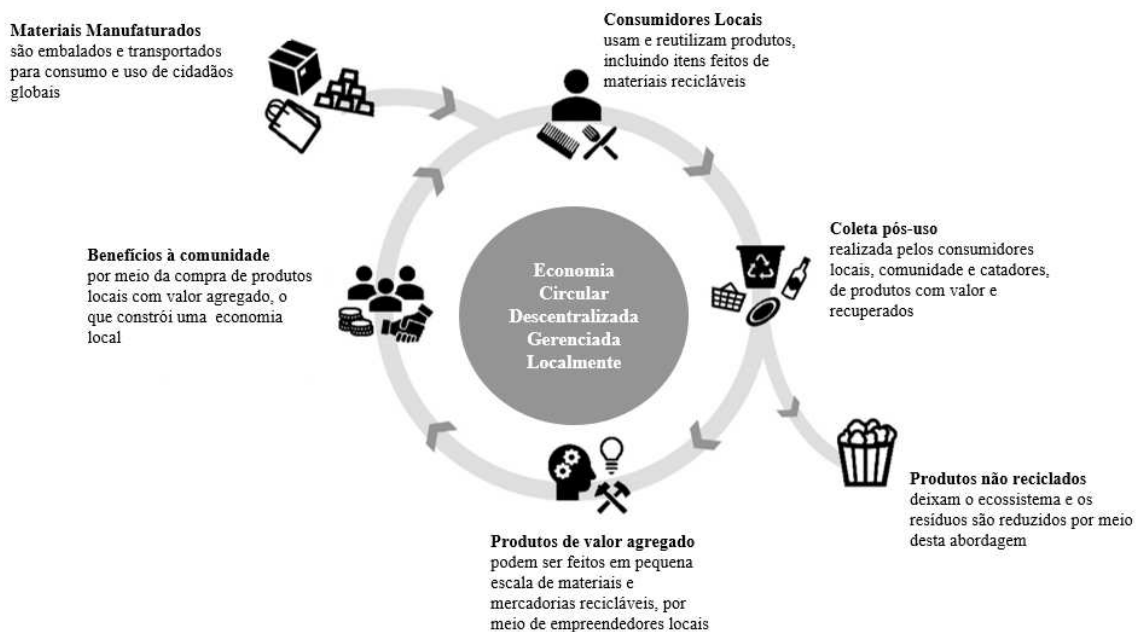
Nesta articulação, o ente privado se responsabiliza por desenvolver ações de educação ambiental e desenvolvimento profissional para os catadores, auxiliar na compra de equipamentos, promover melhorias em infraestrutura como forma de gerar valor ao trabalho, entre outras atividades (GUTBERLET et al., 2017). Como resposta, o trabalho da cooperativa

resulta no aumento da sua taxa de recuperação de matéria-prima, reduzindo custos envolvidos, além do auxílio para o cumprimento de leis vigentes (GUTBERLET et al., 2017).

Como forma de garantir que esta relação aconteça de forma justa para ambos os lados, é importante a existência de políticas públicas norteadoras que definam acordos para fortalecer a relação deste grupo com grandes geradores de resíduo, ampliando a atuação dos catadores para além dos resíduos provenientes pelo município (GUTBERLET et al., 2017).

Por outro lado, a EC também pode se desenvolver em casos em que não há uma estrutura governamental consolidada para questões relacionadas a resíduos, muito recorrente em países em desenvolvimento, onde é possível ocorrer o progresso do modelo por parte dos consumidores locais (JOSHI; SEAY, 2019). A Figura 10 ilustra esta ideia.

Figura 10 - Representação do modelo de Economia Circular local



Fonte: Traduzido de Joshi e Seay (2019)

A Figura 10 representa um ciclo fechado, de forma que a única saída deste sistema sejam resíduos que não possam ser reutilizados, coletados ou reciclados pela comunidade e neste contexto, a participação dos catadores também é bastante recomendada (JOSHI; SEAY, 2019). Ademais, por ser um sistema gerenciado pela comunidade, não é necessária uma infraestrutura sofisticada (JOSHI; SEAY; BANADDA, 2019).

Portanto, após apresentar o contexto necessário para desenvolvimento da EC, torna-se possível identificar os pilares da sustentabilidade neste modelo de economia. O aspecto ambiental na EC é evidenciado pela redução dos impactos ambientais do sistema econômico de negócios usuais, ao apresentar um modelo de prevenção e regeneração, melhorando o bem estar geral ao contribuir para a recuperação da integridade do meio ambiente (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016).

Em adição ao contexto ambiental, tem-se a redução da acumulação de resíduos, diminuição da emissão de gases causadores do efeito estufa e de emissões tóxicas, como em locais onde ocorre a incineração (JOSHI; SEAY, 2019). As contaminações de solos e águas mediterrâneas também são reduzidas, visto que os resíduos possuem menor propensão de serem lançados em locais inadequados (JOSHI; SEAY; BANADDA, 2019).

Já o aspecto econômico é desenvolvido por meio da criação de empregos, promoção do empreendedorismo, uso dos recursos e da infraestrutura dos arredores, além da criação de mercados para os produtos que contribuem para a evolução da economia local (JOSHI; SEAY, 2019). Em nível macro de governança, tem-se a dimensão econômica quando recursos são movimentados e destinados exclusivamente a estes serviços nacionalmente, para posterior repasse aos municípios responsáveis pelo gerenciamento (CALDERÓN MÁRQUEZ; RUTKOWSKI, 2020). Em adição, a existência de um sistema de subsídio estruturado auxilia com a preocupação permanente sobre a sustentabilidade financeira (CALDERÓN MÁRQUEZ; RUTKOWSKI, 2020).

Por fim, o aspecto social é observado com a integração dos catadores ao sistema, fornecendo a esta classe de trabalhadores direitos e deveres relativos ao seu trabalho (FERRONATO et al., 2019). Porém, é importante salientar que para suportar esta integração, deve existir a conscientização pública por meio de campanhas de sensibilização (FERRONATO et al., 2019). Neste aspecto, também tem-se a redução de riscos para a saúde gerado pelos resíduos, uma vez que este é totalmente gerenciado, resultando em melhorias na qualidade de vida (JOSHI; SEAY; BANADDA, 2019). Também é possível identificar melhorias estéticas regionais, já que os resíduos possuem local adequado, mas além deste benefício à comunidade, também ocorre o fortalecimento do senso comunitário e o aumento do acesso ao conhecimento (JOSHI; SEAY, 2019).

Exposto isso, tem-se como enfoque o contexto das cooperativas de catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis e como a sustentabilidade em seu cotidiano é aplicada, analisando diversos aspectos.

4.1.1.2 Sustentabilidade nas cooperativas

Considerando que o setor de resíduos é capaz de promover oportunidades significantes de melhoria na qualidade de vida, gerando empregos e auxiliando organizações a progredirem por meio da reciclagem, a união dos catadores por meio de cooperativas é um modo de formalizar um grande número destes trabalhadores em países em desenvolvimento (GODFREY et al., 2017).

Os catadores devem ser vistos como profissionais que trabalham na linha de frente da gestão dos resíduos na introdução de sistemas de produção mais limpa em países em desenvolvimento (TARIQ et al., 2020). Além disso, é importante que o conhecimento destas pessoas sobre manejo de resíduos seja valorizado, devido ao grande contato que possuem, de forma que os catadores participem de tomadas de decisões nas diversas esferas públicas e privadas (GUTBERLET et al., 2017).

Porém, para impulsionar este setor, é necessário que as cooperativas possuam estrutura para receber e processar RSU, seja organizada e autogerenciável, encontre facilidade na execução das etapas produtivas, possua suporte do governo e de outros articuladores, além da habilidade de competir no mercado (RIBEIRO SIMAN et al., 2020). A importância de desenvolver estes pontos se baseia em auxiliar a formalização do trabalho, permitir oportunidades de investimento em infraestrutura e nos processos e aumentar o seu poder de barganha perante o mercado (RIBEIRO SIMAN et al., 2020).

Ademais, é importante que as cooperativas se articulem entre si, como em modelos em que cooperativas menores são gerenciadas por uma organização de catadores maior, visando a regionalidade e o cooperativismo (DE ALMEIDA; FIGUEIREDO; DANTAS, 2017). O objetivo principal deste caso é unir esforços para adicionar valor ao resíduo, beneficiando financeiramente os catadores, ao promover um negócio escalável que reduz a dependência de venda para terceiros da cadeia (DE ALMEIDA; FIGUEIREDO; DANTAS, 2017).

As cooperativas podem se associar a ONGs (Organizações Não Governamentais), por meio de projetos de melhoria; outro meio de auxílio por parte das ONGs é a sua presença em

comunidades locais, conhecendo as características da população do lugar (AZEVEDO; SCAVARDA; CAIADO, 2019). Desta forma, é possível encorajar os moradores a participarem da separação, desenvolvendo o pensamento 3R (reduzir, reciclar e reutilizar) (STOREY et al., 2015).

Além das ONGs, as universidades também podem exercer um papel importante, transmitindo o conhecimento produzido aos catadores, como por meio de treinamentos sobre o manuseio correto dos resíduos, considerando os riscos à saúde e os cuidados envolvidos (MOREIRA; GÜNTHER; RIBEIRO, 2018; MUSSER et al., 2017). Ademais, as universidades, por serem grandes geradoras de resíduos recicláveis, podem promover a sustentabilidade no meio acadêmico por meio da inclusão dos catadores em seus sistemas de coleta seletiva (PINCELLI; MEIRELES; DE CASTILHOS JÚNIOR, 2019).

Os municípios também podem atuar ativamente, ao desenvolver projetos com foco na reciclagem em comunidade, em que os bairros recuperam materiais recicláveis e se beneficiam dos lucros da venda, catalisando o surgimento de liderança comunitária (LAZO; GASPARATOS, 2019). Em adição, os municípios podem facilitar os meios de recuperação de material reciclável, ao estabelecer PEV's em locais distintos para os moradores levarem o seu material reciclável e, conseqüentemente, melhorar as taxas de reuso e reciclagem de toda a cidade (LAZO; GASPARATOS, 2019).

Como todos estes agentes envolvidos, é possível a formação de grupos compostos por ONGs, rede de catadores e sociedade civil para a busca conjunta de soluções para os problemas de RSU, com enfoque na viabilidade técnica e financeira, inclusão social e participação da população (LAZO; GASPARATOS, 2019).

Além do modelo de articulação entre catadores e empresas que querem melhorar a sua gestão de resíduos, conforme mencionada no item sobre Economia Circular (EC), há empresas focadas em promover o empreendedorismo sustentável na área dos resíduos sólidos que também podem estabelecer parcerias com os catadores (CHARLES, 2019).

Nesta articulação, o gerenciamento da organização de catadores fica sob a responsabilidade do empreendedor, enquanto o trabalhador se dedica a sua atividade de manejo, já que possui maior conhecimento nesta área (CHARLES, 2019). Todavia, este manuseio não se restringe à triagem e venda para terceiros de material processado, mas também pode englobar a reprodução de outros produtos com estes materiais, desde que haja infraestrutura necessária (CHARLES, 2019). Além dos ganhos sustentáveis, também há benefícios gerados à

comunidade por meio da sua sensibilização, pois este modelo também busca expandir o conhecimento sobre a temática dos resíduos sólidos (CHARLES, 2019).

Um instrumento previsto na PNRS e já citado na revisão bibliográfica é a logística reversa, que também é uma opção para promover a sustentabilidade por meio da integração dos catadores. A integração pode ocorrer através do desenvolvimento de uma rede de logística reversa, desde que primeiramente seja analisada a viabilidade da alocação dos resíduos em centrais de triagem, as opções de reuso e a participação das cooperativas de catadores, bem como as formas de integrar os nós desta rede de forma otimizada, por meio do balanço de custos envolvidos na redução do transporte com a instalação e operação desta rede (FERRI; DINIZ CHAVES; RIBEIRO, 2015).

Neste contexto, desde que a cooperativa passe por treinamentos e os catadores sejam capacitados tecnicamente e tenha o respaldo dos demais elos envolvidos, é possível a introdução dos mesmos na rede, assim como em outras iniciativas socioambientais (MUSSER et al., 2017). Sendo assim, para que a logística reversa realmente ocorra de maneira integrada e o trabalho dos catadores seja efetivo, a indústria deve atuar além das suas fronteiras, se responsabilizando pelo resíduo (AZEVEDO; SCAVARDA; CAIADO, 2019).

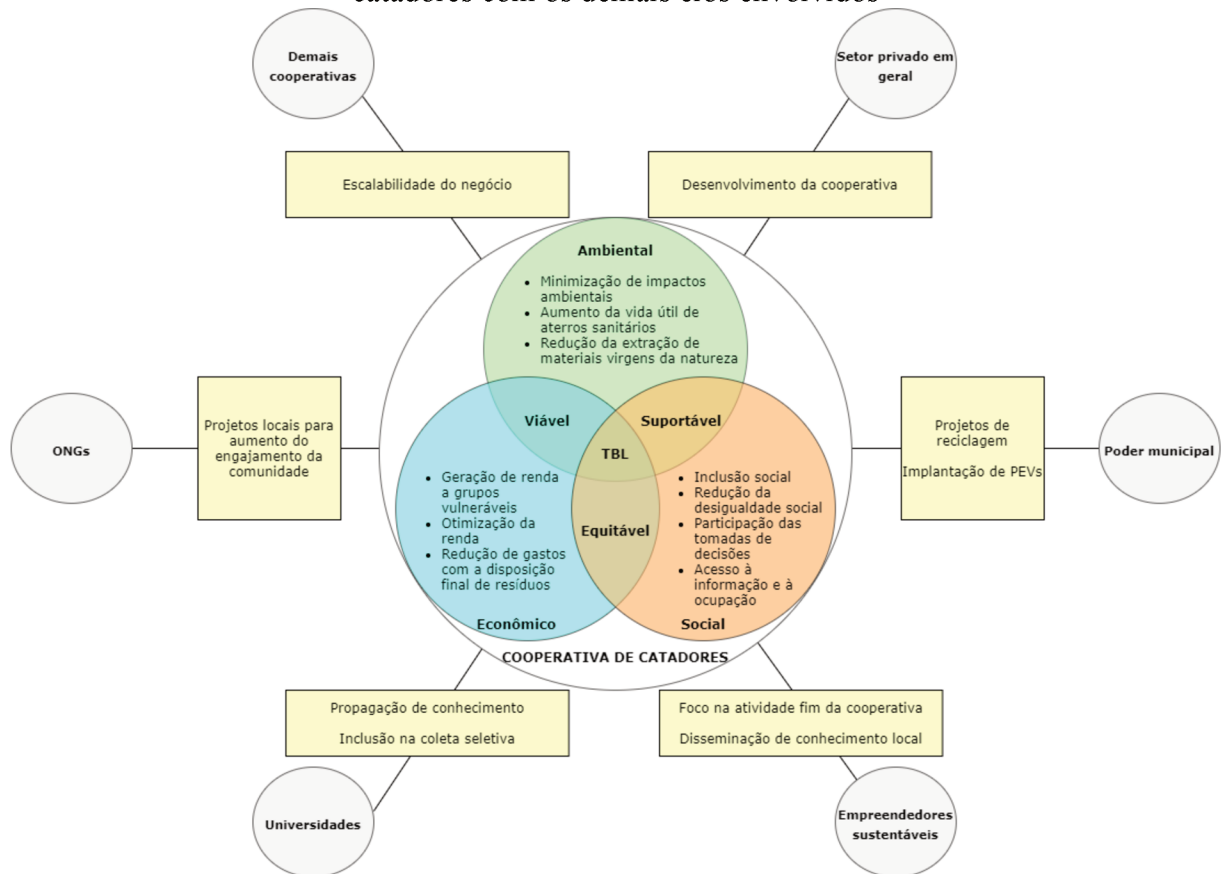
Para isso, devem ocorrer associações ao governo e aos moradores locais, por meio da sensibilização e da realização de *workshops* de remanufatura e reparação de produtos e campanhas de educação ambiental, encorajando a comunidade a dispor seus resíduos corretamente, tornando-os mais acessíveis, seguros e dignos para os catadores, como forma de minimizar os danos sociais e ambientais dos produtos (AZEVEDO; SCAVARDA; CAIADO, 2019).

Em adição, além de auxiliar os catadores com os instrumentos necessários para a reciclagem, os produtos provenientes da indústria devem ser desenvolvidos pensando na reutilização ou remanufatura quando se tornar obsoleto, bem como as suas embalagens (AZEVEDO; SCAVARDA; CAIADO, 2019). Neste sentido, o governo pode incentivar estas ações, como por meio do fornecimento de crédito a estes produtores que contribuem para a sustentabilidade (IYAMU; ANDA; HO, 2020).

Por fim, todos os elos envolvidos – catadores, poder público, instituições não governamentais e iniciativa privada – devem ter claro entendimento de suas funções e suas responsabilidades regulatórias e operacionais, promovendo a cooperação e entregas eficientes,

evitando a sobreposição de atividades (IYAMU; ANDA; HO, 2020). Como síntese desta integração, tem-se a Figura 11.

Figura 11 – Influência no tripé da sustentabilidade da integração das cooperativas de catadores com os demais elos envolvidos



Fonte: Autora

Desta forma, com estas diversas soluções e situações apresentadas, as cooperativas promovem o pilar social através da inclusão social, uma vez que catadores se integram às governanças locais, federais e estaduais e a população (BARROS; SILVEIRA, 2019), reduzindo a desigualdade social (FUSS; VASCONCELOS BARROS; POGANIETZ, 2018).

Este pilar também é explorado quando o alcance da informação é justo, assim como o acesso à educação e ocupação (FUSS; VASCONCELOS BARROS; POGANIETZ, 2018). Em adição, a sociedade fazer parte das tomadas de decisões também é uma forma de ampliar os benefícios ao pilar social (FUSS; VASCONCELOS BARROS; POGANIETZ, 2018).

Outra forma que este pilar aparece é por meio da capacitação aos catadores, quando estes se conscientizam sobre a exposição ao resíduo e sobre como manuseá-lo corretamente, preservando a saúde e o bem estar dos trabalhadores (MUSSER et al., 2017). Ademais, a

capacitação auxilia a empoderá-los sobre a cadeia de valor dos resíduos (CHARLES, 2019). Somando a isso, existe a possibilidade de ampliar as áreas de atuação de uma cooperativa, fazendo com o que o seu impacto seja maior, quando são identificadas outras cadeias de valor para se inserirem (GODFREY et al., 2017).

No pilar ambiental, tem-se a minimização dos impactos ambientais, aumento a vida útil de aterros sanitários, reduzindo a destinação incorreta de resíduos sólidos e o consumo de energia, bem como a menor extração de materiais virgens da natureza (DE ALMEIDA; FIGUEIREDO; DANTAS, 2017). Ademais, benefícios são desenvolvidos a todo o município quando os catadores consegue processar diferentes classes de resíduos, já que a população passa a receber uma alternativa de destinação ambientalmente correta (MUSSER et al., 2017). Por fim, a melhoria da qualidade ambiental contribui para a saúde e segurança de toda a população (IYAMU; ANDA; HO, 2020).

Por último, o pilar econômico é evidenciado pela geração de renda a grupos vulneráveis e a busca por formas de otimizar esta renda (MUSSER et al., 2017), mantendo o potencial produtivo da sociedade (FUSS; VASCONCELOS BARROS; POGANIETZ, 2018). Ademais, quando há financiamento e suporte por parte do governo, o setor tem o potencial de ajudar a minimizar o valor gasto na separação, visto que quanto maior o volume de resíduo não tratado a ser processado, maior o custo associado à disposição final (DAVID; JOHN; HUSSAIN, 2020).

4.1.1.3 Desafios

Apesar dos conceitos mostrados nos capítulos anteriores, o desenvolvimento da sustentabilidade na gestão dos resíduos sólidos urbanos enfrenta uma série de desafios. O primeiro ponto é quando se trata de explorar a sustentabilidade em si, muitos autores não abordam os três pilares, sendo a frente menos explorada a social (GOES et al., 2020; GUTBERLET; BRAMRYD; JOHANSSON, 2020; LA GENNUSA et al., 2018; PHU et al., 2020; PUJARA et al., 2019; VARDOPOULOS et al., 2020; WANG et al., 2020b).

Também é possível notar que quando se busca avaliar os três pilares da sustentabilidade, a falta de dados disponíveis e a dificuldade em obter informações são fatores limitantes (DA SILVA; MARQUES PRIETTO; PAVAN KORF, 2019).

Analisando o aspecto ambiental, a disposição final inadequada ainda é recorrente em diversos estudos, onde contrariando as determinações da PNRS, encontra-se destinação de resíduos em lixões ou até mesmo em terrenos baldios (FEITOSA et al., 2020). Outro fator que dificulta a sustentabilidade ambiental em um sistema de gestão de resíduos é a ausência de coleta seletiva, desperdiçando a oportunidade de reaproveitamento dos RSU (FEITOSA et al., 2020; PEREIRA; CURI; CURI, 2018b).

No âmbito econômico, é encontrada a ausência de fontes específicas de recursos financeiros para a gestão dos RSU, tornando o sistema ineficiente em autonomia financeira (FEITOSA et al., 2020), além dos municípios acabarem por destinar recursos a outros fins (PEREIRA; CURI; CURI, 2018b).

Todavia, há casos em que a cobrança ocorre explicitamente, porém, o montante arrecadado é insuficiente para cobrir as despesas, que muitas vezes apresentam valores elevados devido à ineficiência da coleta e transporte (FERRONATO et al., 2018). Em razão da falta de um sistema estruturado centralizado, muitas cooperativas enfrentam dificuldades em competir no mercado, resultando na negociação contínua com os mesmos clientes, por efeito de fatores como condições de mercado precárias, falta de capacidade de transporte e impossibilidade de acumular resíduos para vendas maiores (RIBEIRO SIMAN et al., 2020).

No aspecto social, são observados sistemas operando com infraestrutura ineficiente, sem mesmo a existência de galpões de triagem (FEITOSA et al., 2020). Dentro das cooperativas, a falta de equipamentos e organização do ambiente de trabalho resulta em outros problemas como necessidade de reorganização diária, falta de identificação e definição de setores para cada etapa da produção, disposição inadequada dos equipamentos, falta de sequência lógica na produção, gerando trabalho desnecessário e estocagem excessiva, e distribuição precária de atividades com base em aspectos físicos dos trabalhadores (RIBEIRO SIMAN et al., 2020).

Neste contexto, a gestão inadequada de resíduos é uma das formas de proliferação de doenças endêmicas, como em casos em que a água se acumula entre os resíduos (VEIGA et al., 2016), gerando enfermidades ou acidentes de trabalho, devido à ausência de medidas de prevenção (AZIMI; DENTE; HASHIMOTO, 2020). Ainda sobre problemas encontrados, há casos de trabalho infantil, justificado pela situação marginalizada dos catadores, fazendo com que o trabalho das crianças da família se torne essencial para a composição da renda (AZIMI; DENTE; HASHIMOTO, 2020).

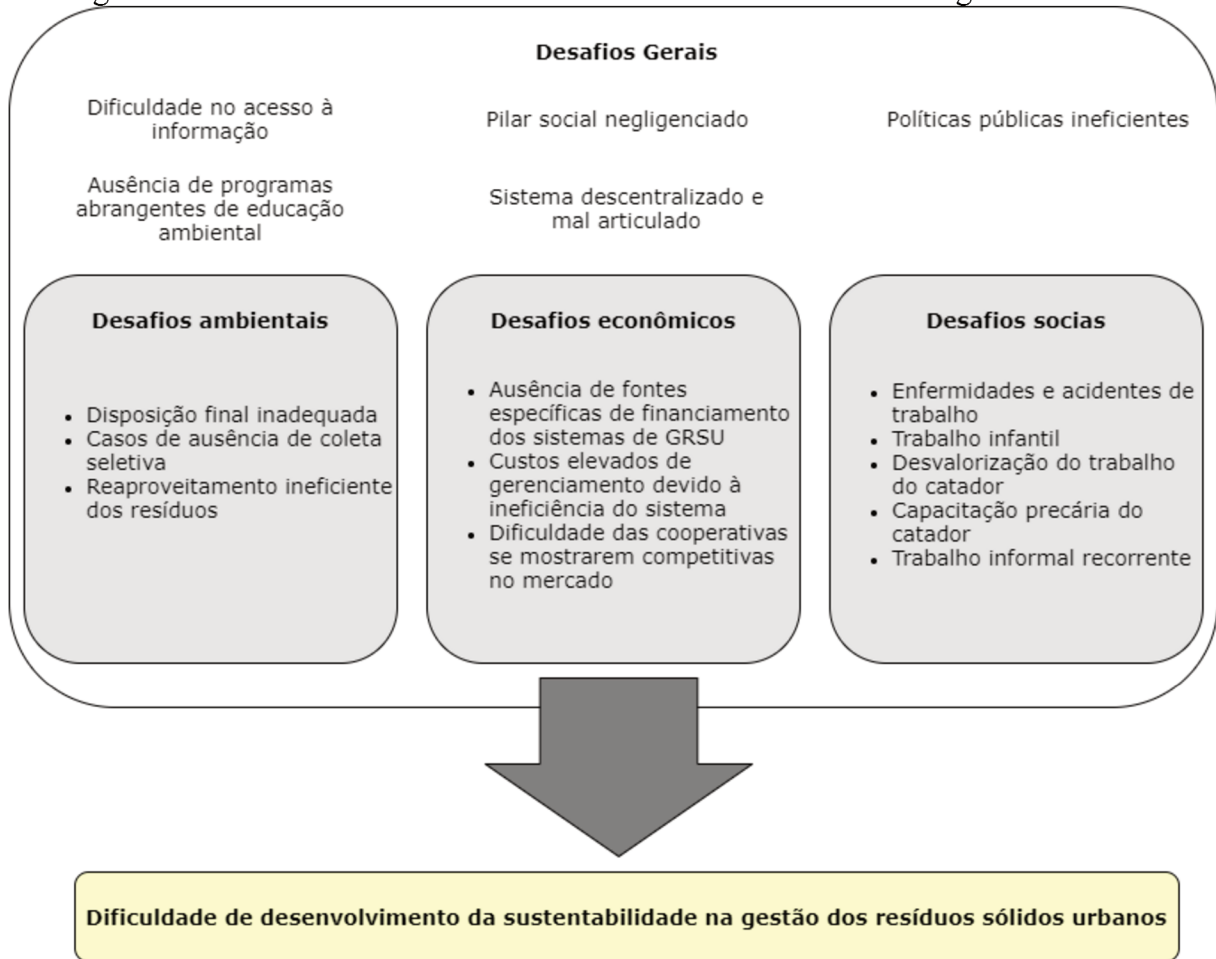
Dentro das cooperativas, em casos em que esta possui um compromisso com o setor privado, a associação de catadores não participa das tomadas de decisão, além de enfrentar diversas dificuldades em seguir procedimentos burocráticos necessários para a regulamentação dos acordos (GUTBERLET et al., 2017). Também em casos como estes em que o poder público também está envolvido, é notada a falta articulação entre os 3 agentes (associação, cooperativa e governo) (GUTBERLET et al., 2017).

Ademais, também foi notada a ausência de políticas municipais para a integração dos catadores (PEREIRA; CURI; CURI, 2018b) e a falta de programas de educação ambiental para a população, visto que muitos destes estão presentes somente em escolas de nível básico (FEITOSA et al., 2020) e mesmo em casos como estes, a cobertura destes programas educativos é inferior a metade das escolas existentes no município (PEREIRA; CURI; CURI, 2018b). Outro ponto levantado é a ausência de informação centralizada e disponível para auxiliar na comunicação com todos os envolvidos (comunidade, catadores, setor público e privado) (FERRONATO et al., 2018).

No contexto da formalização do trabalho dos catadores, a atuação informal ainda é recorrente, sendo possível encontrar estes agentes trabalhando em lixões (PEREIRA; CURI; CURI, 2018b). Além disso, alguns municípios encontram resistência por parte dos catadores na formalização, por preferirem desenvolverem suas atividades individualmente, se desinteressando por uma possível divisão de receita (PEREIRA; CURI; CURI, 2018b).

Com isso, a Figura 12 sintetiza estes desafios. Portanto, apesar das diversas formas de exaltar a sustentabilidade no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, há inúmeros desafios, tanto a nível local quanto a nível nacional que devem ser enfrentados.

Figura 12 – Problemática do desenvolvimento da sustentabilidade na gestão dos RSU



Fonte: Autora

4.1.2 Lean no ambiente sustentável

Neste capítulo, são apresentadas as ferramentas *lean* aplicadas no ambiente da sustentabilidade. Dentro dos critérios de busca definidos, não foram identificadas literaturas descrevendo a utilização direta do *lean* em sistemas de tratamento de resíduos sólidos urbanos, somente uma aplicação voltada à recuperação de resíduos eletrônicos (ISHAK et al., 2018), desta forma, são abordadas aplicações em manufaturas em geral.

Inicialmente, é introduzido o contexto dominante que a aplicação das ferramentas de gestão enxuta aparecem, que é quando este se une ao pensamento *green*, para que, em seguida, seja detalhada a aplicação das ferramentas *lean*.

4.1.2.1 Lean e Green

O pensamento *green* se baseia em promover meios para empresas reduzirem o desenvolvimento de produtos ou serviços que impactam o meio ambiente negativamente, aumentando a eficiência ambiental e ecológica da organização (ZHU; ZHANG, 2020), além de não gerar danos à sociedade (BASHA et al., 2020). De forma prática, estas ferramentas buscam redução da emissão de poluentes, redução dos resíduos por meio do uso eficiente de recursos, avaliação do ciclo de vida do produto, reciclagem e implementação de medidas de segurança e prevenção ao risco (BASHA et al., 2020), possibilitando o alcance de vantagens competitivas e respeitando simultaneamente os limites de recuperação do meio ambiente (BHATT; GHUMAN; DHIR, 2020).

Porém, a manufatura *green* vista de forma isolada é insuficiente para alcançar a sustentabilidade econômica da organização, logo, é necessária sua implementação combinada a práticas *lean*, de modo que estas atuem positivamente na viabilidade financeira da organização, seguindo com disciplina as iniciativas propostas de minimização de custos, redução de desperdícios e de tempo de espera no processo produtivo, além da aplicação de estudos de tempo e de métodos (BASHA et al., 2020).

Unindo os dois conceitos, é possível identificar uma relação positiva, pois ambos conseguem trazer melhorias à operação e às atividades logísticas (RODRIGUES; ALVES; SILVA, 2020). Sendo assim, a Tabela 7 traz alguns exemplos práticos de como estes pensamentos podem estar presentes em uma organização. Apesar desta breve menção, o capítulo relacionado a Ferramentas *Lean* utilizadas em prática sustentáveis entra em detalhes sobre a aplicação de alguma destas metodologias.

Tabela 7 – Possíveis práticas *lean* e *green* em uma organização

<i>Lean</i>	<i>Green</i>
Engajamento dos trabalhadores	Política de gestão ambiental clara
Melhoria contínua	Treinamento ambiental para todos os colaboradores
5S	3Rs
<i>Kanban</i>	Desenvolvimento de produtos com baixo impacto ambiental
<i>Just in Time</i>	Desenvolvimento de processos produtivos com baixo impacto ambiental
Redução de estoque	Seleção de fornecedores baseados em critérios ambientais
Ciclo <i>kaizen</i>	Sistemas de gestão ambiental
Colaboração com os colaboradores	Divulgação voluntária de informações de desempenho ambiental

Fonte: Adaptado de Rodrigues, Alves e Silva (2020)

Em adição, ambas se complementam ao buscarem objetivos comuns, relacionados ao foco na redução de desperdícios e na busca por sensibilização das pessoas, internas ou externas à organização, e possibilidade de expansão das práticas a outros entes da cadeia de suprimentos (BASHA et al., 2020).

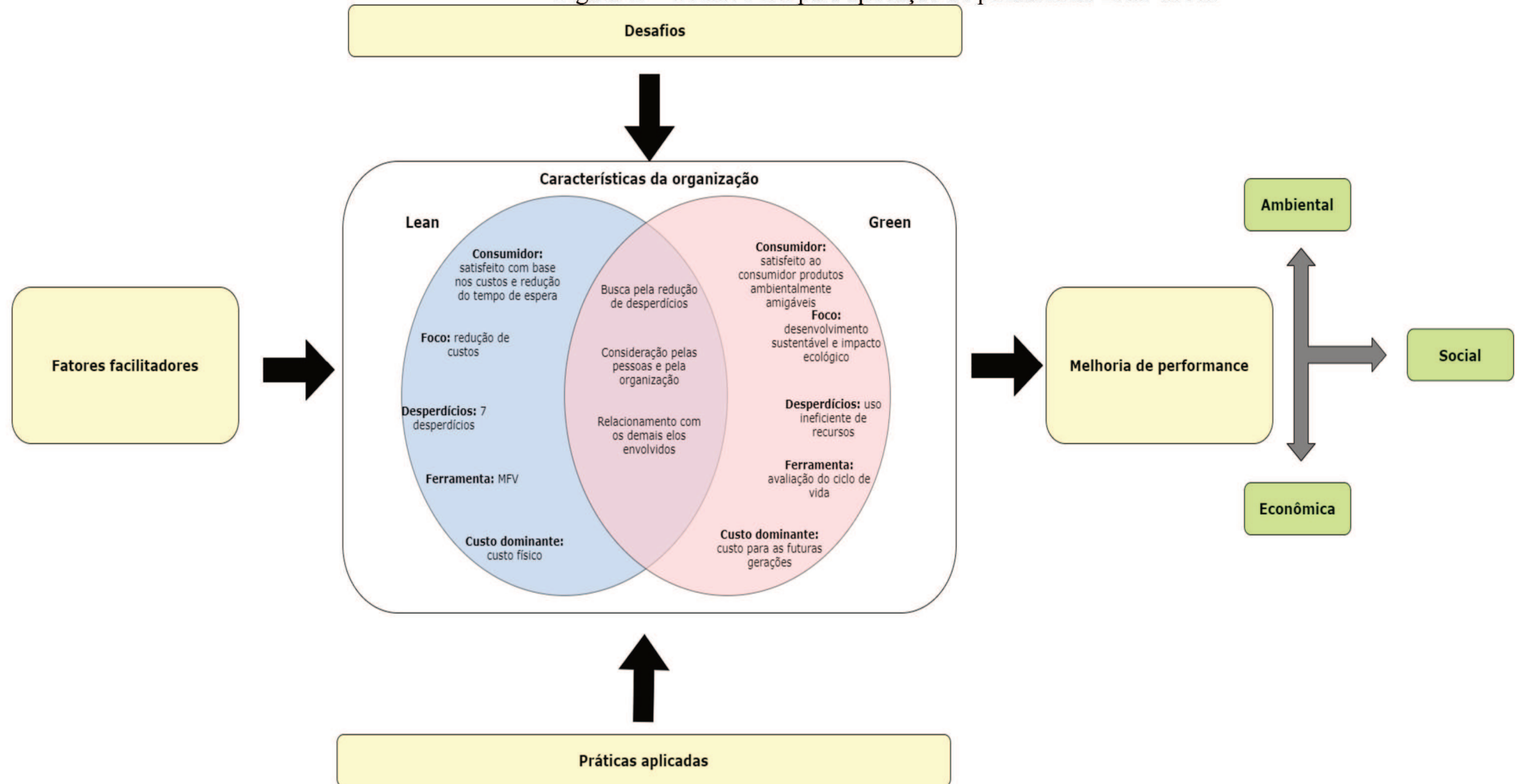
Para impulsionar a melhoria de desempenho, tem-se como fator necessário o envolvimento das partes interessadas na empresa, sejam estes fornecedores, ao desenvolvê-los para que trabalhem com materiais mais sustentáveis, sociedade civil, ao atender às expectativas de alcance da sustentabilidade e colaboradores internos (CALDERA; DESHA; DAWES, 2019). Neste contexto, a participação dos funcionários é o fator chave para manter o gerenciamento da organização, pois a auxilia a alcançar vantagens competitivas ao facilitar a colaboração, sendo um fator competitivo à sustentabilidade (ZHU; ZHANG, 2020).

Por outro lado, a união do pensamento *lean* e *green* não está isento de desafios na sua implementação. Algumas barreiras consistem na ausência de tecnologias aplicadas (RODRIGUES; ALVES; SILVA, 2020), insuficiência de recursos financeiros, falta de tempo para desenvolvimento do projeto, inexistência de conhecimento sobre as práticas propostas, riscos associados à implementação de uma nova metodologia sustentável, políticas e regulamentos e a própria cultura organizacional existente (CALDERA; DESHA; DAWES, 2019).

Como ponto adicional, tem-se a situação em que algumas empresas se colocam dispostas em investir em métodos *lean* para obter ganhos operacionais, porém, mas não se sujeitam a aplicar recursos em práticas *green*, devido à ausência de benefícios quantificáveis imediatos, custos elevados de capital envolvidos e risco de redução de vendas devido a um preço especial embutido em produtos verdes (CALDERA; DESHA; DAWES, 2019).

Portanto, conforme a Figura 13, quando é considerada a integração entre *lean* e *green*, é necessário atentar-se aos interesses distintos de cada vertente, porém, o que deve se sobressair são os interesses comuns. Para que haja sucesso na implementação, é importante considerar quais os fatores disponíveis facilitam a execução, listar e avaliar ferramentas *lean* e *green* que podem ser aplicadas e considerar os desafios a serem enfrentados. Com isso, é esperado alcançar uma melhoria de performance da organização com base nos três pilares da sustentabilidade.

Figura 13 – *Framework* para aplicação do pensamento *Lean Green*



Fonte: Adaptado de Basha et al. (2020) e Siegel et al. (2019)

Com isso, tem-se como próximo passo explorar de que forma as técnicas *lean* são aplicadas na sustentabilidade, sendo este o foco do próximo capítulo, se iniciando pelo MFV, devido à sua grande relevância na identificação de valor e à possibilidade de aplicar outras ferramentas junto ao mapeamento em questão.

4.1.2.2 Ferramentas *Lean* utilizadas em prática sustentáveis

4.1.2.2.1 MFV voltado para a sustentabilidade

Uma das formas de incorporar as práticas *green* a processos de manufatura que já adotam a filosofia *lean* é por meio de um MFV endereçado a minimizar resíduos ambientais e de produção (ABUALFARAA et al., 2020), que possui como vantagem ser um método bem definido (LORENZON DOS SANTOS et al., 2019).

De maneira mais abrangente, um MFV sustentável, além da identificação tradicional do fluxo de valor, atua como um meio de envolver os trabalhadores ao torná-los cientes dos impactos ambientais dos processos produtivos, além de poder ser utilizado como uma ferramenta de suporte à análise de ciclo de vida, e de promover melhorias à rotina dos colaboradores, relacionadas à ergonomia, saúde do trabalhador e segurança (GAIKWAD; SUNNAPWAR, 2020). Ademais, o MFV sofre modificações para que seja possível compilar informações relacionadas a capacidade, tempo, material, energia, água, nível de estoque e fatores de custo (TASDEMIR; GAZO; QUESADA, 2019).

Com isso, é possível elencar métricas *lean* e sustentáveis para acompanhar o MFV. A Tabela 8 apresenta possíveis indicadores que podem ser atrelados a índice padrão como uma ferramenta de controle e monitoramento, onde é possível atribuir pesos diferentes aos indicadores de acordo com a realidade da organização (HARTINI et al., 2020).

Tabela 8 – Indicadores *lean* e sustentáveis

<i>Lean</i>	Sustentáveis		
	Ambientais	Sociais	Econômicos
Tempo de ciclo	Geração de resíduos perigosos	Satisfação dos trabalhadores	Receita
<i>Muda</i> ¹ com o tempo	Disposição de resíduos	Treinamento e desenvolvimento dos trabalhadores	Lucro operacional
Tempo de inatividade	Tratamento de efluentes	Número de acidentes	Lucro líquido
Tempo de transporte	Reciclagem de resíduos	Avaliação da saúde dos trabalhadores	Pagamento de taxas
Tempo de setup	Emissões atmosféricas	Trabalho infantil	Custos operacionais
Custos	Reciclagem de produtos	Ética do negócio	Comparação dos salários com a média do mercado
Defeitos	Reuso de produtos	Trabalho com fornecedores locais	
	Consumo de energia renovável		
	Eficiência energética		
	Consumo de matéria-prima		
	Aderência a padrões ambientais		
	Consumo de água		

Fonte: Adaptado de Hartini et al. (2020)

Apesar das possibilidades de implementação desta ferramenta, na prática são encontradas algumas barreiras – a dificuldade em capturar toda a informação de diferentes produtos em um único MFV, desafios na comparação entre MFVs sustentáveis ao longo de sistemas de manufatura em contextos diferentes e a falta de informação crítica relacionada a aspectos ambientais (LORENZON DOS SANTOS et al., 2019).

Portanto, para minimizar estes pontos, são recomendadas ações relacionadas a suporte financeiro, disponibilidade de recursos alinhada com a estratégia da companhia, definição de mais métricas para que os trabalhadores consigam compreender o contexto e, por último, maior integração com a cadeia de suprimentos como forma de reduzir as incertezas dos processos do negócio (LORENZON DOS SANTOS et al., 2019).

¹ Desperdício, em japonês

4.1.2.2.2 Outras ferramentas

A aplicação integrada de conceitos *lean* e *green* pode ocorrer por meio do desenvolvimento de ferramentas para a mensuração simultânea da produtividade e performance ambiental com base na análise qualitativa e quantitativa (CAIADO et al., 2019). Como exemplo, o 5S, uma das ferramentas mais utilizadas neste contexto (SIEGEL et al., 2019), pode contribuir para aprimorar o gerenciamento visual reduzindo a ineficiência, visto que esta pode ser relacionada ao tamanho do lote e a estoques desnecessários (CAIADO et al., 2019). Neste sentido, explorar a gestão visual ajuda a identificar e eliminar entidades indesejáveis e, conseqüentemente, menor uso de material e geração de resíduos (GAIKWAD; SUNNAPWAR, 2020).

O 5S também encoraja a limpeza do local de trabalho, auxiliando as organizações a melhorarem a eficiência energética e de materiais reduzindo espaços ocupados (GAIKWAD; SUNNAPWAR, 2020), promovendo o pensamento 3R na contribuição para a redução de materiais redundantes e desnecessários e reutilização dos mesmos em todo o fluxo de valor (CAIADO et al., 2019).

Outro exemplo de aplicação do 5S para a sustentabilidade é atrelá-lo ao ciclo PDCA (*Plan, Do, Check and Act*) na busca pela melhoria contínua como método de integrar os colaboradores na busca contínua de resolução de problemas internos (CALDERA; DESHA; DAWES, 2019).

O TPM também pode ser considerada uma ferramenta aplicável, visto que a manutenção preventiva de um equipamento aumenta sua vida útil, reduzindo avarias e perdas no processo, além de reduzir o consumo de energia e de material e como ponto adicional, melhora na saúde e segurança dos trabalhadores (GAIKWAD; SUNNAPWAR, 2020).

Já o *poka yoke*, devido ao seu enfoque na melhoria de processos e produtos, consegue auxiliar a diminuir resíduos ambientais, além de ajudar na prevenção de erros e redução de defeitos, portanto, menos desperdício, menos consumo de energia, baixas emissões etc. (GAIKWAD; SUNNAPWAR, 2020).

Como já mencionada a importância do envolvimento dos colaboradores, torna-se necessário propor iniciativas colaborativas sobre as mudanças culturais como forma de desenvolver organizações orientadas à sustentabilidade, neste sentido, sugere-se a promoção de

eventos *kaizen*, *workshops* e práticas voltadas à aprendizagem (CAIADO et al., 2019; CHERRAFI et al., 2019).

Uma aplicação é o *gemba-kaizen*, iniciativa que envolve todos em uma organização, de forma que trabalhem juntos para realização de melhorias graduais, ordenadas e incrementais sem grande investimento de capital, ajudando a aproveitar os pontos fortes dos indivíduos em um esforço coletivo (CHERRAFI et al., 2019). Além disso, sua implementação ocorre em iniciativas deliberadas e discretas, fornecendo à alta administração a chance de reflexão e correção durante os processos de implementação (CHERRAFI et al., 2019).

Aplicado à realidade *lean green*, espera-se como resultado a redução do consumo de recursos da organização, além de melhorar as condições de trabalho e a promoção do trabalho em equipe. Todavia, para obter sucesso na implementação, é necessária uma plena consciência ambiental e o uso de ferramentas enxutas (CHERRAFI et al., 2019).

Como os colaboradores são os principais impulsionadores do sistema de gestão, também é sugerido às empresas de manufatura que construam métricas verdes comuns para funcionários e gerência, pois sem o comprometimento e o apoio total da base da hierarquia, os planos de reforma da gestão e a validade dos projetos aprimorados pelas práticas *lean* e *green* da organização podem ser restringidos e boicotados (ZHU; ZHANG, 2020).

Desta forma, unindo os conceitos apresentados sobre MFV e as demais ferramentas *lean*, como forma de sintetizar o que foi apresentado, a Tabela 9 apresenta os pontos principais mencionados.

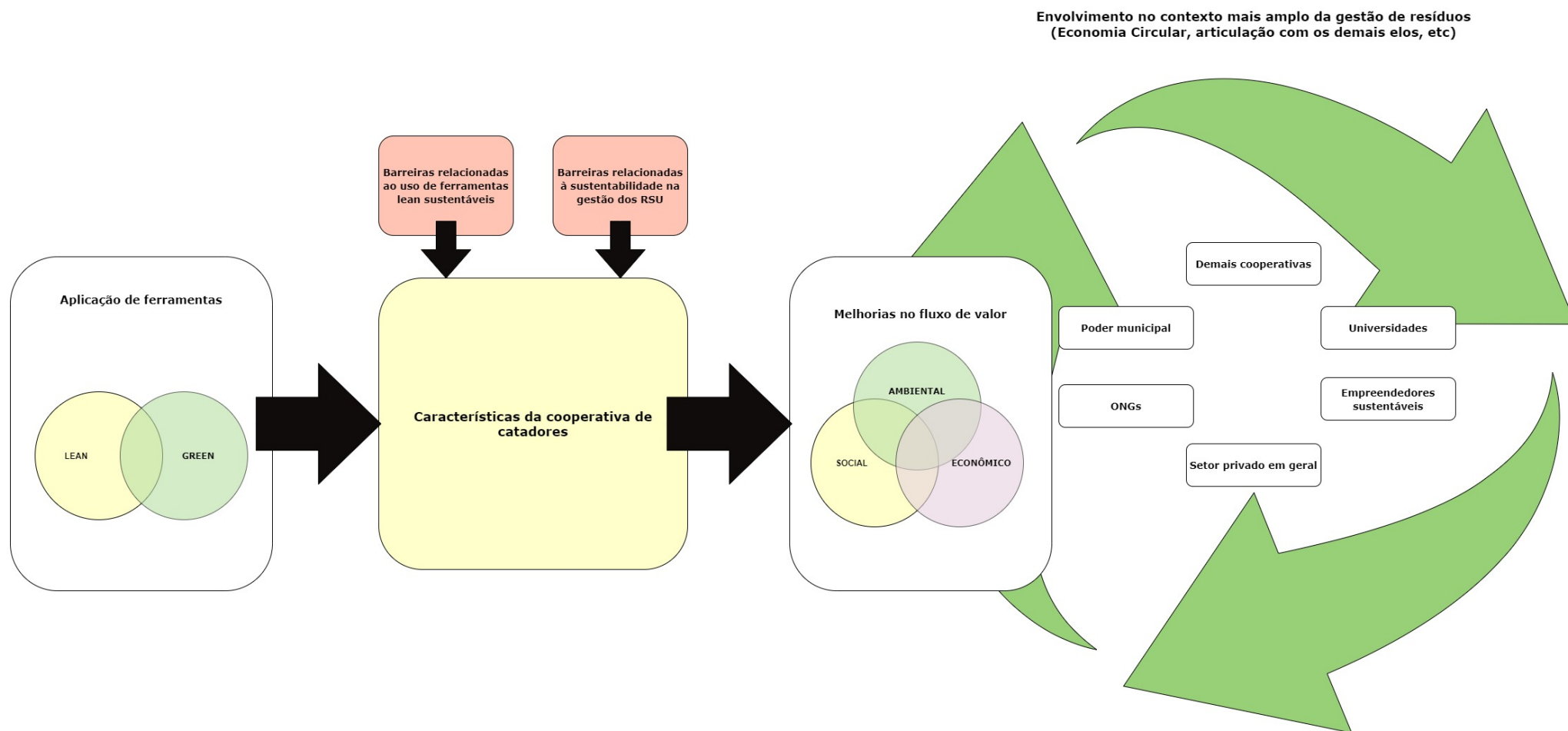
Tabela 9 – Síntese das ferramentas *lean* voltadas à sustentabilidade das organizações

Ferramenta	Descrição
MFV voltado para a sustentabilidade	Mapeamento de fatores lean e sustentáveis sobre as etapas tradicionais, além de promover o envolvimento maior dos colaboradores (HARTINI et al.,2020; GAIKWAD; SUNNAPWAR, 2020)
5S	Contribui para identificar entidades indesejáveis que podem atrapalhar o alcance da sustentabilidade, além de promover o pensamento 3R (GAIKWAD; SUNNAPWAR, 2020). Pode ser atrelado a ciclo PDCA como forma de maior envolvimento dos colaboradores na identificação e solução de problemas (CALDERA; DESHA; DAWES, 2019).
TPM	A manutenção preventiva reduz desperdícios, aumenta a vida útil dos equipamentos e melhora a segurança dos trabalhadores (GAIKWAD; SUNNAPWAR, 2020).
<i>Poka yoke</i>	O enfoque na redução de erros também reduz desperdícios, sendo atrelado a este a diminuição do consumo de recursos (GAIKWAD; SUNNAPWAR, 2020).
<i>Gemba-kaizen</i>	A busca coletiva por melhorias envolvendo diversos níveis hierárquicos tende a resultar na diminuição do consumo de recursos e na melhoria das condições de trabalho (CHERRAFI et al., 2019).

Fonte: Autora

4.2 *FRAMEWORK* CONCEITUAL DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Como forma de evidenciar a relação entre os dois temas apresentados na etapa de pesquisa bibliográfica, a Figura 14 apresenta um *framework* que sintetiza o que foi abordado nos tópicos 4.2 e 4.1.

Figura 14 – *Framework* conceitual da pesquisa bibliográfica

Fonte: Autora (2020)

Portanto, considerando o contexto de uma organização voltada à gestão de resíduos sólidos – neste caso, uma cooperativa, são aplicadas ferramentas predominantemente *lean*, mas que possuem uma interface com outras filosofias que auxiliam a complementar as necessidades da sustentabilidade. Desta forma, ponderando os desafios internos (relacionados à aplicação das ferramentas) e externos (contexto da gestão de RSU), as melhorias no fluxo de valor são propostas de forma a atingirem os três pilares.

Estas melhorias permitem o maior envolvimento no ambiente sustentável dos RSU, ao poderem se inserir na economia circular e aprimorarem a articulação com os demais elos envolvidos.

Sendo assim, com este *framework*, a base teórica construída pela pesquisa bibliográfica é finalizada, sendo possível partir para a descrição dos resultados obtidos pelo estudo de campo, realizado na cooperativa escolhida.

4.3 PESQUISA DE CAMPO

Este tópico apresenta os resultados da pesquisa de campo. Primeiramente, uma breve introdução do contexto da cooperativa é realizada, para que, em seguida, sejam apresentadas as etapas do processo produtivo como um todo, além da perspectiva dos trabalhadores em relação a suas respectivas atuações como catadores. Por fim, como forma de iniciar a aplicação prática das ferramentas *lean*, tem-se os resultados do MFV.

4.3.1 Apresentação da Cooperativa

No início da pesquisa de campo, a cooperativa era composta por 74 trabalhadores que não possuíam turno de trabalho específico ou quantidade de horas a serem cumpridas; o único requisito era de que os cooperados comparecessem todos os dias. Ademais, a associação funcionava das 7 horas às 22 horas em dias úteis.

A renda de cada catador é determinada com base no peso do material separado durante a pré-triagem, considerando o preço oferecido sem a triagem fina. Desta forma, a equipe administrativa da associação e os demais trabalhadores que realizam funções específicas relacionadas ao tratamento dos resíduos recebem a diferença do valor obtido com a triagem fina. Para gerir as atividades internas, a cooperativa em questão faz uso do “Catafácil”, *software*

de gestão desenvolvido exclusivamente para atender organizações de catadores e auxiliar em alguns processos como vendas de materiais, prestação de contas, relatórios e cálculo de repasse.

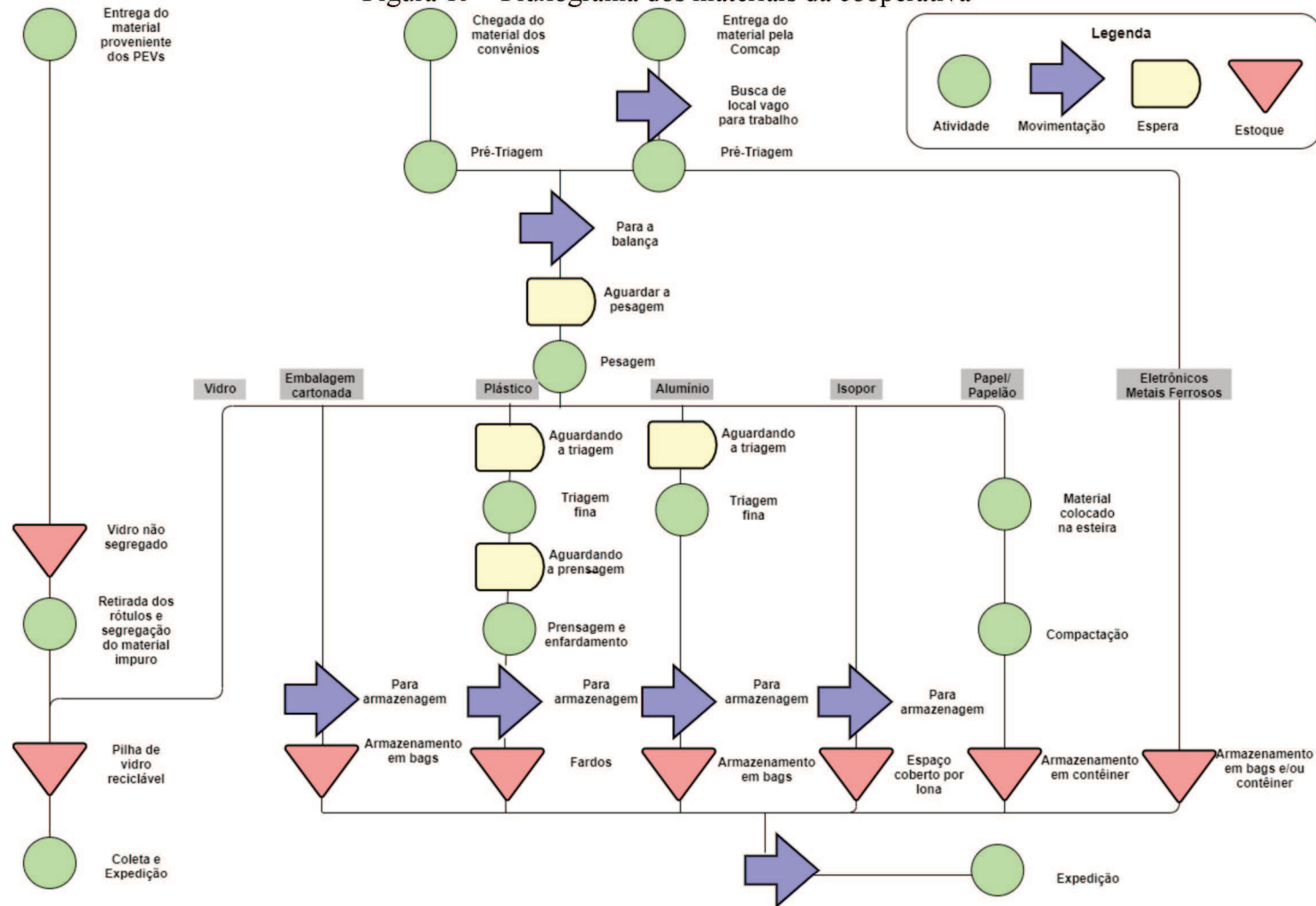
As coletas de materiais são realizadas em maior parte pela Comcap, com exceção dos convênios - acordos realizados diretamente entre a cooperativa e grandes geradores, como escolas, supermercados etc. Para as coletas, são utilizados dois caminhões pequenos com carroceria.

A maioria dos acordos de vendas eram realizados com empresas terceiras, ou seja, companhias que compram os materiais das cooperativas, realizam um tratamento adicional e, posteriormente, revendem para indústrias reaplicarem o reciclado em seus processos produtivos. Os acordos acontecem desta forma pois a cooperativa estudada não possui estrutura e maquinário suficiente para atender indústrias diretamente.

4.3.2 Descrição do processo produtivo

Primeiramente, a Figura 15 representa os fluxos de materiais recorrentes, para que nos próximos parágrafos, sejam detalhadas as principais atividades no processamento de RSU.

Figura 15 – Fluxograma dos materiais da cooperativa



Fonte: Autora

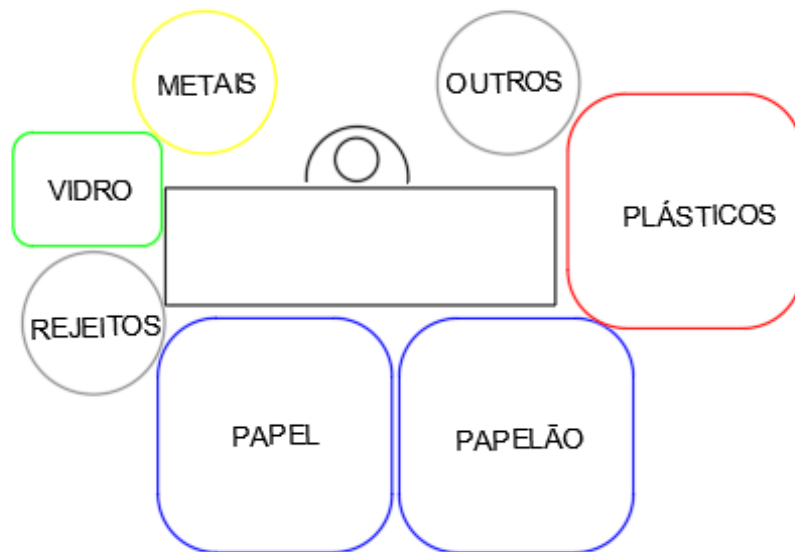
O material pode chegar ao galpão da triagem de duas maneiras: por meio dos caminhões da Comcap, que entregam o que é proveniente da coleta seletiva porta-a-porta ou dos PEVs de vidro, ou pelos materiais advindos de convênios. Neste último caso, há um local específico para a pré-triagem na entrada do balcão, diferente do material advindo da Comcap, onde a triagem pode ocorrer em qualquer lugar disponível.

Os caminhões despejam material na cooperativa diariamente, em média seis vezes por dia, entretanto, esta frequência depende da divisão que a Comcap estabelece entre as organizações de catadores do município. No caso dos convênios, a própria cooperativa busca o material de acordo com a demanda, geralmente uma vez por semana.

Os materiais advindos da coleta porta-a-porta passam todos pelos mesmos processos até o momento da pesagem. Os caminhões da Comcap entram no galpão principal, podendo escolher os dois portões de acessos e despejam os resíduos no galpão, não havendo um determinado local para esta ação. Dependendo da quantidade de material a ser triado disponível no galpão, pode haver o auxílio de um trator com pá carregadeira para aglomerar o material e tornar a área interna do galpão transitável.

Os trabalhadores buscam o material e o levam até as mesas para a realização pré-triagem, todavia, eles não possuem posto de trabalho específico. As mesas estão localizadas ao longo de todo o galpão entre as pilhas de resíduos e o trabalho ocorre da seguinte forma: o cooperado abre as sacolas plásticas de resíduo sobre a mesa e a ao redor da mesma, há diversos recipientes para a separação de cada tipo de material, conforme a representação da Figura 14. É possível realizar o trabalho individualmente ou em duplas, e a quantidade de trabalhadores alocados nesta etapa é variável, uma vez que, em ocasiões diferentes, foram observadas de sete a dezessete pessoas em um total de 11 mesas.

Figura 16 – Representação da área de pré-triagem



Fonte: Autora

Alguns tipos de materiais não passam por nenhuma etapa adicional de processamento após a pesagem, sendo estes eletrônicos, metais, embalagens cartonadas e isopor. Este último é armazenado em local específico na entrada do galpão principal e coberto com lona, para proteção do material. As embalagens cartonadas são apenas separadas em *bags* para posterior venda. Os metais volumosos, como barras de ferro, cadeiras, e arquivos de escritório, quando encontrados são apenas depositados em um grande contêiner localizados na área externa do galpão, conforme Figura 17.

Figura 17 – Depósito de metais volumosos junto a outros materiais



Fonte: Acervo da autora

Após o preenchimento da *bag* ou de outro recipiente, como sacolas plásticas ou contentores, o(a) trabalhador(a) deve carregar o recipiente até a pesagem. Há apenas uma balança disponível, onde uma pessoa é responsável por anotar o peso e registrá-lo ao nome do catador responsável para que, no fim de cada semana, o administrativo da cooperativa possa realizar o pagamento referente à quantidade de material segregado. O pagamento ocorre de forma independente, ou seja, mesmo se a venda daquele específico material não tenha sido realizada ainda. Com o fim da pesagem, os diferentes tipos de materiais recicláveis seguem destinos diversos.

Os papéis/papelões, são despejados em uma esteira que os levam ao compactador de fuso, responsável por compactar e triturar o material, lançando-o diretamente em um contêiner, onde o material processado é armazenado.

Já os plásticos e alumínio são levados até a chamada triagem fina. No caso dos materiais plásticos, esta etapa consiste em uma grande mesa retangular cercada por trabalhadores, onde o plástico advindo das bags é distribuído sobre a mesa e os catadores são responsáveis em segregá-lo em suas diferentes categorias. Com o fim desta etapa o plástico, passa pela prensa (Figura 18) e, posteriormente, o material é embalado em fardos, que também são colocados em local de armazenagem não determinado.

Figura 18 – Prensa de plástico



Fonte: Acervo da autora

Durante a pesquisa, a cooperativa havia firmado um acordo com uma empresa atuante no ramo de materiais plásticos e embalagens que forneceria à cooperativa uma nova prensa industrial, viabilizando a cooperativa a atender a logística reversa da empresa em questão e a trabalhar com demais indústrias neste ramo. Além disso, a mesma empresa também iria fornecer uma cobertura adicional para o terreno da associação, uma vez que o fundo do galpão era descoberto.

Sobre o alumínio, este material é levado a um contêiner na entrada do galpão com uma mesa de separação interna onde ocorre a chamada triagem fina (Figura 19). Posteriormente, este material triado também é levado ao local de armazenagem, geralmente próximo à entrada principal do galpão.

Figura 19 - Triagem fina do alumínio em contêiner externo



Fonte: Acervo da autora

O processo de segregação do vidro ocorre no lado de fora do galpão, reservado dos demais resíduos (Figura 20). Quando a entrega do material é feita diretamente pela Comcap, o vidro é despejado diretamente em uma pilha de vidros externa. Caso este material seja proveniente da pré-triagem, os trabalhadores lançam o material em contentores, uma vez que não há problemas com possíveis quebras, entretanto, o ato de lançar objetos torna o procedimento perigoso. Após a pesagem, o vidro é levado à área externa.

Figura 20 – Depósito de vidro na área externa



Fonte: Acervo da autora

Duas pessoas são responsáveis por limpar (retirar os rótulos) ou descartar o material quando há muitas impurezas dentro do recipiente, uma vez que a cooperativa não possui estrutura para higienizar com água os materiais recebidos. Posteriormente, o vidro reciclável é colocado em outra pilha, onde um trator com pá escavadeira revira o material, de forma a minimizar vazios, e o mesmo permanece nesta pilha até que os terceiros venham buscá-los.

Com relação à expedição, geralmente a cooperativa é responsável pela entrega dos plásticos. Já os demais materiais os terceirizados são responsáveis por ir coletá-los, que geralmente levam todo o material disponível para venda, não deixando estoques.

4.3.3 Perspectivas dos catadores

Para entender a percepção dos catadores sobre o seu respectivo trabalho e levantar as principais dificuldades, as voluntárias em serviço social atuantes no local foram entrevistadas.

Primeiramente, o trabalho das voluntárias é realizado semanalmente na cooperativa e tem como foco atender às demandas pessoais dos catadores, como consultas médicas e odontológicas, adesão a programas sociais, matrícula de filhos dos trabalhadores em creches, entre outras. No geral, as demandas são atendidas, com exceção da parte de medicamentos. As voluntárias visitam a associação semanalmente.

As assistentes sociais ficam alocadas em uma sala na cooperativa onde os trabalhadores vão ao encontro levando suas demandas. Foi relatado que alguns catadores as visitam com frequência, mas outros, após uma semana, já saíram da associação, o que demonstra o engajamento inconstante com a cooperativa.

Em relação ao trabalho dos catadores, foi relatado que o maior desafio é reduzir o valor semanal que os trabalhadores pagam à organização da cooperativa - entorno de 70 a 80 reais sobre o valor arrecadado, que se aproxima de 300 reais por semana. Esta quantia tem como objetivo cobrir as despesas da associação - como energia elétrica, alimentações na cooperativa e EPIs.

Para tentar reduzir o valor abatido da renda dos cooperados, as assistentes buscam doações de empresas privadas e órgãos públicos. Todavia, no que diz respeito ao auxílio prestado pelo município, foi relatado não há uma participação contínua, somente em casos em que ocorre alguma sensibilização.

Sobre a rotina do trabalho, foi contado que a falta de EPI é um problema bastante crítico, uma vez que acidentes acontecem frequentemente. Outra dificuldade está no leiaute das bancadas de separação, já que as mesas são pequenas e não estão em boas condições, além disso, o galpão não é bem organizado, visto que o volume de material a ser triado ocupa um espaço significativo.

Também foi relatado que os catadores sentem a necessidade de formas de capacitação, como cursos técnicos ou profissionalizantes, mas a baixa escolaridade da grande maioria limita o acesso a esses cursos. Quando questionado se os catadores entendem a dimensão do trabalho deles, a percepção é a de que o presidente da cooperativa possui entendimento significativo, mas no geral a ideia não é disseminada na associação, uma vez que muitos trabalhadores se sentem julgados, no sentido de trabalharem com a reciclagem por não possuírem melhores oportunidades.

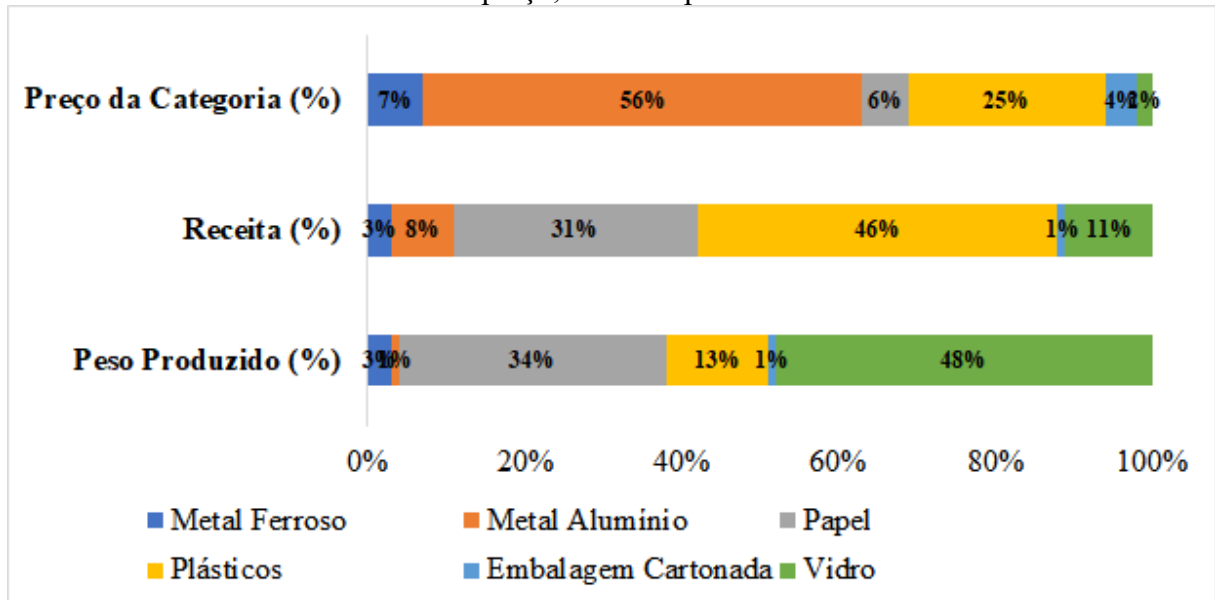
4.4 APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS LEAN

4.4.1 Mapa do Estado Atual da Cooperativa

Como forma de mapear o fluxo atual da cooperativa, o MFV foi aplicado. Para definir a família de produtos a ser mapeada, conforme as orientações de etapas a serem seguidas pela

Figura 6, foram coletados dados referentes à representatividade dos principais materiais comercializados em três categorias: preço, receita e peso, conforme a Figura 21 .

Figura 21 - Representatividade dos materiais comercializados pela cooperativa nos quesitos preço, receita e peso



Fonte: Autora

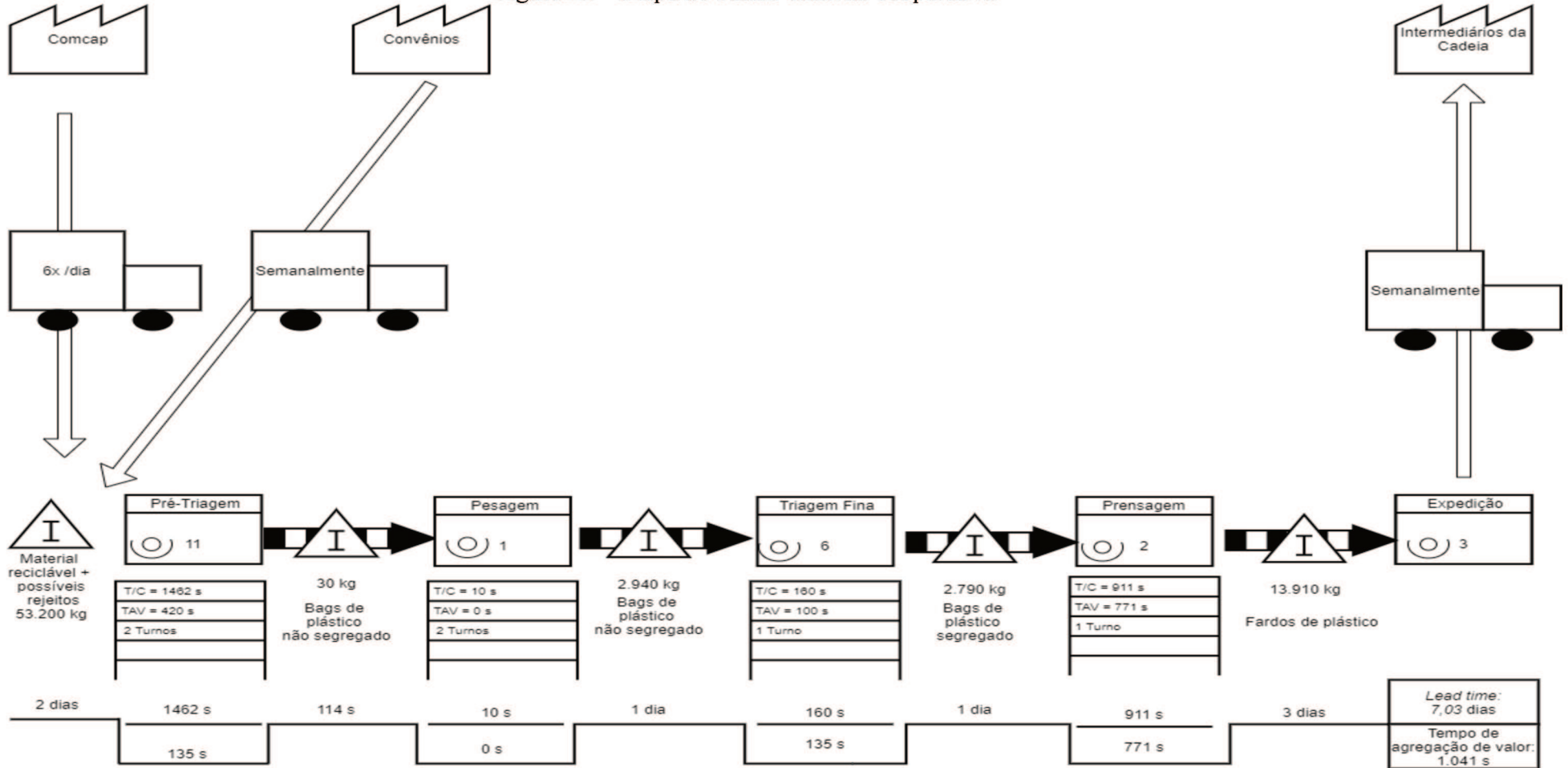
Portanto, apesar do alumínio possuir o maior preço de venda, este material não é o elemento de maior representatividade na receita, sendo este o plástico. Ademais, o peso produzido do alumínio não é dominante, mas sim do vidro, entretanto, o valor comercializado deste material é bastante inferior. Portanto, conclui-se que propor melhorias com o foco no fluxo do plástico pode trazer maior rentabilidade ao trabalho dos cooperados, explorando o pilar econômico sustentável.

Na associação, o plástico é triado em diferentes categorias, sendo as principais polipropileno (PP), policloreto de vinila (PVC), polietileno de alta densidade (PEAD) e politereftalato de etileno (PET), contudo, todos estes passam pelos mesmos processos produtivos. Por isso, não haverá distinção entre os mesmos.

Após a definição da família de produtos, o mapa do estado atual foi desenvolvido, conforme a Figura 22. Para este mapa, devido às mudanças que ocorrem com o material, o estoque é representado em quilogramas (kg) e dentro da caixa de processos há o número de trabalhadores envolvidos. Em adição, a parte inferior do mapa indica a linha do tempo,

estimando o tempo que o material leva para percorrer todas as etapas, onde a parte superior indica o *lead time* e a parte inferior o tempo de agregação de valor (ROTHER; SHOOK, 2007).

Figura 22 – Mapa do estado atual da cooperativa



Fonte: Autora

Rother e Shook (2007) recomendam que seja atribuída a simbologia de estoque para cada local em que o mesmo for identificado, todavia, devido à grande quantidade de estoque sem delimitação ao longo de todo o galpão, não foi possível identificar todos os pontos de estoque, porém, é importante salientar que este não possui localização bem definida.

Outro ponto de adaptação foi a necessidade de padronizar a forma física cujo material plástico percorre ao longo do fluxo. Na maioria dos casos, o plástico está alocado em *bags*, porém, também é possível identificar o mesmo sendo carregado em sacolas plásticas de resíduo doméstico, conforme a Figura 23

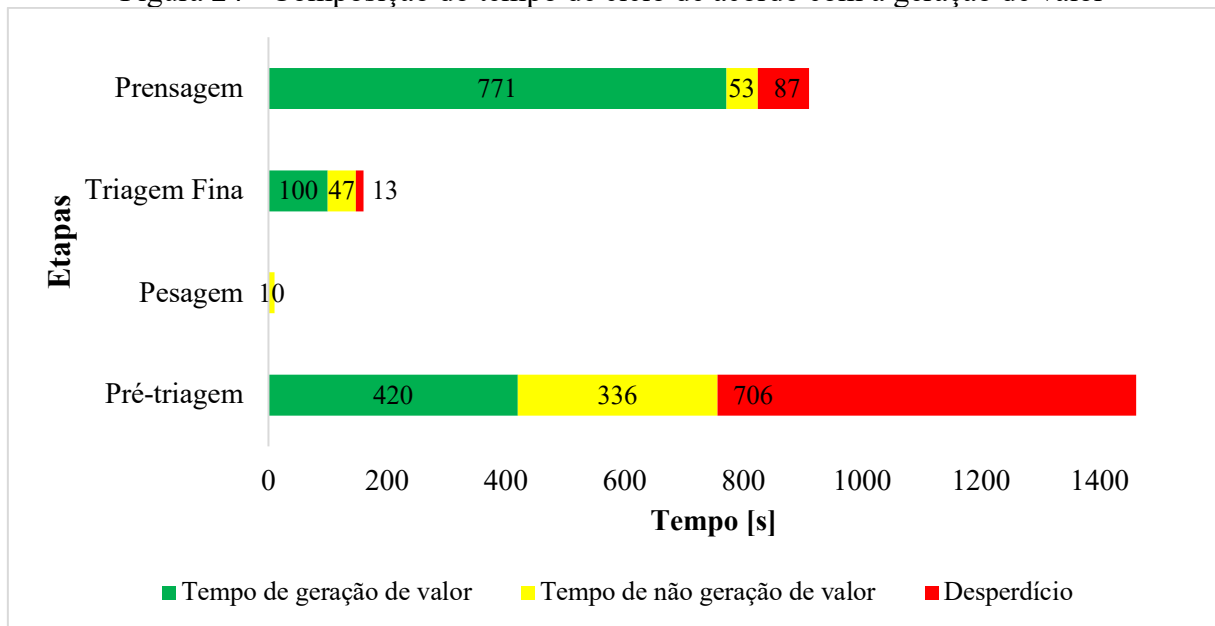
Figura 23 – Material plástico estocado após a pré-triagem



Fonte: Acervo da autora

Na Figura 22, considerando as classificações de geração de valor apresentadas no item 2.3.1, a diferença entre o tempo de ciclo (T/C) e o tempo de agregação de valor (TAV) tem-se desperdício e o tempo de não agregação de valor, porém necessário. Com isso, a Figura 24 define a composição destes tempos de acordo com cada etapa.

Figura 24 - Composição do tempo de ciclo de acordo com a geração de valor



Fonte: Autora

Iniciando a análise após o recebimento do material, tem-se que o processo de pré-triagem possui diversas particularidades, uma vez que não há um modo de trabalho padronizado, gerando diferenças entre os ritmos de trabalho quando material é separado em duplas e quando a separação é feita individualmente. Em razão disso, na Figura 22, há a representação da situação em que todas as mesas se encontravam ocupadas, porém com apenas um trabalhador em cada uma delas.

Além disso, os intervalos de descanso são adotados por cada um sem nenhum critério, o que também apresenta grande variação. Ademais, cada trabalhador possui uma forma diferente de organizar o seu local de trabalho, uma vez que os mesmos são responsáveis por limpar o seu arredor. Todavia, percebe-se a dificuldade na organização do local na Figura 25, devido ao grande volume de estoque para a pré-triagem.

Figura 25 - Disposição do material para a pré-triagem dentro do galpão



Fonte: Acervo da autora

Na etapa seguinte, a pesagem, foi notado que o tempo de espera é relativamente curto. Isto se justifica por ser uma etapa bastante objetiva, uma vez que ao lado da balança há um computador para registro do peso. Todavia, o deslocamento do trabalhador até a balança também é bastante variado, sendo explicado pelo fato de que as mesas estão alocadas ao longo de todo o galpão, em uma distância desigual da balança.

Além do deslocamento elevado, os trabalhadores também arrastam as *bags* nesta etapa, e quando o material é separado em sacolas plásticas, estas são carregadas nas costas dos cooperados, podendo causar danos à saúde. Após a pesagem, foi observado que o deslocamento dos trabalhadores também é bastante variado. Esta diferença se justifica pelo fato dos cooperados alocarem as *bags* em qualquer local disponível entre a balança e o local da triagem fina.

Foi notado também que os trabalhadores arrastam a *bag* ao longo do caminho, o que contribui para a deterioração do material mais rapidamente. Em adição, como a renda dos cooperados é de acordo com o peso segregado, ao preencher a *bag* com o material, os trabalhadores tentam ocupar o máximo volume possível da *bag* e quando movimentam a mesma ao longo do galpão, alguns materiais acabam caindo pelo caminho e estes não são recolhidos.

Na triagem fina, os desperdícios também se relacionam com as pausas não programadas, além de que nesta etapa é possível encontrar materiais que não se enquadram na categoria de plásticos. A prensagem, última etapa de processamento, não ocorre de forma contínua, diferente das demais. Desta forma, a quantidade de material estocada antes da mesma é elevada. Ademais, durante o processamento, percebeu-se que os responsáveis ocupam tempo relevante movimentando o material armazenado em *bags* até a prensa.

Por fim, enquanto os fardos de plástico não são expedidos, os mesmos são estocados em pilhas no pátio externo, podendo se localizarem em locais distintos, conforme a Figura 26.

Figura 26 – Estocagem de plástico prensado



Fonte: Autora

Por fim, como forma de evidenciar os desperdícios encontrados ao longo do fluxo, a Tabela 10 sintetiza esses desperdícios com base nos processos principais.

Tabela 10 – Desperdícios observados

Processo	Desperdício	Análise
Pré-triagem	Processo	O trabalhador ocupa um tempo significativo limpando e organizando o seu local, ademais, em alguns momentos, o material lançado não atinge a <i>bag</i> , fazendo com o que o mesmo permaneça no chão do galpão sem ser recolhido. A quantidade excessiva de estoque que chega à cooperativa atrapalha o fluxo de trabalho
	Estoque	
	Produto	
Pesagem	Espera	Observa-se em alguns momentos a formação de filas. Ademais, para chegar até, o trabalhador se desloca de forma significativamente e de forma não ergonômica. Além disso, devido á forma com que o material é deslocado, muitas vezes alguns caem ao longo do trajeto e não são coletados.
	Movimentação	
	Produto	
Triagem fina	Estoque	Este processo também apresenta quantidade de estoque desproporcional ao ritmo de trabalho, além de que o processo despadronizado com pausas não programadas interferem no fluxo. Reflete nesta etapa possíveis erros da pré-triagem, como o aparecimento de produtos que não são necessariamente plásticos.
	Processo	
	Produto	
Prensagem	Espera	Foi observado momentos de ociosidade enquanto a prensa realiza o seu trabalho. Os cooperados tem que se movimentar significativamente durante o processo para buscar mais material. A quantidade de estoque em espera é elevada para o ritmo da prensagem
	Movimentação	
	Estoque	

Fonte: Autora

Trazendo os desperdícios listados na Tabela 10 para o contexto do tripé da sustentabilidade, o pilar ambiental é afetado pelas ineficiências de processamento ao longo de todo o processo, de forma que os materiais desperdiçados se tornam resíduos não reciclados que serão destinados ao aterro sanitário.

A destinação a aterro também gera maiores gastos ao município e afeta o pilar econômico. Em adição, a performance financeira da cooperativa também é atingida, uma vez que o volume de estoque representa a impossibilidade de atender à demanda real de geração de resíduos urbanos, e conseqüentemente, a receita da cooperativa não é otimizada.

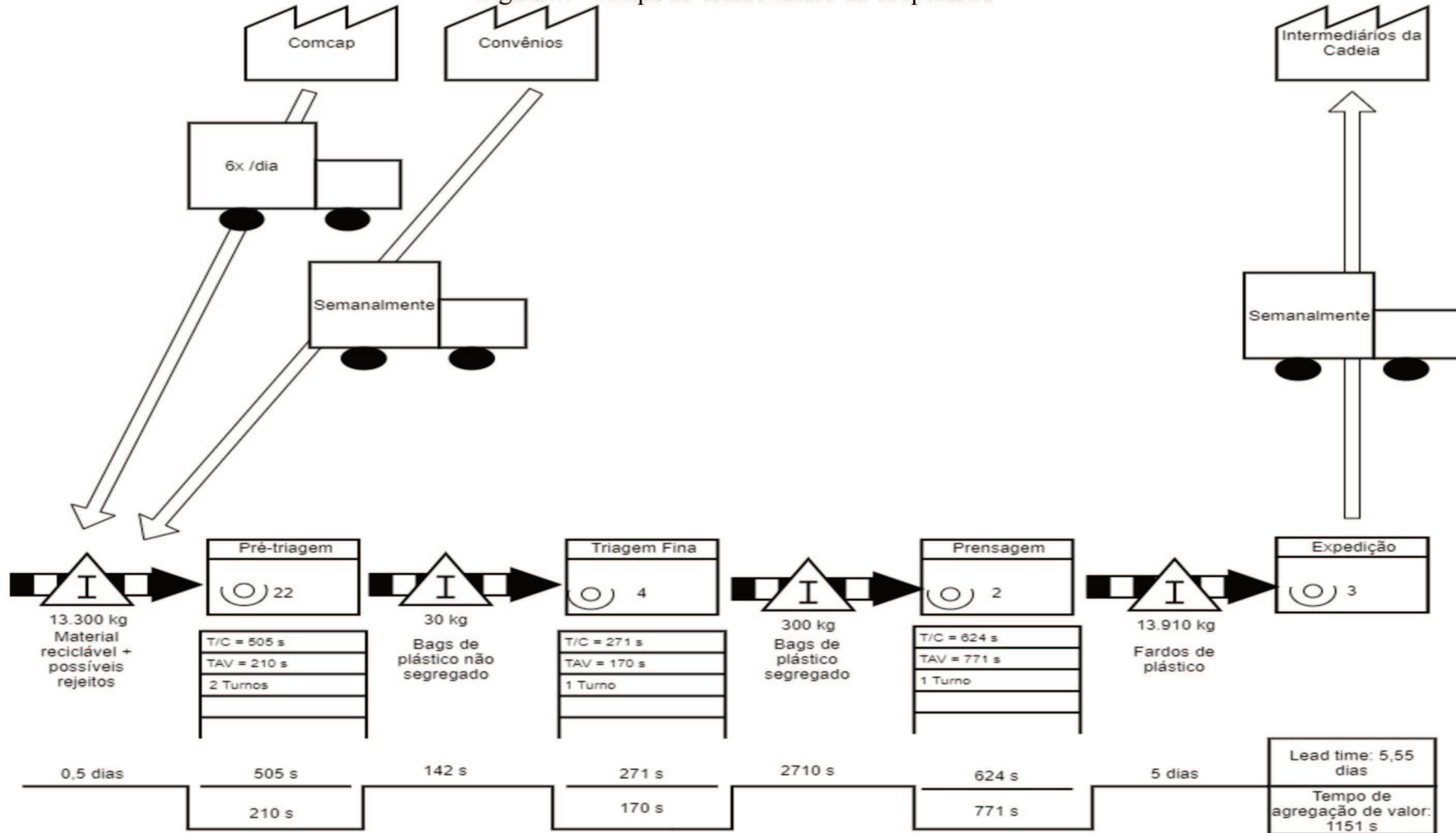
Por fim, a ineficiência da geração de receita da organização prejudica a vida dos trabalhadores, atacando o pilar social. Ademais, a desorganização do local de trabalho e os problemas ergonômicos apresentados atingem negativamente a saúde dos catadores.

Por isso, a importância de desenvolver melhorias que não exijam grandes investimentos e contribua para mudanças nos três pilares é evidenciada, tendo o objetivo do próximo tópico apresentar formas de desenvolver estas melhorias.

4.5 PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS

Neste último capítulo, apesar da presente impossibilidade de aplicação da proposta, serão descritas as possíveis etapas a serem seguidas e alguns impactos na sustentabilidade. Como base para discussão deste capítulo, tem-se o desenvolvimento do mapa do estado futuro, definido pela Figura 27.

Figura 27 – Mapa do estado futuro da cooperativa



Fonte: Autora

Como primeira premissa, tem-se que o que determina o ritmo da cadeia não é a demanda do cliente, mas sim a quantidade de suprimentos disponíveis – neste caso, os materiais a serem reciclados enviados para o galpão. Nesta percepção, a implementação do fluxo puxado em todo o processo é impossibilitada, conforme prega um dos 5 princípios *lean*. Todavia, a limitação dos estoques intermediários e a recalibragem do ritmo de trabalho prevista, tem como objetivo gerar a sensação de fluxo, de forma que o ritmo de trabalho consiga atender a toda a demanda de recicláveis.

Nesta lógica, segundo informações coletadas na cooperativa, tem-se que é enviado, em média, 133 toneladas de resíduos por semana, sendo, aproximadamente, 20% destes rejeitos, ou 26.600 kg por dia, considerando 5 dias de trabalho. Com isso, é necessário estimar o novo estoque médio de entrada. Para isso, Ballou (2009) estabelece a Equação 2:

$$\text{Estoque médio} = \text{Quantidade do pedido} / 2 + \text{Estoque de segurança} \quad (\text{Equação 2})$$

Analisando a Equação 2, tem-se o estoque de segurança como o volume auxiliar para garantir possíveis variações de demanda e entrega (BALLOU, 2009). Todavia, como o papel sustentável da cooperativa para o município é conseguir processar todo o resíduo encaminhado, não é necessidade de estimar um estoque suplementar. Portanto, considerando o objetivo diário de atender à demanda, a quantidade de pedido se torna equivalente a tudo que é recebido em um dia, portanto, o estoque médio representa 13.300 kg.

Trazendo o enfoque para o fluxo do plástico, considerando a Figura 21 em que 13% dos materiais recicláveis são plásticos, tem-se 13.910 kg de plástico a serem processados por semana, ou considerando 5 dias de trabalho, 2.782 kg de plástico por dia. Utilizando a *bag* de plástico de 30 kg como unidade padrão, estima-se que a cooperativa deveria produzir, aproximadamente, 93 bags de plástico por dia.

Analisando o processo mais próximo do recebimento – a pré-triagem, tem-se que esta ocorre em dois turnos, sendo assim, estimando o tempo de trabalho disponível como 13 horas, o *takt time* é calculado por meio da Equação 1. Portanto, tem-se 505 segundos disponíveis para processar 1 bag de plástico.

Considerando o tempo de ciclo atual em que apenas 11 pessoas trabalham na pré-triagem, representado na Figura 22, nota-se que não seria possível atender à demanda atual.

Todavia, em um cenário onde as pessoas sempre trabalhassem em duplas e todas as mesas fossem ocupadas, além de que fosse possível reduzir os desperdícios associados, seria alcançável a sincronização deste processo com o *takt time*.

Na Figura 24, analisando a pré-triagem, tem-se que os desperdícios representam 49% do tempo de ciclo; na situação futura desta etapa, é previsto que esta proporção alcance 25%, visto a necessidade de considerar que os trabalhadores, devido ao fator humano, são incapazes de trabalhar continuamente durante todo o turno. Portanto, não é possível desconsiderar a existência de pausas em um trabalho bastante manual e repetitivo, todavia, é admissível prever pausas menores e programadas.

Para atuar nestes desperdícios, o 5S seria usado como ferramenta *lean*, no sentido de desenvolver a gestão visual ao sinalizar por meio de pinturas no chão os locais específicos de estoque em todo o processo, envolvendo o recebimento dos resíduos, os estoques intermediários e os locais de expedição. Este é um exemplo de melhoria que poderia ser replicado em outros fluxos.

Além disso, o 5S também atuaria na organização do local de trabalho, visto que é uma ferramenta relevante ao auxiliar manter o espaço organizado, seguro, limpo e eficiente (KOVÁCS, 2020). Por meio desta ferramenta, seria possível, com a ajuda dos colaboradores, estabelecer métodos de padronização de trabalho e de limpeza e utilizar a gestão visual, por meio da implantação de cartazes e afins nas paredes do galpão contendo fotos de referência, por exemplo.

Portanto, com o 5S, seria possível evitar alguns desperdícios relacionados à desorganização do local e ao desperdício de materiais que caem pelo galpão e poderiam ser aproveitados. Dentro da padronização, seria possível estabelecer até que ponto é recomendado encher uma *bag* de forma que esta não transborde e os materiais caiam pelo galpão. Em adição, como a pré-triagem é uma etapa comum a todos os fluxos, desenvolver melhorias possui grande relevância.

Uma discussão importante para as mudanças propostas é o modelo de divisão de receitas dentro da cooperativa. Para que seja possível ter as mesas de triagem sempre ocupadas por pessoas de famílias diferentes, seria necessário adotar um modelo similar ao de Junior e Battaglia (2013), onde a remuneração passou a ser distribuída de acordo com a hora trabalhada, que possui o mesmo valor para todas as atividades realizadas. Neste sentido, a etapa de pesagem deixou de existir, uma vez que os pagamentos deixam de ser atrelados ao volume triado.

O modelo proposto é relevante para engajar os trabalhadores com o processo como o todo, podendo desenvolver uma maior preocupação conjunta com a redução de desperdícios e melhorar a busca pela eficiência. Em adição, a mudança de perspectiva de volume triado para horas trabalhadas poderia reduzir a elevada rotatividade, uma vez que exigiria engajamento constante dos trabalhadores.

Com isso, os estoques entre a pré-triagem e a triagem fina são reduzidos, se limitando a uma unidade e o tempo relacionado à movimentação entre as etapas, devido à grande extensão do galpão e a inexistência de equipamentos para auxílio no transporte. Já o estoque entre a pesagem e a triagem fina é bastante limitado, devido à sincronização destes processos com a demanda de trabalho.

Analisando o estado atual descrito na Figura 23, dividindo o tempo disponível de um turno (aproximadamente 7 horas) pelo tempo de ciclo da triagem fina, tem-se que este processo já atende o *takt time*, indicando momentos de ociosidade. Portanto, é possível reduzir a quantidade de trabalhadores nesta etapa, podendo alocá-los em outras atividades, como a pré-triagem que necessita de mão de obra. Com isso, o tempo de ciclo é aumentado quando se tem apenas 4 trabalhadores e, conseqüentemente o TAV. Este aumento é importante para nivelar o trabalho e realocar trabalhadores em processos que necessitam de maior ajuda.

Para reduzir os desperdícios associados à triagem fina, muitas ações comuns à pré-triagem associadas ao 5S poderiam ser adotadas, além de que tornar a pré-triagem mais eficiente e padronizada refletiria na triagem ao eliminar a existência de materiais separados equivocadamente.

Entre a triagem fina e a prensagem é necessária a existência de estoque para alimentar a prensa, além disso, este estoque deve ser variado suficiente de forma que haja bags suficientes para prensar um único tipo de plástico entre os 4 disponíveis.

Na prensagem, para reduzir os desperdícios associados, é importante evitar paradas desnecessárias para ir buscar material, desta forma, é importante aproveitar os momentos de ociosidade dos trabalhadores, onde a prensa está realizando o seu trabalho, para descansarem ou irem buscar mais material. Portanto, estabelecer trabalhos padronizados onde enquanto um trabalhador acompanha a prensa o outro descansa ou se movimenta é necessário.

Sobre o maquinário em si, trazer a mentalidade da manutenção preventiva por meio do TPM é um meio de tornar o processo mais eficiente, além de ser possível aplicar esta

ferramenta em outras máquinas presentes no galpão, contribuindo para a não ocorrência de possíveis vazamentos e a redução de poluentes atmosféricos (NAWANIR et al., 2020).

Portanto, com estas ações, espera-se atingir uma redução de *lead time*, de forma que seja possível processar um volume similar de material em um intervalo de tempo menor, de forma que seja possível realizar vendas mais frequentes ou a formação de um estoque maior em um mesmo intervalo de tempo de forma que a cooperativa consiga escalar suas vendas e conseguir negociar mais assertivamente com os seus clientes.

Todavia, para que haja sucesso nas melhorias propostas, é necessário discutir o envolvimento da cooperativa. Primeiramente, conforme mencionado item 4.1.2.1, o engajamento com a liderança da cooperativa é fundamental. Para isso, seriam necessários *workshops* introdutórios sobre como o uso de ferramentas *lean* tem se mostrado benéfico até mesmo em cooperativas e como é possível alcançar resultados sem a necessidade de grandes investimentos financeiros.

Nestes *workshops*, seria apresentado o significado de cada senso contido no 5S, para que em seguida fosse possível desenvolver a metodologia de organização de trabalho de forma conjunta com os cooperados, eliminando o que é desnecessário, organizando o restante, limpando e inspecionando o local de trabalho, padronizando as melhores práticas e desenvolvendo processos de auditoria periódica (LEONG et al., 2019).

Porém, estes *workshops* não devem ser vistos isoladamente, é importante o desenvolvimento de eventos *kaizen* para a construção da mentalidade de melhoria contínua e a participação dos cooperados na busca pela solução de problemas relacionados ao trabalho e à sustentabilidade.

Contudo, considerando a vulnerabilidade social deste grupo, é necessário envolvimento externo para auxiliar no engajamento. A participação de universidades em ações constantes de desenvolvimento intelectual deste grupo seria fundamental, auxiliando no desenvolvimento da didática necessária para essas discussões. Em adição, ONGs também seriam importante para o envolvimento da comunidade e o desenvolvimento de ações considerando a realidade local.

Além disso, considerando a responsabilidade compartilhada, ter o envolvimento do setor público na capacitação e no auxílio destes trabalhadores também seria de grande importância, além de poderem contribuir para que o catador enxergue a relevância do seu respectivo trabalho.

Apesar do mapa futuro proposto na Figura 27, o resíduo que chega à cooperativa depende da divisão realizada pela Comcap, além da geração do município. Portanto, em situações de aumento da demanda, mesmo com as melhorias propostas, a produção pode ser insuficiente. Por isso, ter o envolvimento do município na reciclagem para a promoção de ações separação dos resíduos na fonte é fundamental, visto que são capazes de mobilizar recursos e estabelecer canais de comunicação em escala municipal (STOREY et al., 2015).

Por fim, a Tabela 11 resume os principais pontos discutidos neste item.

Tabela 11 – Principais melhorias propostas à cooperativa

Ações propostas	Etapas relacionadas
Padronização de atividades	Pré-triagem, triagem fina e prensagem
Gestão visual	Recebimento, expedição e estoques intermediários
Organização do local	Pré-triagem e triagem fina principalmente, além das movimentações entre etapas intermediárias
Pagamento por horas trabalhadas	Todas as etapas, porém a pesagem deixa de existir
TPM	Prensagem
<i>Workshops</i> e eventos <i>kaizen</i>	Todo o fluxo de valor
Envolvimento dos <i>stakeholders</i>	Todo o fluxo de valor

Fonte: Autora

4.6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No presente estudo, o tripé da sustentabilidade serviu como base para o entendimento do contexto da gestão dos RSU neste assunto. Através da pesquisa bibliográfica, a Economia Circular foi identificada como um modelo equilibrado em relação aos três pilares sustentáveis (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016) onde a participação do catador é viável (GUTBERLET et al., 2017).

Porém, para que a sustentabilidade esteja inserida no ambiente interno das cooperativas, é necessária a integração conjunta com diferentes agentes da sociedade, de forma que cada um destes consiga contribuir para os pilares sustentáveis de maneiras distintas. Todavia, este alcance da sustentabilidade ainda enfrenta uma série de desafios nos diversos aspectos, dificultando o desenvolvimento dos catadores.

Como forma de atuar nos desperdícios de diversas organizações, o pensamento *lean* é utilizado (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007) e este consegue ser potencializado através da combinação com o *green* para o desenvolvimento da sustentabilidade nas organizações (RODRIGUES; ALVES; SILVA, 2020). Com isso, analisar as contribuições de ferramentas

lean para os aspectos social, ambiental e econômico, mostrou a versatilidade desta filosofia, indicando ser um instrumento favorável para a proposição de melhorias de um ambiente em que a vulnerabilidade social predomina.

Com o embasamento teórico construído, partiu-se para a análise da realidade de uma cooperativa, em que foi possível entender os diferentes fluxos envolvidos no processo produtivo e a perspectiva dos catadores perante a sua atuação na gestão de resíduos.

Apesar da necessidade de focar em único fluxo de material para melhor aplicabilidade do MFV, foi possível identificar as principais dores do processo – sendo muitas destas presentes em outros fluxos. Com isso, considerando as ferramentas *lean* disponíveis, foram propostas melhorias ao processo produtivo da cooperativa, buscando formas eficientes de atender à demanda de geração de resíduos contribuindo para a questão ambiental, além de trazer benefícios econômicos e sociais a todos os trabalhadores.

Todavia, considerando a situação de vulnerabilidade trabalhadores, para que as ações propostas sejam colocadas práticas e consigam um entendimento pleno do grupo e engajamento, o envolvimento dos *stakeholders* identificados é essencial, dada a complexidade das influências do sistema de gestão de resíduos, em que a participação de todos os elos é fundamental.

Com isso, foi possível identificar alguns desafios da sustentabilidade na gestão de resíduos na realidade da cooperativa estudada, como a gestão ineficiente dos RSU, a falta de recursos para auxiliar em despesas básicas – prejudicando o valor a ser pago individualmente aos catadores, além dos riscos aos trabalhadores ao exercerem atividades sem os equipamentos adequados e instruções de como realizar tarefas adequadamente, além de do ambiente desorganizado, resultado em pilhas elevadas de resíduos que podem gerar problemas à saúde do trabalhador.

Por fim, a falta de entendimento individual sobre a relevância do trabalho de um catador, contribui para mostrar que a possibilidade de inserção em um contexto amplo de colaboração para práticas sustentáveis não é bem disseminada na realidade destes trabalhadores.

5 CONCLUSÃO

O objetivo deste capítulo final é discutir brevemente sobre o atingimento dos objetivos propostos inicialmente e quais foram as limitações encontradas durante a pesquisa e indicar estudos futuros relacionados ao tema abordado.

5.1 ATINGIMENTO DOS OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente trabalho teve como objetivo geral propor melhorias ao fluxo de valor de uma cooperativa de catadores de Florianópolis considerando os aspectos do tripé da sustentabilidade. Este objetivo foi atingido ao ser proposto alterações no fluxo de valor à cooperativa em questão e, dentro deste fluxo, o desenvolvimento de discussões que mostravam os impactos das ações propostas na sustentabilidade.

Analisando os objetivos específicos, foi possível relacionar a sustentabilidade com a gestão dos resíduos sólidos urbanos no item 4.1.1, por meio da pesquisa bibliográfica. Já a obtenção do panorama produtivo de cooperativa está descrito no item 4.3, onde por meio de uma pesquisa de campo, foi possível entender o processo e a perspectiva dos trabalhadores envolvidos.

Em adição, a identificação de ferramentas do LM em um contexto sustentável também foram identificadas na pesquisa bibliográfica descrita no item **Error! Reference source not found.** e, apesar de não terem sido identificadas muitas situações na literatura de aplicação direta no contexto dos resíduos com enfoque na sustentabilidade, estas ferramentas se mostraram viáveis para a temática do presente trabalho, visto que foi possível utilizar o MFV no item 4.4. Por fim, o item 4.5 conseguiu atingir o objetivo de propor as melhorias à cooperativa com base nas ferramentas identificadas do LM, em que foram descritas as formas de utilização destas ferramentas.

5.2 LIMITAÇÕES E FUTURAS PESQUISAS

Apesar do atingimento dos objetivos propostos, foram identificadas algumas limitações ao longo do desenvolvimento do trabalho. Primeiramente, a não aplicação das melhorias propostas faz com o que o MFV não seja explorado da forma mais eficiente, visto

que faz parte do processo de desenvolvimento colocar em prática o que é desenvolvido no mapa de estudo futuro para que seja possível avaliar e que foi proposto e desenvolver mudanças através de outro mapa (caso seja necessário) em um processo contínuo (ROTHER; SHOOK, 2007).

Em adição, a dificuldade em obter dados precisos com a cooperativa e a impossibilidade de prever a demanda exata de material a ser processado – visto que o material que chega à cooperativa depende da divisão realizada pela Comcap além das variações de geração de resíduos, também prejudica desenvolver um modelo exato à realidade da cooperativa, apesar de entender que caso as melhorias fossem aplicadas poderiam gerar benefícios ao processo.

Com isso, entender essas variações na demanda de resíduo a ser processado e como propor melhorias mais assertivas com base nestes fatores se tornam recomendações de pesquisas futuras, como analisar o impacto de diferentes cenários no trabalho da cooperativa (aumento de geração durante o verão, impactos da pandemia, etc.) e como trabalhar nestes cenários.

Por fim, estudar o impacto do maior envolvimento da população por meio da separação de resíduos domiciliar também indica um possível caminho de pesquisa futura, uma vez que caso os resíduos chegassem à cooperativa já separados nas principais categorias, a etapa de pré-triagem – que hoje é a que mais necessita de trabalhadores, seria bastante modificada.

Como último ponto, trazer métricas no MFV com maior enfoque em fatores sustentáveis, como análise de indicadores ambientais, acompanhamento do impacto ao meio ambiente e examinar com maiores detalhes as condições que podem afetar a saúde do trabalhador também indica outros caminhos para pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

ABDEL-SHAFY, Hussein I.; MANSOUR, Mona SM. Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. **Egyptian journal of petroleum**, v. 27, n. 4, p. 1275–1290, 2018.

ABDOLI, M. A.; REZAEI, M.; HASANIAN, H. Integrated solid waste management in megacities. **Global Journal of Environmental Science and Management**, v. 2, n. 3, p. 289–298, 2016.

ABDULMALEK, F. A.; RAJGOPAL, J. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. **International Journal of Production Economics**, v. 107, n. 1, p. 223–236, 2007.

ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018-2019. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019/>. Acesso em junho de 2020.

ABUALFARAA, W. et al. Lean-green manufacturing practices and their link with sustainability: A critical review. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 3, p. 1–21, 2020.

ALEISA, E.; AL-JARALLAH, R. A triple bottom line evaluation of solid waste management strategies: a case study for an arid Gulf State, Kuwait. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 23, n. 7, p. 1460–1475, 2018.

ALESSI, Gil; PEREIRA, Julien. Pandemia faz sumir trabalho e renda de catadores: “Somos grupo de risco. Tem idoso, fumante, diabético e cardíaco”. **El País**, 13 abr. 2020. Disponível em: < <https://brasil.elpais.com/brasil/2020-04-14/pandemia-faz-sumir-trabalho-e-renda-de-catadores-somos-grupos-de-risco-tem-idoso-fumante-diabetico-e-cardiaco.html>>. Acesso em 10 de maio de 2020.

ALHADDI, Hanan. Triple bottom line and sustainability: A literature review. **Business and Management Studies**, v. 1, n. 2, p. 6-10, 2015.

ANCAT, Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis. Anuário da Reciclagem 2017-2018, 2019. Disponível em: <<http://www.mncr.org.br/biblioteca/publicacoes/relatorios-e-pesquisas/anuario-da-reciclagem-2018-2018>>. Acesso em 02 de maio de 2020.

ANDRIANISA, H. A.; BROU, Y. O. K.; SÉHI BI, A. Role and importance of informal collectors in the municipal waste pre-collection system in Abidjan, Côte d’Ivoire. **Habitat International**, v. 53, p. 265–273, 2016.

ANTUNES, J. Sistemas de Produção: Conceitos e práticas para projeto e gestão de produção enxuta. Porto Alegre: **Bookman**, 2008.

ARAMIAN, C. B. et al. Sustainability indicators in cooperative management of recyclable materials. **Agronomy Research**, v. 18, n. Special Issue 1, p. 699–719, 2020.

ARAÚJO, GC de et al. Sustentabilidade Empresarial: conceitos e indicadores. **CONVIBRA-Congresso Virtual Brasileiro de Administração**. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. NBR 10004: Resíduos sólidos: classificação. **ABNT**, 2004.

AZEVEDO, B. D.; SCAVARDA, L. F.; CAIADO, R. G. G. Urban solid waste management in developing countries from the sustainable supply chain management perspective: A case study of Brazil's largest slum. **Journal of Cleaner Production**, v. 233, p. 1377–1386, 2019.

AZIMI, A. N.; DENTE, S. M. R.; HASHIMOTO, S. Social life-cycle assessment of householdwaste management system in Kabul city. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 8, 2020.

BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos-: Logística Empresarial. **Bookman Editora**, 2009.

BARROS, R. T. DE V.; SILVEIRA, Á. V. F. Use of sustainability indicators for the assessment of urban solid waste management in belo horizonte's metropolitan region, MG, Brazil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 411–423, 2019

BASHA, A. M. M. et al. Green and lean industrial engineering practices in selected manufacturing units in andhra pradesh: Statistical analysis. **International Journal of Emerging Trends in Engineering Research**, v. 8, n. 5, p. 1768–1775, 2020.

BASTOS, Valéria Pereira. A política pública brasileira de resíduos sólidos e os atuais desafios para sua efetivação. **Líder: revista labor interdisciplinaria de desarrollo regional**, n. 34, p. 38-62, 2019.

BESEN, Gina Rizpah et al. Gestão da coleta seletiva e de organizações de catadores: indicadores e índices de sustentabilidade. São Paulo, Fundação Nacional de Saúde, 2016.

BHATTACHARYA, A.; NAND, A.; CASTKA, P. Lean-green integration and its impact on sustainability performance: A critical review. **Journal of Cleaner Production**, v. 236, p. 117697, 2019.

BHATT, Y.; GHUMAN, K.; DHIR, A. Sustainable manufacturing. Bibliometrics and content analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, p. 120988, 2020.

BRASIL. Decreto nº 5.940 de 25 de outubro de 2006. Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis. Brasília, 2006

_____. Lei Federal 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes para o saneamento básico. Brasília, 2007.

_____. Senado Federal. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos-. Brasília: Gráfica do Senado, 2010.

BROWN, Becky J. et al. Global sustainability: toward definition. *Environmental management*, v. 11, n. 6, p. 713-719, 1987.

CAIADO, R. G. G. et al. Towards sustainability by aligning operational programmes and sustainable performance measures. **Production Planning and Control**, v. 30, n. 5–6, p. 413–425, 2019

CALDERA, H. T. S.; DESHA, C.; DAWES, L. Evaluating the enablers and barriers for successful implementation of sustainable business practice in ‘lean’ SMEs. **Journal of Cleaner Production**, v. 218, p. 575–590, 2019.

CALDERÓN MÁRQUEZ, A. J.; RUTKOWSKI, E. W. Waste management drivers towards a circular economy in the global south – The Colombian case. **Waste Management**, v. 110, p. 53–65, 2020.

CAMPOS, Heliana Kátia Tavares. Recycling in Brazil: Challenges and prospects. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 85, p. 130-138, 2014.

_____. 9.2 Gestão dos resíduos sólidos urbanos no contexto da Lei de Saneamento Básico. LEI NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO, p. 305, 2007.

CHARLES, G. Sustainability of Social Enterprises Involved in Waste Collection and Recycling Activities: LESSONS from Tanzania. **Journal of Social Entrepreneurship**, v. 0, n. 0, p. 1–19, 2019.

CHERRAFI, A. et al. The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model. **Journal of Cleaner Production**, v. 139, p. 828–846, 15 dez. 2016.

CHERRAFI, A. et al. Green and lean: a Gemba–Kaizen model for sustainability enhancement. **Production Planning and Control**, v. 30, n. 5–6, p. 385–399, 2019.

CMMAD, Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CONKE, Leonardo Silveira; DO NASCIMENTO, Elimar Pinheiro. A coleta seletiva nas pesquisas brasileiras: uma avaliação metodológica. *URBE. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 10, n. 1, p. 199-212, 2018.

DA COSTA LIMA, Gustavo Ferreira. Consumo e resíduos sólidos no Brasil: as contribuições da educação ambiental. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 37, p. 47-57, 2015.

DA FONSECA, E. et al. Logistics improvements in a cooperative of recyclable waste collectors in Belém-PA: A proposal based on NSWP. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 12, n. 1, p. 01–20, 1 mar. 2017.

DA SILVA, L.; MARQUES PRIETTO, P. D.; PAVAN KORF, E. Sustainability indicators for urban solid waste management in large and medium-sized worldwide cities. **Journal of Cleaner Production**, v. 237, p. 117802, 2019.

DAVID, V. E.; JOHN, Y.; HUSSAIN, S. Rethinking sustainability: a review of Liberia's municipal solid waste management systems, status, and challenges. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, n. 0123456789, 2020.

DE ALMEIDA, Maria de Fátima Gutierrez; FIGUEIREDO, Paulo S.; DANTAS, Josiane. The socioeconomic conditions of waste pickers in Bahia, and an evaluation of a workforce restructuring: a multiple case study. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 2, 2017

DEMING, W. Edwards. Qualidade: a revolução da administração. In: **Qualidade: a revolução da administração**. 1990. p. 367-367.

DENNIS, P. Lean Production Simplified. Nova York: **Productivity Press**, 2007.

DE PÁDUA, Elisabete Matallo M. Metodologia da pesquisa: abordagem teórico-prática. **Papirus Editora**, 2019.

DE S. PEREIRA, T.; FERNANDINO, G. Evaluation of solid waste management sustainability of a coastal municipality from northeastern Brazil. **Ocean and Coastal Management**, v. 179, n. April, p. 104839, 2019.

DIAS, Sonia Maria. Waste pickers and cities. **Environment and Urbanization**, v. 28, n. 2, p. 375-390, 2016.

ELKINGTON, J. Cannibals with forks – Triple bottom line of 21st century business. Stoney Creek, CT: **New Society Publishers**, 1997.

EZEAH, Chukwunonye; FAZAKERLEY, Jak A.; ROBERTS, Clive L. Emerging trends in informal sector recycling in developing and transition countries. **Waste management**, v. 33, n. 11, p. 2509-2519, 2013.

FEITOSA, A. K. et al. Avaliação da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em um Município do Nordeste Brasileiro. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 9, n. 1, p. 293–315, 2020.

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

FERRONATO, N. et al. The municipal solid waste management of La Paz (Bolivia): Challenges and opportunities for a sustainable development. **Waste Management and Research**, v. 36, n. 3, p. 288–299, 2018.

FRANCISCHETTO, Gilsilene Passon Picoretti; PINHEIRO, Priscila Tinelli. A política nacional de resíduos sólidos como mecanismo de fortalecimento das associações de catadores de materiais recicláveis. **Derecho y cambio social**, 2016.

FIGUEIREDO, Fábio Fonseca. O desenvolvimento da indústria da reciclagem dos materiais no Brasil: Motivação econômica ou benefício ambiental conseguido com a atividade?. **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, v.16, n. 387, 2012.

FLORIANÓPOLIS. Plano Municipal de Coleta Seletiva - Relatório Parcial 3 - Identificação da realidade municipal quanto a coleta informal e levantamento dos locais de triagem existentes. Florianópolis. 246p, 2016.

FUSS, M.; VASCONCELOS BARROS, R. T.; POGANIETZ, W. R. Designing a framework for municipal solid waste management towards sustainability in emerging economy countries - An application to a case study in Belo Horizonte (Brazil). **Journal of Cleaner Production**, v. 178, p. 655–664, 2018

GAHAGAN, Sean M. Adding value to value stream mapping: a simulation model template for VSM. In: IIE Annual Conference. Proceedings. **Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE)**, 2007. p. 712.

GAIKWAD, L.; SUNNAPWAR, V. An integrated Lean, Green and Six Sigma strategies: A systematic literature review and directions for future research. **TQM Journal**, v. 32, n. 2, p. 201–225, 2020.

GARZA-REYES, Jose Arturo et al. The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations. **International Journal of Production Economics**, v. 200, p. 170-180, 2018.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 114, p. 11–32, 2016.

GODFREY, L. et al. Co-operatives as a development mechanism to support job creation and sustainable waste management in South Africa. **Sustainability Science**, v. 12, n. 5, p. 799–812, 2017.

GOEL, Puneeta. Triple Bottom Line Reporting: An Analytical Approach for Corporate Sustainability. **Journal of Finance, Accounting & Management**, v. 1, n. 1, 2010.

GOES, G. et al. The effect of eco-driving initiatives toward sustainable urban waste collection. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 14, n. 8, p. 569–578, 2020.

GUTBERLET, J.; BRAMRYD, T.; JOHANSSON, M. Expansion of the waste-based commodity frontier: Insights from Sweden and Brazil. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 7, 2020.

GUTBERLET, J. et al. Waste picker organizations and their contribution to the circular economy: Two case studies from a Global South Perspective. **Resources**, v. 6, n. 4, 2017.

HAMMER, Janet; PIVO, Gary. The triple bottom line and sustainable economic development theory and practice. **Economic Development Quarterly**, v. 31, n. 1, p. 25-36, 2017.

HARTINI, S. et al. Manufacturing sustainability assessment using a lean manufacturing tool: A case study in the Indonesian wooden furniture industry. **International Journal of Lean Six Sigma**, 2020.

HARVEY, David. *Condição Pós-Moderna: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural* 14 ed. São Paulo: **Loyola**, 2005.

ISHAK, A. et al. Cleaner Production Implementation In An E-Waste Recovery Plant By Using The Value Stream Mapping. **Journal of Advanced Manufacturing Technology (JAMT)**, v. 12, n. 1 (2), p. 55-68, 2018.

IYAMU, H. O.; ANDA, M.; HO, G. A review of municipal solid waste management in the BRIC and high-income countries: A thematic framework for low-income countries. **Habitat International**, v. 95, n. December 2019, 2020.

JACOBI, Pedro Roberto; BESEN, Gina Rizpah. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos avançados**, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

JESSON, J. K.; POCOCK, R.; STONE, I. Barriers to Recycling: A Review of Evidence Since 2008. **The Waste & Resources Action Programme**: Banbury, UK, 2014.

JOSHI, C.; SEAY, J. Building momentum for sustainable behaviors in developing regions using Locally Managed Decentralized Circular Economy principles. **Chinese Journal of Chemical Engineering**, v. 27, n. 7, p. 1566–1571, 2019.

JOSHI, C.; SEAY, J.; BANADDA, N. A Perspective on a Locally Managed Decentralized Circular Economy for Waste Plastic in Developing Countries. v. 38, n. 1, p. 3–11, 2019

JUNIOR, Alvaír Silveira Torres; BATTAGLIA, Bruno. Aplicação do modelo de produção lean em contexto de inclusão social—um estudo de pesquisa-ação. **Revista Gestão Industrial**, v. 9, n. 2, 2013.

KOVÁCS, György. Combination of Lean value-oriented conception and facility layout design for even more significant efficiency improvement and cost reduction. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 10, p. 2916-2936, 2020.

LA GENNUSA, M. et al. Integrated Methods for Establishing the Sustainability of Urban Policies: Applying Ecological Footprint to the Municipal Solid Waste Management. **Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2018**, 2018

LAZO, D. P. L.; GASPARATOS, A. Sustainability transitions in the municipal solid waste management systems of bolivian cities: Evidence from La Paz and Santa Cruz de la Sierra. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 17, 2019.

LEKSIC, I.; STEFANIC, N.; VEZA, I. The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction. **Advances in Production Engineering & Management**, v. 15, n. 1, 2020.

LEONG, Wei Dong et al. Lean and green manufacturing—a review on its applications and impacts. **Process integration and optimization for sustainability**, v. 3, n. 1, p. 5-23, 2019.

LIKER, Jeffrey K. O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo. **Bookman Editora**, 2005.

LOBO, Mariana Giovani; NETO, José da Costa Marques. Estudo da situação dos planos de gestão exigidos pela política nacional de resíduos sólidos/Study of the situation of management plans required by the national solid waste policy. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 5245-5254, 2020.

LORENZON DOS SANTOS, D. et al. Environmental aspects in VSM: a study about barriers and drivers. **Production Planning and Control**, v. 30, n. 15, p. 1239–1249, 2019.

MAHAJAN, N. Solid waste management in Chennai: Lessons from Exnora. **Innovation Journal**, v. 21, n. 1, p. 1–26, 2016.

MARCHEZETTI, A.; KAVISKI, E.; BRAGA, M. Aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 2, p. 173–187, 2011

MARTINE, George; ALVES, J. E. Economy, society and environment in the 21st century: three pillars or trilemma of sustainability. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 32, n. 3, p. 433-459, 2015.

MCDONALD, Thomas; VAN AKEN, Eileen M.; RENTES, Antonio F. Utilising simulation to enhance value stream mapping: a manufacturing case application. **International Journal of Logistics**, v. 5, n. 2, p. 213-232, 2002.

MELTON, Trish. The benefits of lean manufacturing: what lean thinking has to offer the process industries. **Chemical engineering research and design**, v. 83, n. 6, p. 662-673, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, MMA. Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Versão Preliminar. 2011.

MONTEIRO, C. et al. A gestão municipal de resíduos sólidos e as ações de sustentabilidade: um estudo realizado em um município do centro oeste do Paraná. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 9, n. 1, p. 139–154, 2016.

MOREIRA, D. A. Administração da Produção e Operações. 5 ed. São Paulo: **Pioneira**, 2000.

MOREIRA, Ana Maria Maniero; GÜNTHER, Wanda M. Risso; RIBEIRO, Helena. School of Public Health, University of Sao Paulo—Marching Towards Socioeconomic and Environmental Sustainability. **Towards Green Campus Operations**. Springer, Cham, 2018. p. 701-713.

MOVIMENTO NACIONAL DOS CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS, MNCR,. Quantos catadores existem em atividade no Brasil?, 2019. Disponível em: <<http://www.mnrc.org.br/sobre-o-mnrc/duvidas-frequentes/quantos-catadores-existem-em-atividade-no-brasil>>. Acesso em 05 de maio de 2020.

MUSSER, C. F. et al. Responsabilidade socioambiental: Estudo de caso - cooperativas de catadores atuando a triagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil. **Espacios**, v. 38, n. 16, 2017.

NAHMIA, Steven; CHENG, Ye. Production and operations analysis. New York: **McGraw-hill**, 2009.

NARAYANAMURTHY, Gopalakrishnan; GURUMURTHY, Anand; LANKAYIL, Arjun Athikkamannil. Experience of implementing lean thinking in an Indian healthcare institution. **International Journal of Lean Six Sigma**, 2018.

NASCIMENTO, Francisco Paulo do; SOUSA, Flávio Luís Leite. Metodologia da pesquisa científica teoria e prática: como elaborar TCC. Brasília: **Thesaurus**, 2016.

NAWANIR, Gusman et al. Less for More: The Structural Effects of Lean Manufacturing Practices on Sustainability of Manufacturing SMEs in Malaysia. **International Journal of Supply Chain Management**, v. 2, n. 2, p. 961-975, 2020.

NETO, Paulo Nascimento; MOREIRA, Tomás Antonio. Política nacional de resíduos sólidos-reflexões acerca do novo marco regulatório nacional. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 15, p. 10-19, 2010.

NIKOLAOU, Ioannis E.; EVANGELINOS, Konstantinos I.; ALLAN, S. A reverse logistics social responsibility evaluation framework based on the triple bottom line approach. **Journal of cleaner production**, v. 56, p. 173-184, 2013.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C.; CURI, W. F. Use of indicators in urban solid waste management: A methodological proposal of construction and analysis for cities and regions. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 3, p. 471–483, 2018a.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C.; CURI, W. F. Use of indicators in urban solid waste management: A methodological proposal of construction and analysis for cities and regions: Application of the model. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 3, p. 485–498, 2018b.

PERTEGHELLA, A. et al. Utilizing an integrated assessment scheme for sustainable waste management in low and middle-income countries: Case studies from Bosnia-Herzegovina and Mozambique. **Waste Management**, v. 113, p. 176–185, 2020.

PETTERSEN, J. Defining lean production: some conceptual and practical issues. **The TQM Journal**, v. 21, n. 2, p. 127-142, 2009.

PHU, S. T. P. et al. Enhancing waste management practice - The appropriate strategy for improving solid waste management system in Vietnam towards sustainability. **Chemical Engineering Transactions**, v. 78, n. 2019, p. 319–324, 2020.

PINCELLI, Isabella Pimentel; MEIRELES, Sara; DE CASTILHOS JÚNIOR, Armando Borges. **Socio-productive Inclusion of Waste Pickers on Segregated Solid Waste Collection in Brazilian Universities as an Instrument for Sustainability Promotion**. In: Sustainability on University Campuses: Learning, Skills Building and Best Practices. Springer, Cham, 2019. p. 293-304

PUJARA, Y. et al. Review on Indian Municipal Solid Waste Management practices for reduction of environmental impacts to achieve sustainable development goals. **Journal of Environmental Management**, v. 248, n. April, p. 109238, 2019.

RAHANI, A. R.; AL-ASHRAF, M. Production flow analysis through Value Stream Mapping: A lean manufacturing process case study. **Procedia Engineering**, v. 41, n. Iris, p. 1727–1734, 2012.

RIBEIRO, Bárbara Maria Giacom; MENDES, Carlos André Bulhões. Avaliação de parâmetros na estimativa da geração de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. v. 7, n. 3 (ago. 2018), p. 422-443, 2018.

RIBEIRO SIMAN, R. et al. Governance tools: Improving the circular economy through the promotion of the economic sustainability of waste picker organizations. **Waste Management**, v. 105, p. 148–169, 2020.

RODRIGUES, H. S.; ALVES, W.; SILVA, Â. The impact of lean and green practices on logistics performance: A structural equation modelling. **Producao**, v. 30, p. 1–14, 2020.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício: manual de trabalho de uma ferramenta enxuta. **Lean Institute Brasil**, 2007.

SCHEINBERG, Anne; WILSON, David C.; RODIC-WIERSMA, Ljiljana. Solid waste management in the world's cities. 2010.

SCHULZ, Steven A.; FLANIGAN, Rod L. Developing competitive advantage using the triple bottom line: A conceptual framework. **Journal of Business & Industrial Marketing**, 2016.

SCHWARTZMAN, Simon. Pesquisa acadêmica, pesquisa básica e pesquisa aplicada em duas comunidades científicas, 1979. Disponível em : <http://www.schwartzman.org.br/simon/acad_ap.htm>. Acesso em 15 de junho de 2020.

SHINGO, S. Sistema Toyota de Produção com Estoque Zero: o Sistema Shingo para Melhorias Contínuas. Porto Alegre. **Editora Bookman**, 1996.

SIEGEL, R. et al. Integrated green lean approach and sustainability for SMEs: From literature review to a conceptual framework. **Journal of Cleaner Production**, v. 240, 2019.

SINIR, Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos. Logística reversa. Disponível em: <<https://sinir.gov.br/logistica-reversa>>. Acesso em 02 de maio de 2020.

_____. Painel Resíduos Sólidos Urbanos – Indicadores Brasil e Regiões. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojNGVkbkYTRiZTktMGUwZS00OWFiLTgwNWYtNGQ3Y2JlZmJhYzFiIiwidCI6IjJmY2ZmE5LTNmOTMtNGJiMS05ODMwLTZmNDY3NTJmMDNINCIImMiOjF9>>. Acesso em 13 de dezembro de 2020.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento. 17º Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2018>>. Acesso em 13 de dezembro de 2020.

SMITH, R. L. et al. An industrial ecology approach to municipal solid waste management: I. Methodology. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 104, p. 311–316, 2015.

SODHI, Harsimran Singh; SINGH, Doordarshi; SINGH, Bikram Jit. A conceptual examination of Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma models for managing waste in manufacturing SMEs. **World Journal of Science, Technology and Sustainable Development**, 2020.

STOREY, D. et al. Designing effective partnerships for waste-to-resource initiatives: Lessons learned from developing countries. **Waste Management and Research**, v. 33, n. 12, p. 1066–1075, 2015.

TARIQ, M. et al. Sustainability of waste picker sustainopreneurs in Pakistan’s informal solid waste management system for cleaner production. **Journal of Cleaner Production**, v. 267, p. 121913, 2020.

TASDEMIR, C.; GAZO, R.; QUESADA, H. J. **Sustainability benchmarking tool (SBT): theoretical and conceptual model proposition of a composite framework**. [s.l.] Springer Netherlands, 2019.

TATE, Wendy L.; BALS, Lydia. Achieving shared triple bottom line (TBL) value creation: toward a social resource-based view (SRBV) of the firm. **Journal of Business Ethics**, v. 152, n. 3, p. 803-826, 2018.

THANGARAJOO, Y.; SMITH, A. Lean thinking: An overview. **Industrial Engineering & Management**, v. 4, n. 2, p. 2169-0316.1000159, 2015.

THEODORSON, G. A.; THEODORSON, A. G. A modern dictionary of sociology. London: Methuen, 1970

TORTORELLA, Guilherme; SILVA, Glauco; CAMPOS Lucila, M. S.; PIZZETA, Cassiano, LATOSINSKI, Amanda; SOARES, Alessandro . Productivity improvement in solid waste recycling centres through lean implementation aided by multi-criteria decision analysis. **Benchmarking**, v. 25, n. 5, p. 1480–1499, 2 jul. 2018.

VARDOPOULOS, I. et al. Sustainable metropolitan areas perspectives through assessment of the existing waste management strategies. **Environmental Science and Pollution Research**, 2020.

VEIGA, T. B. et al. Construção de indicadores de sustentabilidade na dimensão da saúde para gestão de resíduos sólidos. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 24, 2016.

VELIS, Costas A.; VRANCKEN, Karl C. Which material ownership and responsibility in a circular economy?. 2015.

VENUGOPAL, V.; SALEESHYA, P. G. Manufacturing system sustainability through lean and agile initiatives. **International Journal of Sustainable Engineering**, v. 12, n. 3, p. 159–173, 2019

VINODH, S.; GAUTHAM, S. G.; RAMIYA R, Anesh. Implementing lean sigma framework in an Indian automotive valves manufacturing organisation: a case study. **Production Planning & Control**, v. 22, n. 7, p. 708-722, 2011.

WANG, J. et al. Formalisation of informal collectors under a dual-recycling channel: A game theoretic approach. **Waste Management and Research**, v. 38, n. 5, p. 576–587, 2020a.

WANG, Z. et al. Environmental and economic performance of an integrated municipal solid waste treatment: A Chinese case study. **Science of the Total Environment**, v. 709, 2020b.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. A Mentalidade Enxuta nas Empresas Lean Thinking: elimine desperdício e crie riqueza. 6ª edição - Reino Unido: **Editora Campus**, 2004

YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre: **Bookman**, 2005

YILDIZ, Senol; YAMAN, Cevat; DEMIR, Goksel; OZCAN, Kurtulus; COBAN, Asli; OKTEN, Hatice Eser; SEZER, Kodir; GOREN, Sami. Characterization of municipal solid

waste in Istanbul, Turkey. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, v. 32, n. 3, p. 734-739, 2013.

ZACHO, Kristina Overgaard; MOSGAARD, Mette; RIISGAARD, Henrik. Capturing uncaptured values—A Danish case study on municipal preparation for reuse and recycling of waste. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 136, p. 297-305, 2018.

ZANTA, Viviana Maria; FERREIRA, Cynthia Fantoni Alves. Gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos. AB de Castilho Júnior (Coordenador), Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. São Carlos, SP: **Rima Artes e Textos**, 2003.

ZHU, X. Y.; ZHANG, H. Construction of lean-green coordinated development model from the perspective of personnel integration in manufacturing companies. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture**, v. 234, n. 11, p. 1460–1470, 2020.