



DÉBORA CARLINE BAIERLE

**RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E RECICLAGEM:
ESTUDO SOBRE AS EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO**

CANOAS, 2020

DÉBORA CARLINE BAIERLE

**RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E RECICLAGEM:
ESTUDO SOBRE AS EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO**

Dissertação apresentada ao Mestrado acadêmico em Avaliação de Impactos Ambientais da Universidade La Salle – Unilasalle, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Avaliação de Impactos Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Danielle Heberle Viegas

Coorientadora: Profa. Dra. Judite Sanson de Bem

CANOAS, 2020

DÉBORA CARLINE BAIERLE

Dissertação aprovada para obtenção do título de mestre, pelo Programa de Pós-Graduação Avaliação de Impactos Ambientais, da Universidade La Salle.

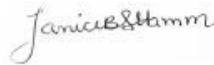
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Gabriel Selbach Hofmann
IFRS



Prof.ª Dr.ª Maria de Lourdes Borges
Universidade La Salle



Prof.ª Dr.ª Janice Botelho Souza Hamm
Universidade La Salle



Prof.ª Dr.ª Judite Sanson de Bem
Coorientadora - Universidade La Salle



Prof.ª Dr.ª Danielle Heberle Viegas
Orientadora e Presidente da Banca - Universidade La Salle

Área de concentração: Avaliação de Impactos Ambientais
Curso: Mestrado em Avaliação de Impactos Ambientais

Canoas, 08 de dezembro de 2020.

AGRADECIMENTOS

A pesquisa acadêmica é um trabalho que envolve diversas habilidades e que exige muito tempo e dedicação. É uma entrega total e cada parte concluída é uma vitória. Em todos os caminhos que trilhamos existem obstáculos e na pesquisa acadêmica eles também existem, mas sempre há pessoas que nos inspiram antes de iniciar esta jornada e pessoas que estendem a mão ao longo deste percurso para que tenhamos êxito na realização do trabalho. Lembro-me de cada uma destas pessoas com muito carinho, pois em cada momento que solicitei auxílio elas se esforçaram para me ajudar e, quando não puderam fazê-lo, deixavam sempre uma palavra de incentivo para que eu não desistisse. Por isso, meus agradecimentos são mais do que especiais a elas.

Primeiramente, agradeço ao nosso Pai Superior por guiar minha vida aqui no plano terrestre e por permitir que eu encontrasse pessoas tão especiais em meu caminho.

Aos meus pais, Celita Baierle e Nelson Luiz Baierle, que estiveram todo esse tempo ao meu lado e, nos momentos mais difíceis, se aproximavam para dar um abraço e falar mensagens que me encorajaram a seguir em frente.

À minha orientadora, Danielle Heberle Viegas e à coorientadora Judite Sanson de Bem por contribuírem com suas orientações e, além de me nortearem, me incentivaram com sensibilidade, dedicação e carinho para a realização deste trabalho.

Ao senhor Júlio Paulo Lima, ex-presidente da Cooperesíduos, por me fornecer todo o material da cooperativa para a realização deste estudo.

Ao funcionário da Prefeitura Municipal de São Leopoldo, Everton de Araújo Correa, que confirmava ou me explicava por mensagem via *whatsapp* as informações por mim solicitadas.

Ao meu colega e amigo, Evandro Silva dos Santos e à minha ex-aluna Graziela Schmitt, por me auxiliarem nas conversões necessárias para dar continuidade aos cálculos das emissões de CO₂.

Às minhas colegas e amigas Daniela da Cunha Silveira, Flávia Monaco Vieira e Maria Geraldina Venâncio que sempre me motivaram com uma palavra amiga, dizendo que eu tinha força e as ferramentas necessárias para finalizar este trabalho.

Ao meu colega Marco Antônio da Silva Ramos, por ter a paciência de me orientar em algumas situações de uso do programa Excel.

À minha colega e amiga Sandra Lilian Silveira Grohe, por ser tão atenciosa e rápida ao responder cada mensagem enviada por mim solicitando suporte em relação à estrutura do projeto e formatação.

Com muito carinho, agradeço a todos vocês pelo apoio incondicional que me deram nesta jornada.

Muito obrigada!

Se não formos nós, então quem?
Se não for agora, então quando?
(VAMOS..., 2010, p. 199)

RESUMO

A Cooperativa de Catadores de Resíduos e Prestadora de Serviços de São Leopoldo Ltda. (Cooperesíduos) foi a primeira cooperativa responsável pela reciclagem de resíduos sólidos urbanos oriundos da coleta regular domiciliar do município de São Leopoldo - RS. A cooperativa, fundada em 1998, teve suas atividades suspensas no ano de 2018, quando os resíduos sólidos urbanos recolhidos passaram a ser encaminhados diretamente ao aterro sanitário. Com base nessa problemática, esta dissertação teve como objetivo estudar as emissões de dióxido de carbono (CO₂) evitadas pela atuação da Cooperesíduos em São Leopoldo entre 2013 e 2018. Para cumprir tal propósito, foi utilizada a metodologia AMS-III.AJ para ressaltar o valor da reciclagem, fundamentada no cálculo da recuperação e reciclagem de resíduos sólidos sugerida pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (CQNUMC). Os dados e materiais utilizados são provenientes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), além de documentos de origem pública e privada, pertencentes ao poder municipal e à Cooperesíduos, respectivamente. Os resultados apontam que as atividades de reciclagem realizadas pela Cooperesíduos entre 2013 e 2018 evitaram a emissão de 37.236.559,29 Kg CO₂, além de possibilitar que 7.539,38 toneladas de resíduos tivessem a destinação ambientalmente correta. A Cooperesíduos, através de seu trabalho cooperativo de reciclagem, é um caso exemplar para a redução de CO₂ na atmosfera.

Palavras-chave: Cooperesíduos. Reciclagem. Valoração Ambiental. São Leopoldo. Rio Grande do Sul.

ABSTRACT

The Collective of Waste Pickers and Service Provider Ltd (Cooperesíduos) was the first collective company responsible for recycling solid urban waste from regular household collection in the municipality of São Leopoldo - RS. Founded in 1998, the collective had its activities suspended in 2018, when the urban solid waste gathering started to be sent directly to the landfill. Based on this problem, this essay aimed to study the emissions of carbon dioxide (CO₂) avoided by the Cooperesíduos operation in São Leopoldo between 2013 and 2018. To fulfill this purpose, the AMS-III.AJ methodology was used to highlight the value of recycling, based on the calculation of recovery and recycling of solid waste suggested by the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). The data and materials used come from the National Sanitation Information System (NSIS), from the Brazilian Association of Public Cleaning and Special Waste Companies (BAPCSWC), in addition to documents of public and private origin, belonging to the municipal authority and Cooperesíduos, respectively. The results show that the recycling activities performed by them between 2013 and 2018, prevented the emission of 37,236,559.29 Kg CO₂, in addition to allowing 7,539.38 tons of waste to have an environmentally correct destination. Cooperesíduos through its cooperative recycling work, is an exemplary case for reducing CO₂ in the atmosphere.

Keywords: Cooperesíduos. Recycling. Environment Valuation. São Leopoldo. Rio Grande do Sul.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Mapa do município de São Leopoldo | 20 |
| Figura 2 – Caminho percorrido pelos RSU no município de São Leopoldo | 30 |
| Figura 3 – Total de RSU recolhidos na coleta regular domiciliar e coleta seletiva no período de 2013 a 2018 (t) | 31 |
| Figura 4 – Caminho percorrido pelos RSU durante o funcionamento da Cooperesíduos e após a suspensão de suas atividades..... | 40 |
| Figura 5 – Volume de materiais recuperados pela Cooperesíduos entre 2013 e 2018 | 55 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – RSU recolhidos na coleta regular domiciliar de São Leopoldo e quantidade recuperada na Cooperesíduos | 39 |
|--|----|

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-------|
| Tabela 1 – Ano de início das atividades de cada cooperativa de catadores de materiais recicláveis de São Leopoldo e suas quantidades de integrantes | 32 |
| Tabela 2 – Documentos de origem particular da Cooperesíduos..... | 37 |
| Tabela 3 – Documentos de origem municipal | 37 |
| Tabela 4 – Documentos de origem pública | 37-38 |
| Tabela 5 – Fator de ajuste (Li) dos materiais | 43 |
| Tabela 6 – Fator de emissão de CO ₂ para a energia elétrica gerada no Brasil entre 2013 e 2018, exceto 2017 | 46 |
| Tabela 7 – Consumo de energia elétrica e consumo de combustíveis fósseis para produção de materiais | 47 |
| Tabela 8 – Dados dos combustíveis fósseis | 48 |
| Tabela 9 – Consumo de energia elétrica para reciclagem dos materiais | 49 |
| Tabela 10 – Consumo de combustíveis fósseis para reciclagem dos materiais | 49 |
| Tabela 11 – Fatores de emissão de combustíveis fósseis convertidos..... | 51 |
| Tabela 12 – Emissões decorrentes da produção equivalente a uma tonelada de plástico, papel, alumínio e vidro referente aos anos de 2013 a 2018 | 52 |
| Tabela 13 – Emissões decorrentes da reciclagem equivalente a uma tonelada de plástico, papel, alumínio e vidro de 2013 a 2018 | 53 |
| Tabela 14 – Redução das emissões proporcionadas pela reciclagem do plástico (Kg CO ₂ eq/t) entre 2013 e 2018 | 54 |
| Tabela 15 – Redução das emissões proporcionadas pela reciclagem do papel (Kg CO ₂ eq/t) entre 2013 e 2018 | 54 |
| Tabela 16 – Redução das emissões proporcionadas pela reciclagem do alumínio (Kg CO ₂ eq/t) entre 2013 e 2018 | 54 |
| Tabela 17 – Redução das emissões proporcionadas pela reciclagem do vidro (Kg CO ₂ eq/t) entre 2013 e 2018 | 54 |
| Tabela 18 – Emissões mitigadas pelo total de toneladas de plástico recuperado pela Cooperesíduos entre 2013 e 2018..... | 56 |
| Tabela 19 – Emissões mitigadas pelo total de toneladas de papel recuperado pela Cooperesíduos entre 2013 e 2018..... | 57 |

| | |
|---|----|
| Tabela 20 – Emissões mitigadas pelo total de toneladas de alumínio recuperado pela Cooperesíduos entre 2013 e 2018..... | 57 |
| Tabela 21 – Emissões mitigadas pelo total de toneladas de vidro recuperado pela Cooperesíduos entre 2013 e 2018..... | 57 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-----------------|--|
| ABIVIDRO | Associação Brasileira das Indústrias de Vidro |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas e Técnicas |
| ABRELPE | Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais |
| AND | Autoridade Nacional Designada |
| BE | Linha de Base |
| CE-MDL | Comitê Executivo - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo |
| CEMPRE | Compromisso Empresarial para Reciclagem |
| CER | Certificados de Emissões Reduzidas |
| CGEE | Centro de Gestão e Estudos Estratégicos |
| CIMGC | Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima |
| CO ₂ | Dióxido de Carbono |
| CONAMA | Conselho Nacional Do Meio Ambiente |
| COOPERESÍDUOS | Cooperativa de Catadores de Resíduos e Prestadora de Serviços de São Leopoldo Ltda. |
| CQNUMC | Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima |
| CRVR | Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos |
| EOD | Entidade Operacional Designada |
| EPA | <i>United States Environmental Protection Agency</i> |
| EPE | Empresa de Pesquisa Energética |
| ER | Emissões de Reciclagem |
| FRVS | Fórum de Recicladores do Vale dos Sinos |
| GEE | Gases de Efeito Estufa |
| IBAMA | Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IN | Instrução Normativa |
| IPCC | <i>The Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) |
| Li | Fator de Ajuste |

| | |
|---------|--|
| MCTIC | Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações Comunicações |
| MDL | Mecanismo de Desenvolvimento Limpo |
| MJ | Megajoule |
| MME | Ministério de Minas e Energia |
| NBR | Norma Brasileira |
| ONS | Operador Nacional do Sistema Elétrico |
| OS | Poliestireno |
| PCMSO | Programa de Controle Médico e de Saúde Ocupacional |
| PE | Emissões do Projeto |
| PEAD | Polietileno de alta densidade |
| PEBD | Polietileno de baixa densidade |
| PET | Politereftalato de etileno |
| PLANGEA | Plano Municipal de Gestão Ambiental |
| PMGIRS | Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos |
| PNRS | Política Nacional de Resíduos Sólidos |
| PP | Polipropileno |
| PPRA | Programa de Prevenção de Riscos Ambientais |
| PVC | Policloreto de Vinila |
| RCEs | Reduções Certificadas de Emissões |
| RE | Redução das Emissões |
| RMPA | Região Metropolitana de Porto Alegre |
| RSU | Resíduos Sólidos Urbanos |
| SELIMP | Secretaria Municipal de Limpeza Pública |
| SEMMAM | Secretaria Municipal do Meio Ambiente |
| SEMURB | Secretaria Municipal de Mobilidade e Serviços Urbanos |
| SIN | Sistema Interligado Nacional |
| SNIS | Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento |
| TJ | Tonelada de Joule |
| UNFCCC | <i>United Nations Framework Convention Climate Changes</i> |

SUMÁRIO

| | | |
|------------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 | Objetivo geral | 17 |
| 1.1.1 | <i>Objetivos específicos</i> | 17 |
| 1.2 | Justificativa | 17 |
| 1.3 | Local de estudo | 20 |
| 1.3.1 | <i>O município de São Leopoldo</i> | 20 |
| 1.3.2 | <i>Localização da Cooperesíduos</i> | 21 |
| 1.4 | Caracterização do tema | 21 |
| 1.4.1 | <i>A Política Nacional de Resíduos Sólidos</i> | 22 |
| 1.4.2 | <i>Resíduos Sólidos: definições e classificações</i> | 23 |
| 1.4.3 | <i>Gerenciamento dos RSU no município de São Leopoldo</i> | 27 |
| 1.4.4 | <i>A Cooperesíduos: histórico e atuação</i> | 32 |
| 2 | EMISSIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) EVITADAS PELA ATUAÇÃO DA COOPERESÍDUOS EM SÃO LEOPOLDO (2013-2018) | 36 |
| 2.1 | Fontes | 36 |
| 2.2 | Dados | 38 |
| 2.3 | Metodologia | 41 |
| 2.3.1 | <i>Emissões da linha de base (BE)</i> | 42 |
| 2.3.2 | <i>Emissões do projeto (PE)</i> | 44 |
| 2.4 | Aplicação da Metodologia AMS-III.AJ | 45 |
| 2.4.1 | <i>Cálculo da linha de base decorrentes da produção de materiais (BE)</i> | 45 |
| 2.4.2 | <i>Definição do fator de emissão de CO₂</i> | 45 |
| 2.4.3 | <i>Fatores de emissões de CO₂ de combustíveis fósseis</i> | 47 |
| 2.4.4 | <i>Cálculo das emissões decorrentes da reciclagem (ER)</i> | 48 |
| 2.4.5 | <i>Cálculo da redução das emissões de reciclagem (RE)</i> | 49 |
| 2.5 | Resultados e discussão | 51 |
| 2.5.1 | <i>Cálculo dos fatores de emissão de CO₂ de combustíveis fósseis</i> | 51 |
| 2.5.2 | <i>Emissões decorrentes da produção de materiais (BE)</i> | 52 |
| 2.5.3 | <i>Emissões decorrentes da reciclagem (ER)</i> | 53 |
| 2.5.4 | <i>A redução de emissões decorrentes da reciclagem (RE)</i> | 53 |
| 2.5.5 | <i>As contribuições da Cooperesíduos para redução de impactos ambientais</i> | 55 |
| 3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 59 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 3.1 | Estudos futuros | 60 |
| | REFERÊNCIAS | 62 |
| | APÊNDICE A – Cálculo da BE – ano 2013 | 69 |
| | APÊNDICE B – Cálculo da BE – ano 2014 | 71 |
| | APÊNDICE C – Cálculo da BE – ano 2015 | 73 |
| | APÊNDICE D – Cálculo da BE – ano 2016 | 75 |
| | APÊNDICE E – Cálculo da BE – ano 2018..... | 77 |
| | APÊNDICE F – Cálculo do fator de emissão de CO₂ para o cálculo da BE..... | 79 |
| | APÊNDICE G – Cálculo da ER – 2013..... | 81 |
| | APÊNDICE H – Cálculo da ER – 2014..... | 83 |
| | APÊNDICE I – Cálculo da ER – 2015 | 85 |
| | APÊNDICE J – Cálculo da ER – 2016 | 87 |
| | APÊNDICE K – Cálculo da ER – 2018..... | 89 |
| | APÊNDICE L – Cálculo da RE | 91 |
| | APÊNDICE M – Cálculo das emissões evitadas pela Cooperesíduos por material..... | 92 |

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais desafios associados à gestão ambiental no Brasil é o excesso de resíduos sólidos. Segundo pesquisa apresentada pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil revelou, em 2017, “O total de 78,4 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) gerados no país” (ABRELPE, 2018, p. 14).

Diante dessa problemática, a reciclagem é uma das principais práticas mitigadoras de impactos ambientais, definidos segundo o Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA) como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

A reciclagem de resíduos sólidos reduz a quantidade de materiais encaminhados para os aterros sanitários, o que evita emissões de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, o uso de recursos naturais, além do consumo de energia e de combustíveis fósseis (LIMA, 2012).

No município de São Leopoldo, localizado na Região Metropolitana de Porto Alegre - RS, as práticas de reciclagem no âmbito público começaram no ano de 1991, quando os RSU passaram a ser depositados no aterro localizado na Vila Santa Marta, na zona norte do município. A coleta seletiva, no entanto, só foi iniciada no município no ano de 2005, contando com o trabalho de catadores, por meio de associações e cooperativas organizadas em prol do recolhimento e triagem dos materiais. Em 2009, a coleta seletiva foi ampliada para 100% do município e tornou-se mecanizada. A elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), em 2012, garantiu a institucionalização das práticas de reciclagem (PREFEITURA DE SÃO LEOPOLDO, 2012).

Neste contexto, destacou-se a Cooperativa de Catadores de Resíduos e Prestadora de Serviços de São Leopoldo Ltda. (Cooperesíduos), fundada em 1998. Desde o ano de 2002 a Cooperesíduos era a única cooperativa responsável pela

triagem dos materiais recolhidos pela coleta regular domiciliar do município e congregava mais de 70 famílias em torno das atividades que desenvolvia. Em 23 de abril de 2018, a Cooperesíduos teve as suas operações suspensas e a reciclagem em São Leopoldo continuou a ser realizada apenas no âmbito da coleta seletiva, por meio de outras cooperativas do município.

1.1 Objetivo geral

Considerando o lastro temático apresentado, a presente dissertação tem como objetivo principal estudar as emissões de CO₂ evitadas pela atuação da Cooperesíduos por meio da reciclagem no município de São Leopoldo, no período de 2013 a 2018.

1.1.1 Objetivos específicos

- a) quantificar o volume de RSU oriundos da coleta regular domiciliar recuperado pela Cooperesíduos entre 2013 e 2018;
- b) aplicar a metodologia AMS-III.AJ sugerida pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (CQNUMC) para ressaltar o valor da reciclagem;
- c) identificar o material que evitou a maior quantidade de emissão de CO₂ no período analisado.

1.2 Justificativa

O interesse pelo tema de pesquisa desenvolvido na presente dissertação surgiu do conhecimento da autora sobre a trajetória da Cooperesíduos, a qual acompanhou parcialmente, visto que atua há 14 anos como professora na Escola Municipal de Ensino Fundamental Santa Marta. Em contato com os pais dos alunos e alunas, pôde acompanhar as ações que a cooperativa realizava. Desta forma, percebeu que havia uma interessante demanda para estudar os impactos ambientais possivelmente mitigados pelas atividades da cooperativa, ora formalizada por meio desta dissertação desenvolvida junto ao Programa de Pós-Graduação em Avaliação de Impactos Ambientais da Universidade La Salle.

Os impactos ambientais podem ter origem na emissão dos gases de efeito estufa (GEE) e estes gases são produzidos pela “[...] queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) em usinas termoeletricas, indústrias, veículos em circulação e sistemas domésticos de aquecimento, além de atividades agropastoris, lixões e aterros sanitários” (ARTIGIANI, 2011, p. 21). Há diversos tipos de GEE, tais como: metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), perfluorcarbono (PFC), hidrofluorcarbonos (HFC’s), hexafluoreto de enxofre (SF₆), monóxido de carbono (CO), clorofluorcarbonos (CFC’s), halocarbonos, além do dióxido de carbono (CO₂), que será enfatizado nesta pesquisa (GARCIA, 2009).

O dióxido de carbono é um composto químico formado por dois átomos de oxigênio e um átomo de carbono (CO₂). As principais fontes de emissão desse gás provêm das atividades antrópicas ocasionadas pela queima de combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão, pelas florestas em decomposição e pelo desmatamento (PARREIRA, 2011). Este gás é o que apresenta maior potencial para gerar o efeito estufa (NETO, 2010). Quando lançado em grandes quantidades na atmosfera, seu forçamento radiativo leva séculos para começar a baixar. As alterações climáticas são causadas pelo forçamento radiativo emitido por um gás. “O forçamento radiativo emitido por um gás é sua capacidade de provocar as alterações no clima” (IPCC¹, 2007a, p. 02 *apud* NETO, 2010, p. 47).

No Brasil, durante a Rio 92 foi adotada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC) ou, em inglês, *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), a qual foi ratificada, aceita, aprovada ou aderida por 185 países mais a União Europeia, com o objetivo de estabilizar as concentrações de GEE na atmosfera, pois para a CQNUMC a essência das mudanças climáticas está na interferência humana e não natural (PROTOCOLO..., [2020?]; NETO, 2010).

“A CQNUMC estabelece mecanismos que dão continuidade ao processo de negociação em torno dos instrumentos necessários para que esse objetivo seja alcançado” (ARTIGIANI, 2011, p. 22). De acordo com os princípios da CQNUMC, o Protocolo de Quioto foi adotado para integrar a CQNUMC em dezembro de 1997 e entrou efetivamente em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005. Tem como objetivo estabelecer metas e prazos para a redução de GEE (PROTOCOLO..., [2020?]).

¹ Sigla de *The Intergovernmental Panel on Climate Change* (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas).

Em Brasil (1988) é ressaltado que o meio ambiente deve ser preservado e protegido pelo poder público. No artigo 225º está:

[...] todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as futuras gerações.

Da mesma forma, em Brasil (1988), o artigo 186º, II fala sobre a “[...] utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente”. Também a Lei Federal nº 12.305/2010 de agosto de 2010, que instituiu a PNRS, estabeleceu como uma das metas até agosto de 2014 a eliminação de lixões, impulsionando soluções ambientais para a disposição final de RSU. Mas, hoje, 40% dos resíduos coletados são descarregados em lixões ou aterros que não possuem as condições necessárias e adequadas para a preservação do meio ambiente e integridade da população local. Além disso, cerca de 8% dos resíduos produzidos no Brasil (6,3 milhões de toneladas) ainda não são sequer coletados. Dentre os mais de 5.500 municípios do país, aproximadamente 3.000 ainda enfrentam esta realidade (OS DESCAMINHOS..., 2019).

A Lei Federal nº 12.305/2010 acrescenta em seu artigo 3º inciso XV que:

[...] depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

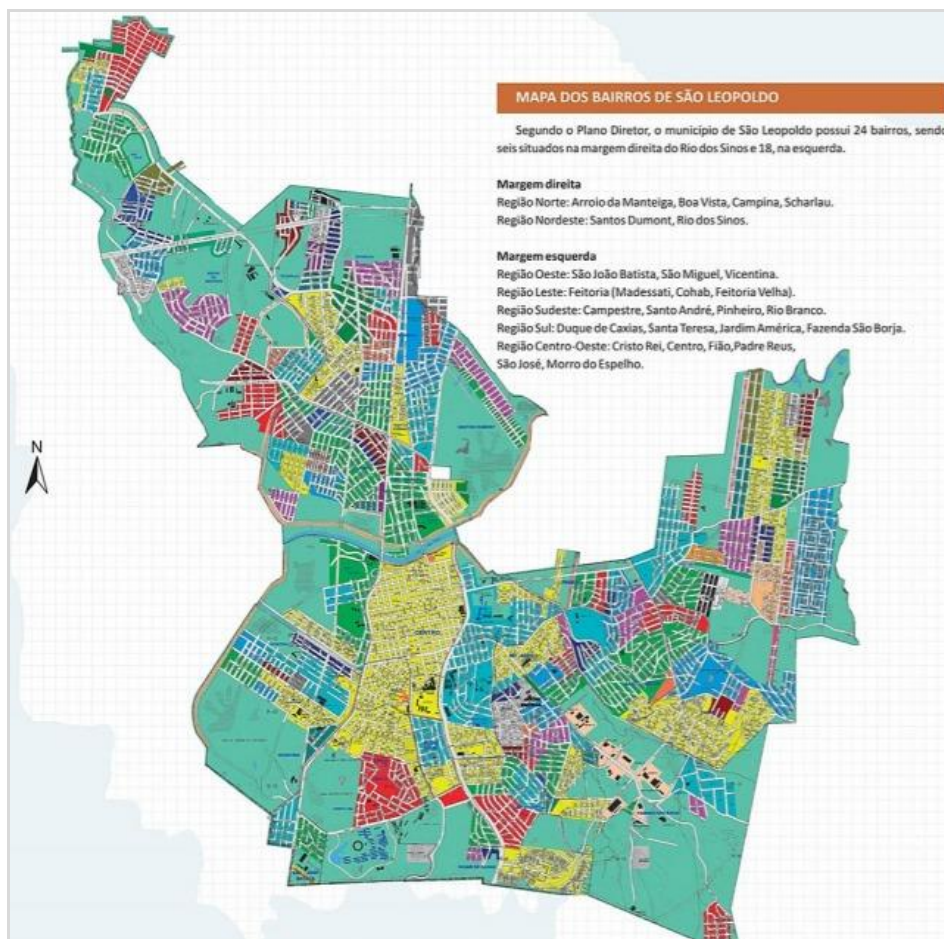
Devido a isso, a Lei Federal nº 12.305/2010 destaca as responsabilidades da população, dos empresários e do poder público na gestão adequada dos resíduos (BRASIL, 2010). Sua proposta prevê metas para reduzir a geração dos resíduos sólidos, propõe medidas para a mudança de hábitos quanto ao consumo, incentivo à reciclagem, a reutilização e destinação final adequada dos rejeitos, instituindo a responsabilidade compartilhada.

1.3 Local de estudo

1.3.1 O município de São Leopoldo

Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (SÃO..., 2020), São Leopoldo é um município do estado do Rio Grande do Sul e está localizado a 31 km da capital Porto Alegre. Possui uma área territorial de 103,012 km² e faz divisa com os municípios de Sapucaia do Sul, Novo Hamburgo e Portão. Apresenta uma população estimada, em 2020, de 238.648 mil habitantes, sendo que a maior parte de seus habitantes está na área urbana e apenas uma pequena parte na área rural do município (SÃO..., 2020). A figura 1 apresenta o mapa de São Leopoldo.

Figura 1 – Mapa do município de São Leopoldo



Fonte: Zelter, Letti e Zanini (2012, p. 97).

São Leopoldo faz parte da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), institucionalizada em 1973. Segundo a SEPLAG (2020), a RMPA concentra mais de

4 milhões de habitantes, cerca de 37,7% da população total do estado. Historicamente, se trata de uma região que concentra a maior parte das indústrias do Rio Grande do Sul, sendo o setor primário o mais ativo em São Leopoldo, seguido do comércio e da prestação de serviços (BENDER, 2007). Nesses termos, como tantos outros municípios brasileiros com alto grau de industrialização e concentração populacional, o município se caracteriza por problemas associados à geração, à coleta e à reciclagem de RSU.

1.3.2. Localização da Cooperesíduos

A Cooperesíduos localizava-se na Vila Santa Marta, no Bairro Arroio da Manteiga, parte norte do município de São Leopoldo - RS. A Vila enfrenta desafios ambientais e sociais resultantes do desenvolvimento urbano informal e desigual. É um dos assentamentos informais mais periféricos do município. No início dos anos 1990, sua história foi marcada por recicladores informais que se estabeleceram em torno de um lixão próximo. Desta forma, o desenvolvimento da Vila Santa Marta ocorreu por ocupações de terras, bem como subdivisões clandestinas e ilegais.

Com o passar dos anos, novos moradores chegaram e se estabeleceram na Vila, vindos dos mais diversos lugares do Rio Grande do Sul. Trata-se de uma Vila que está constantemente exposta a fatores de vulnerabilidade como violência, miséria, desemprego, drogas, falta de infraestrutura habitacional, de lazer e carência de saneamento básico. Mesmo com todos esses percalços, a Vila Santa Marta é um local de pessoas receptivas e acolhedoras com seus visitantes.

1.4 Caracterização do tema

Tendo em vista que a presente dissertação aborda o tema da reciclagem de RSU no período de 2013 a 2018, considerou-se fundamental a construção da caracterização do tema a partir de três esferas: primeiramente, abordando o cenário nacional, relatando a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), criada em 2010, bem como as diferentes classificações e conceituações sobre resíduos sólidos; em seguida, enfatizando o cenário municipal de São Leopoldo quanto às práticas de reciclagem; e, finalmente, discorrendo sobre a trajetória institucional da Cooperesíduos, cooperativa objeto de estudo desta pesquisa.

1.4.1 A Política Nacional de Resíduos Sólidos

A PNRS foi instituída pela lei federal nº 12.305/2010 e procura organizar a forma como o país deve tratar o gerenciamento de seus resíduos sólidos, incentivando a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento e a destinação final ambiental dos rejeitos, além da responsabilidade compartilhada entre os setores públicos e privado, para a busca de uma sociedade mais sustentável. Destaca ainda a importância de capacitar e educar a sociedade, para que os objetivos da política sejam atingidos nos próximos anos (BRASIL, 2010).

Conforme Brasil (2010), um dos principais desafios a serem enfrentados pelo poder público municipal ainda é a coleta seletiva, que foi um dos instrumentos que receberam incentivos e investimentos nos municípios com a “participação das cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda” (BRASIL, 2010).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, a coleta seletiva é definida como uma “Coleta diferenciada de resíduos que foram previamente separados, segundo a sua constituição ou composição” (COLETA..., [2020?]). Ou seja, os resíduos devem ser previamente separados nas residências, empresas, órgãos públicos e encaminhados para a coleta separadamente, para que o reaproveitamento dos mesmos seja possível. De acordo com Brasil (2010), é dever dos municípios implantar a coleta seletiva e elaborar metas para os próximos anos, especificando-as em seus planos de gestão integrada sobre os resíduos sólidos.

Brasil (2010) aponta ainda que a coleta seletiva e a reciclagem são os principais instrumentos para a minimização dos impactos ambientais ocasionados pela existência de uma grande quantidade de resíduos sólidos. A reciclagem está associada a um processo de recuperação e utilização de materiais descartados como matéria-prima secundária integrada à gestão dos resíduos sólidos. O processo inicia na coleta seletiva, passando pela triagem dos materiais, limpeza e prensagem e/ou enfardamento, de acordo com cada tipo de material. Após esse processo, o material está pronto para ser transformado em matéria-prima secundária (RIBEIRO *et al.*, 2014). A reinserção dos materiais no ciclo produtivo traz benefícios para a sociedade e para o meio ambiente, pois “[...] são práticas ambientais e sociais mais vantajosas que o descarte ou a incineração” (KING; GUTBERLET; SILVA, 2016, p. 508).

Os materiais recicláveis são divididos em: plástico, papel, metal e vidro (CARDOSO *et al.*, 2013). Os plásticos podem ser divididos em dois grupos: termoplásticos e termofixos. Os termoplásticos são plásticos que quando expostos ao calor amolecem, sendo possível moldá-los e quando resfriados se tornam rígidos. São eles: politereftalato de etileno (PET), polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno de baixa densidade (PEBD), policloreto de vinila (PVC), polipropileno (PP), poliestireno (PS). Já, os termofixos são plásticos mais resistentes, não derretem nem com altas temperaturas, apenas se degradam (queimam), dificultando a sua reciclagem (SANTOS, 2017; CARDOSO *et al.*, 2013). Como relatado em Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE) (FICHAS..., [2020?]), com o plástico reciclado é possível economizar até 50% de energia.

O papel é dividido, na maioria das vezes, em papéis e papelões (GRIPPI, 2006). Conforme Reciclagem... (c1999-2020) com uma tonelada de papel reciclado é possível economizar 2,5 barris de petróleo, 98 mil litros de água e 2.500 KWh de energia elétrica.

Os metais são classificados em dois grupos: ferrosos (aço e ferro fundido) e não ferrosos (alumínio, cobre e metais pesados). Com a reciclagem dos metais é possível economizar até 97% de energia na produção, se comparado à utilização de matéria-prima virgem, além da redução de poluentes gerados na produção (FIALHO, 2014).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Vidro (ABIVIDRO) (2019), o vidro é um material formado geralmente por calcário, água, feldspato (mineral formado por rochas), que são os materiais responsáveis por 60% da crosta terrestre. Reciclar este resíduo ajuda a economizar energia e a diminuir a disposição dele na natureza, pois os cacos de vidros podem retornar à produção de novas embalagens, substituindo totalmente o produto virgem sem perda de qualidade.

1.4.2 Resíduos Sólidos: definições e classificações

Os resíduos sólidos são definidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira (NBR) 10004, de 2004, como:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas

de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004, p. 01).

Com a criação da PNRS, no artigo 3º, inciso XVI, a definição de resíduos sólidos foi ampliada, englobando os gases contidos em recipientes (BRASIL, 2010).

As definições de resíduos sólidos apresentadas tanto pela ABNT, na NBR 10004, como pela PNRS são abrangentes e são variadas em função das características físicas, químicas e biológicas dos resíduos sólidos.

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (BRASIL, 2012) também divulgou a definição de resíduos sólidos através da Instrução Normativa (IN) nº 13, de 18/12/2012, destacando em seu texto que:

I - resíduos sólidos: todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2012).

Conforme expresso em Rio Grande do Sul (1993), através da Lei nº 9.921/1993, de 27 de julho de 1993, no estado do Rio Grande do Sul são considerados como resíduos sólidos aqueles provenientes de:

I - atividades industriais, atividades urbanas (doméstica e de limpeza urbana), comerciais, de serviços de saúde, rurais, de prestação de serviços e de extração de minerais; II - sistemas de tratamento de águas e resíduos líquidos cuja operação gere resíduos semilíquidos ou pastosos, enquadráveis como resíduos sólidos, a critério do órgão ambiental do Estado (*alínea II vetada pelo Governador e mantida pela AL public. DOE de 10.09.93*); III - outros equipamentos e instalações de controle de poluição (RIO GRANDE DO SUL, 1993, grifo do autor).

Ainda em relação aos resíduos sólidos, a Lei 14.528, criada em 16 de abril de 2014 instituída Política Estadual de Resíduos Sólidos apresenta um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo Executivo Estadual, isoladamente ou em regime de cooperação com os Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

Com o advento da PNRS avanços conceituais foram ampliados, tendo como objetivo organizar e regular a forma como o país lida com os resíduos sólidos. Desta forma, os estados e municípios passam a ter responsabilidade maior no gerenciamento dos resíduos sólidos, bem como a obrigação de apresentar seus planos para que sejam desempenhadas ações para a diminuição do impacto ambiental dos resíduos sólidos. As empresas, para evitarem o descarte incorreto e a poluição ambiental, podem utilizar como instrumento o retorno dos resíduos com a implantação da política reversa, a qual é realizada através de ações por meio da coleta e reciclagem dos materiais (BRASIL, 2010).

Segundo a ABNT (ABNT, 2004), na NBR 10004 - Resíduos Sólidos - Classificação, os resíduos sólidos são aqueles que resultam de atividade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, e são classificados como:

- Resíduos Classe I (Perigosos): são aqueles resíduos que, devido às suas características físicas, químicas e infectocontagiosas, podem apresentar risco à saúde pública, por conterem materiais inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos, patogênicos, perigosos e que, quando manuseados de forma inadequada, podem provocar ou acentuar um aumento na mortalidade, um aumento de doenças e/ou riscos ao meio ambiente. Incluem-se neste grupo lâmpadas fluorescentes, pilhas, entre outros (ABNT, 2004);

- Resíduos Classe II (Não perigosos): são aqueles resíduos que não apresentam riscos à saúde coletiva e ao meio ambiente, os quais são subdivididos em Resíduos Classe II A (Não Inertes) que não se apresentam como inflamáveis, corrosivos, tóxicos, patogênicos e não possuem tendência a sofrer uma reação química, tendo como exemplos a matéria orgânica, papéis, entre outros; e os Resíduos Classe II B (Inertes) que em contato com água não sofrem transformações físicas, químicas ou biológicas, mantendo-se inalterados por um longo período de tempo como, por exemplo, alumínio, entulhos, entre outros (ABNT, 2004).

Em Brasil (2010), no artigo 13º, os resíduos sólidos são classificados de acordo com sua origem e periculosidade. Quanto à sua origem são denominados como:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas 'a' e 'b';
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas 'b', 'e', 'g', 'h' e 'j';
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea "c";
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios (BRASIL, 2010).

Em relação à periculosidade, existem os resíduos considerados perigosos, que são aqueles que “[...] apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental” (BRASIL, 2010) por apresentarem determinadas características como: “[...] inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade” (BRASIL,

2010); e os resíduos não perigosos, que são aqueles cujas características não se enquadram naquelas atribuídas aos resíduos perigosos.

A presente dissertação privilegia, entre os tipos apresentados, um enfoque sobre os RSU, que são os resíduos domiciliares e os resíduos de limpeza urbana, de acordo com Brasil (2010). Todavia, entre os resíduos oriundos de matéria orgânica, de material reciclável e outros, para efeitos do presente estudo serão considerados apenas os seguintes materiais recicláveis: plástico, papel, alumínio e vidro.

1.4.3 Gerenciamento dos RSU no município de São Leopoldo

Conforme o Plano Municipal de Gestão Ambiental (PLANGEA), o projeto da coleta seletiva compartilhada em São Leopoldo teve início em 1º de novembro de 2005, sendo um programa socioambiental da Prefeitura Municipal que consistia no recolhimento de materiais recicláveis nos bairros, gerando trabalho e renda às famílias que trabalhavam com o reaproveitamento dos RSU (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO LEOPOLDO, 2011).

Em média, 50 trabalhadores vinculados às Associações de Catadores conveniadas com a administração municipal realizavam a coleta seletiva de porta a porta. Esta coleta era feita uma vez por semana no bairro Rio Branco e nas empresas da Avenida São Borja. Todo material recolhido era encaminhado às unidades de triagem onde as Associações funcionavam. Naquele ano, o município de São Leopoldo tinha duas Associações de Catadores conveniadas (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO LEOPOLDO, 2011).

Após três anos de trabalho da coleta seletiva compartilhada, o município de São Leopoldo já contava com quatro Associações conveniadas, recolhendo os RSU em mais bairros. Devido à falta de condições de trabalho e dificuldades em relação ao gerenciamento dos conflitos internos entre as Associações que atuavam na época, a Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SEMMAM), juntamente, com as próprias Associações realizaram diversos encontros para debater sobre a coleta seletiva no município. Depois de vários debates, a SEMMAM e as Associações decidiram mecanizar a coleta seletiva a fim de disponibilizar este serviço para outros bairros e fazer com que o volume arrecadado para a triagem das Associações aumentasse e assim influísse positivamente na renda mensal delas. O outro motivo

determinante para que essa mudança de metodologia na coleta seletiva ocorresse, segundo o PLANGEA (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO LEOPOLDO, 2011, p. 644):

Foi a queda expressiva no valor de comercialização dos resíduos que, além de diminuir proporcionalmente a renda individual dos trabalhadores, desestimulou-os ao trabalho organizado fazendo com que boa parte dos trabalhadores voltassem à coleta informal.

A partir de 13 de novembro de 2009, a coleta seletiva foi ampliada para 100% do município de São Leopoldo. Neste ano, a coleta passou a ocorrer de porta a porta, utilizando caminhões tipo baú, identificados com adesivos e acompanhados por um representante das Associações conveniadas. Ao percorrer os bairros, o sistema de som do caminhão tocava um *jingle* que chamava a atenção dos moradores, avisando-os que o caminhão de coleta dos materiais recicláveis estava passando pelo bairro (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO LEOPOLDO, 2011).

Com esta nova organização de incentivo e investimento da Prefeitura Municipal na coleta seletiva em 2009, o acréscimo de materiais recicláveis coletados poderia intervir positivamente na renda dessas Associações conveniadas, uma vez que elas ficariam com todo o dinheiro obtido com a venda dos RSU recolhidos, triados e comercializados. Outro objetivo a ser atingido era distanciar os catadores do trabalho informal no município e inseri-los nas Associações conveniadas (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO LEOPOLDO, 2011).

Em 2012, em consonância com a Lei Federal nº 12.305/2010, houve a elaboração do PMGIRS (PREFEITURA DE SÃO LEOPOLDO, 2012). Como parte deste gerenciamento, a Prefeitura Municipal forneceu subsídios para que, em 2014, a coleta seletiva incorporasse as cooperativas de catadores, fornecendo estrutura e melhores condições de trabalho e renda para a comunidade (MACIEL *et al.*, 2019).

O gerenciamento dos RSU em São Leopoldo é realizado pela Prefeitura Municipal, através da Secretaria Municipal de Mobilidade e Serviços Urbanos (SEMURB), antiga Secretaria Municipal de Limpeza Pública (SELIMP), que conforme São Leopoldo (2019), artigo 1º, fiscaliza “os serviços públicos de limpeza e manejo de RSU, executando-os por meios próprios ou adjudicando-os a terceiros, de forma remunerada ou gratuita”.

A Lei Municipal nº 9.145, de 20 de dezembro de 2019, em seu artigo 2º, descreve que os serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos são classificados em coleta, transporte, transbordo, tratamento, destinação e disposição final adequada ao RSU, conservação e limpeza de vias, balneários, sanitários, elevadas, áreas verdes, parques e outros logradouros, e bens de uso comum da população, remoção de bens móveis abandonados nos logradouros públicos e fiscalização no âmbito do cumprimento da lei. O sistema é dividido em coleta seletiva e coleta regular domiciliar (SÃO LEOPOLDO, 2019).

A coleta seletiva no município de São Leopoldo ocorre em todos os bairros e é realizada pelas cooperativas de reciclagem cadastradas na SEMURB e licenciadas junto ao órgão ambiental. A coleta acontece duas vezes por semana nos bairros e turnos estabelecidos pela SEMURB (SÃO LEOPOLDO..., 2019; SÃO LEOPOLDO, 2019). Nesta coleta, conforme São Leopoldo (2019), artigo 3º, inciso III, apenas “[...] os resíduos potencialmente recicláveis, originários de atividades domésticas em imóveis, residenciais ou não, devidamente acondicionados, independentemente de seu volume[...]” devem ser encaminhados pela população. Os materiais coletados pelas cooperativas passam pela separação, prensagem e comercialização dos materiais recicláveis, que é de responsabilidade delas.

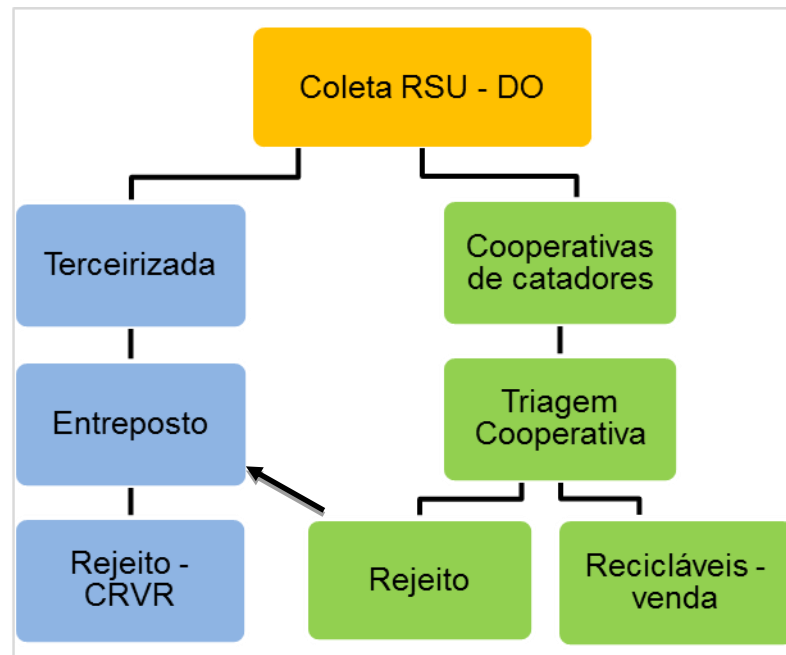
A coleta regular domiciliar acontece três vezes por semana em todos os bairros, nos turnos diurno e noturno (COLETA, 2020). É realizada pela empresa Urban Serviços e Transportes Ltda., empresa terceirizada que passa o caminhão na balança para a pesagem e encaminha os RSU coletados diretamente para o aterro sanitário denominado Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos (CRVR) (MACIEL *et al.* (2019). O aterro sanitário fica localizado em uma área de 135 hectares na Estrada do Socorro, no Bairro Arroio Manteiga, em São Leopoldo, e desta área total 60 hectares são utilizados para a destinação final dos RSU (CENTRAL..., [2020?]).

Segundo São Leopoldo (2019), artigo 3º, inciso II, os RSU a serem recolhidos pela coleta regular domiciliar devem ser:

[...] originados de atividades domésticas em residências urbanas que possam ser acondicionados em sacos plásticos com volume igual ou inferior a 100 (cem) litros, compostos por resíduos orgânicos, de origem animal ou vegetal, e rejeitos, que são resíduos para os quais ainda não há reaproveitamento ou reciclagem, e que possam ser destinados aos sistemas de tratamento disponibilizados pelo Município de São Leopoldo.

Na coleta regular domiciliar, a população leopoldense deve encaminhar os resíduos que não são reaproveitados pela reciclagem. Observa-se na figura 2 o demonstrativo do caminho percorrido pelos RSU.

Figura 2 – Caminho percorrido pelos RSU no município de São Leopoldo



Fonte: Adaptado pela autora de Maciel *et al.* (2019).

São Leopoldo, além de possuir a coleta seletiva e a coleta regular domiciliar, possui três entrepostos que estão localizados nos bairros Scharlau, Feitoria e Duque de Caxias. Os entrepostos são locais para depositar os resíduos extradomiciliares gerados no município com volumes de até um metro cúbico, como restos de construção e demolição, restos de podas, pneus e móveis. Estes depósitos foram pensados e criados para reduzir o descarte irregular no município. Tudo que é recebido é separado e encaminhado para ter a destinação adequada, como reciclagem, reaproveitamento do que pode ser reutilizado ou para o aterro, explicou Everton de Araújo Correa².

A figura 3 apresenta o total de toneladas de RSU recolhidos pela coleta regular domiciliar e pela coleta seletiva no período de 2013 a 2018 no município de São Leopoldo.

² Informante-chave: Funcionário da Prefeitura Municipal desde 1995 e que trabalha no Departamento de Coleta Seletiva e Aterro Sanitário (SEMURB), em uma conversa informal.

Figura 3 – Total de RSU recolhidos na coleta regular domiciliar e coleta seletiva no período de 2013 a 2018 (t)



Fonte: Adaptado pela autora de Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (DIAGNÓSTICO..., 2013 -2018).

Na figura 3 percebe-se uma quantidade expressiva de RSU recolhidos pela coleta domiciliar. A geração diária de RSU foi em média de 138 toneladas por dia. Contudo, a coleta seletiva que se dedica ao recolhimento dos materiais recicláveis mostrou uma quantidade relativamente baixa, quando comparada com o que foi recolhido na coleta regular domiciliar no município de São Leopoldo.

O município de São Leopoldo possui oito cooperativas de catadores de materiais recicláveis, as quais constam na tabela 1 com o número de integrantes de cada uma e o ano de início de suas atividades.

Tabela 1 – Ano de início das atividades de cada cooperativa de catadores de materiais recicláveis de São Leopoldo e suas quantidades de integrantes

| Ano de início | Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis de São Leopoldo | Quantidade de integrantes |
|---------------|---|---------------------------|
| 2006 | Cooperativa de Trabalho dos Recicladores do Loteamento Santo Antônio | 11 |
| 2010 | Cooperativa de Trabalho dos Catadores Uniclar | 10 |
| 2012 | Cooperativa de Trabalho dos Catadores do Bairro Feitoria | 12 |
| 2012 | Cooperativa de Trabalho dos Catadores e Recicladores de São Leopoldo Mãos Dadas | 9 |
| 2013 | Cooperativa de Trabalho e Renda UNIVALE | 33 |
| 2014 | Cooperativa de Trabalho de Catadores Vitória | 16 |
| 2015 | Cooperativa de Trabalho de Catadores Nova Conquista | 16 |
| 2018 | Cooperativa de Trabalho dos Recicladores e Catadores da Fênix | 26 |

Fonte: Adaptado pela autora de Diagnóstico... (2018).

É possível perceber na tabela 1 que o número de cooperativas no município de São Leopoldo aumentou após a implantação do PMGIRS, em 2012, o qual viabilizou subsídios para que a partir de 2014 a coleta seletiva passasse a ser realizada pelas cooperativas de catadores de materiais recicláveis (PREFEITURA DE SÃO LEOPOLDO, 2012). Vale destacar que São Leopoldo também possui uma cooperativa chamada Mundo Mais Limpo, localizada no bairro Padre Reus e voltada especificamente para tratamento de óleo de cozinha, transformando-o em produtos de limpeza para comercialização.

1.4.4 A Cooperesíduos: histórico e atuação

A Cooperesíduos foi fundada em fevereiro de 1998, articulando experiências existentes desde 1993 no município de São Leopoldo e trabalhando apenas com materiais recicláveis. Os objetivos da cooperativa eram: gerar trabalho e renda, contribuir na limpeza e reaproveitamento dos resíduos gerados no município, e garantir melhores condições financeiras e de saúde aos moradores da comunidade (BARTZ, 2002).

Em fevereiro de 1999, iniciaram os trabalhos na Usina de Portão, através de uma licitação promovida pelo município. O grupo começou a trabalhar com a separação dos RSU misturados. No segundo semestre de 2000, com os rendimentos dos cooperados, iniciaram as obras do galpão da sede da cooperativa, localizado na Vila Santa Marta. Nessa época, os equipamentos eram consignados junto aos compradores de seus materiais (COOPERESÍDUOS, 2015). Os catadores que trabalhavam de forma informal no município tiveram a oportunidade de associar-

se à cooperativa e passaram a ter um trabalho seguro, orientado e com renda.

Em janeiro de 2001, com maior número de associados, a Cooperesíduos passou a realizar a reciclagem, através de um acordo firmado com a Prefeitura de São Leopoldo. Todos os RSU recolhidos no município eram despejados no terreno da cooperativa. O material era separado, enfardado dentro do galpão e depois vendido. O rejeito era encaminhado para o aterro que ficava ao lado do terreno da cooperativa. Segundo Bartz (2002), no aterro circulavam muitos catadores e crianças que não tinham nenhuma relação com a cooperativa.

Em 2002, a Usina de Reciclagem de São Leopoldo, a qual funcionou de 1991 a 2001, se encontrava desativada. Foi nesse ano que a Prefeitura terceirizou a usina, em função dos gastos com os custos de manutenção e a responsabilidade técnica pelo local. Viabilizou-se naquele momento que a Cooperesíduos operasse a usina. Devido a isso, foi necessário formalizar outro acordo entre as partes e um novo convênio entre o município, a empresa terceirizada Vega Engenharia Ambiental³ e a Cooperesíduos. Foi firmado que a participação do município no acordo seria através da cessão da exploração dos RSU para a Vega, que realizaria a coleta em São Leopoldo e traria o material até a usina. A Cooperesíduos entraria com a mão de obra, a triagem, separação, enfardamento e venda dos materiais recicláveis. O que não fosse reaproveitado seria encaminhado para o aterro, sob a responsabilidade da Vega.

No acordo, a empresa Vega fazia um repasse financeiro à Cooperesíduos, para sua manutenção. A proposta de reativação da operação da usina do município e o compromisso de cuidar do aterro afastaria a circulação dos catadores e crianças, que era um problema para o município. Desta maneira, todos colaborariam para a solução do problema ambiental e social que o município enfrentava em relação aos resíduos.

Entre 2003 e 2007, a Cooperesíduos ampliou sua atuação como prestadora de serviços, estabelecendo contratos com a Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS para a coleta do material da universidade, além da parceria com uma gráfica do município de Portão e com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) para a coleta das sobras de papel. Coletava material também em bancos

³ A Vega foi criada em abril de 1997, a partir da cisão da Vega Sopave S.A. A nova companhia ficou responsável pela administração e operação de todos os contratos de serviços relacionados ao meio ambiente existentes com prefeituras e empresas privadas. Apesar de constituída recentemente, a Vega herdou uma experiência de 25 anos da Vega Sopave na área ambiental.

privados, fóruns e condomínios, nos municípios de Gravataí, Canoas e Novo Hamburgo (COOPERESÍDUOS, 2015).

Em outubro de 2010, a Cooperesíduos passou a participar do Fórum de Recicladores do Vale dos Sinos (FRVS), um espaço que promove a união das associações e cooperativas de catadores da região desde 2002. O Fórum busca reestruturar as relações de produção através da troca de saberes e ajuda mútua (PASQUALETO, 2018).

Segundo Everton de Araújo Correa⁴, no final de 2011, acabou a vida útil do aterro que a empresa Vega gerenciava e assim, “todo o rejeito da catação passou a ser destinado para a empresa CRVR”. Nesta época, o trabalho de separação e classificação dos materiais recicláveis que já era realizado pela Cooperesíduos continuou na antiga Usina de Reciclagem de São Leopoldo. Com o fim do acordo com a empresa Vega, o repasse financeiro à Cooperesíduos para a sua manutenção também foi cortado, começando assim a sua dificuldade em manter-se financeiramente.

A Cooperesíduos, até o encerramento de suas atividades, em 23 de abril de 2018, contava com aproximadamente 70 cooperados. Suas atividades foram suspensas pela Prefeitura de São Leopoldo, após a administração municipal ter recebido uma notificação da 3ª Vara do Trabalho de São Leopoldo, a partir de recomendações do Ministério Público do Trabalho, que apontava a necessidade de uma série de adequações no local da antiga Usina de Reciclagem, onde a cooperativa realizava suas atividades de triagem dos RSU (SANDER, 2018).

As adequações necessárias no local seriam em função da inobservância de Normas Técnicas Regulamentadoras (NR-12, NR-17, NR-24) e a inexistência de Programa de Controle Médico e de Saúde Ocupacional (PCMSO), Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), além de questões ligadas ao conforto, ergonomia e eficiência no desempenho das atividades dos cooperados (COOPERESÍDUOS..., 2018).

O local onde a Cooperesíduos realizava suas atividades se encontra fechado, pois a decisão proferida pelo juiz da 3ª Vara do Trabalho, em atendimento ao Ministério Público do Trabalho, prevê a incidência de multa por trabalhador cooperado a cada verificação de descumprimento da sentença (SANDER, 2018).

⁴ Informante-chave: Funcionário da Prefeitura Municipal desde 1995 e que trabalha no Departamento de Coleta Seletiva e Aterro Sanitário (SEMURB), em uma conversa informal.

Segundo Júlio Paulo Lima⁵, com a suspensão das atividades da cooperativa, muitos dos cooperados voltaram para o trabalho informal de reciclagem no município.

⁵ Ex-presidente da Cooperesíduos (informante-chave).

2 EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) EVITADAS PELA ATUAÇÃO DA COOPERESÍDUOS EM SÃO LEOPOLDO (2013-2018)

A pesquisa aqui relatada tem como objetivos quantificar o volume de RSU oriundos da coleta regular domiciliar recuperado pela Cooperesíduos entre 2013 e 2018⁶, aplicar a metodologia AMS-III.AJ sugerida pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (CQNUMC) para ressaltar o valor da reciclagem através do trabalho da Cooperesíduos e, finalmente, identificar o material que evitou a maior quantidade de emissão de CO₂ no período analisado. A pesquisa está dividida em três partes. Inicialmente, é apresentado o volume de materiais recuperados pela Cooperesíduos nos últimos anos de funcionamento. Na segunda parte apresenta-se a metodologia AMS-III.AJ, mostrando como foi aplicada e os dados utilizados para o cálculo das emissões de CO₂, para salientar o valor da reciclagem. Na terceira parte, são detalhados os resultados obtidos das emissões evitadas de CO₂ através do trabalho da cooperativa em estudo.

2.1 Fontes

O estudo foi realizado, prioritariamente, a partir de dados do SNIS, da ABRELPE e do IBGE. Além dessas instituições, obteve-se dados junto ao poder público (Prefeitura Municipal de São Leopoldo) e privado (Cooperesíduos)⁷. Cabe aqui justificar o recorte adotado em função da documentação, visto que os únicos dados disponíveis para a análise foram as planilhas de vendas do período de 2013 a 2018, excetuando-se 2017⁸. Abaixo, as tabelas 2, 3 e 4 sistematizam os documentos que foram utilizados para a pesquisa.

⁶ Não foi possível calcular os dados do ano de 2017, pois a cooperativa perdeu os dados de seu sistema.

⁷ A documentação referente à Cooperesíduos foi disponibilizada por Júlio Paulo Lima (informante-chave), ex-presidente da cooperativa.

⁸ Para o ano de 2017 não há registro, devido à perda de documentos do sistema eletrônico da Cooperativa.

Tabela 2 – Documentos de origem particular da Cooperesíduos

| Documento | Acervo |
|--------------------------------------|----------------------------|
| Ofício 001/2015 | (COOPERESÍDUOS, 2015) |
| Planilhas de vendas da Cooperesíduos | (COOPERESÍDUOS, 2013-2018) |

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Tabela 3 – Documentos de origem municipal

| Documento | Observações | Referência |
|--|---|--|
| Atlas Socioambiental de São Leopoldo | Mapa | (ZELTER; LETTI; ZANINI, 2012) |
| Plano Municipal de Gestão Ambiental | História da coleta seletiva em São Leopoldo - julho | (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO LEOPOLDO, 2011) |
| Lei Municipal nº 9.145/2019 | 20 de dezembro | (SÃO LEOPOLDO, 2019) |
| Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de São Leopoldo | agosto | (PREFEITURA DE SÃO LEOPOLDO, 2012) |

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Tabela 4 – Documentos de origem pública

| Documento | Observações | Referência |
|---|---|-----------------------------|
| Território e ambiente | Dados gerais de São Leopoldo | (SÃO..., 2020) |
| População estimada | Número populacional de São Leopoldo | (SÃO..., 2020) |
| Planejamento estratégico: proposta de análise em uma cooperativa de catadores de resíduos e prestação de serviços de São Leopoldo | História da Cooperesíduos | (BARTZ, 2002) |
| Lei Federal nº 12.305/2010 | 02 de agosto | (BRASIL, 2010) |
| Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 | 5 de outubro | (BRASIL, 1988) |
| Lei Estadual nº 9.921/1993 | 27 de julho | (RIO GRANDE DO SUL, 1993) |
| ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma Brasileira nº 10004 - Classificação de Resíduos. | 2004 | (ABNT, 2004) |
| Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos | Dados retirados sobre São Leopoldo: total de resíduos recolhidos na coleta regular domiciliar e coleta seletiva, nomes das cooperativas de reciclagem conveniadas | (DIAGNÓSTICO..., 2013-2018) |

| Documento | Observações | Referência |
|---|--|---------------------------------------|
| Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil | | (ABRELPE, 2018) |
| Fatores de emissão de CO ₂ para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional (SIN) do Brasil | | (FATOR..., [2020?]) |
| <i>Solid Waste Management and Greenhouse Gases: A Life-Cycle Assessment of Emissions and Sinks</i> | Dado retirado da obra: fator de ajuste dos materiais reciclados | (EPA, 2006) |
| O\$ bilhões\$ perdido\$ no lixo | Dado retirado da obra: consumo de energia elétrica (em KWh) na produção dos materiais | (CALDERONI, 2003) |
| <i>SSC CDM Approves Methodology AMS-III.AJ</i> | Dado retirado sobre o plástico: consumo de combustíveis fósseis (em Megajoule (MJ)) na produção dos materiais | (UNFCCC, 2011) |
| Relatório de sustentabilidade 2010 | Dado retirado sobre o papel: consumo de combustíveis fósseis (em MJ) na produção dos materiais | (BRACELPA, 2010) |
| Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos | Dado retirado sobre o alumínio: consumo de combustíveis fósseis (em MJ) consumidos na produção dos materiais | (IPEA, 2010) |
| Anuário estatístico 2011: setor de transformação de não metálicos | Dado retirado sobre o vidro: consumo de combustíveis fósseis (em MJ) na produção dos materiais | (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2011) |
| Balço energético nacional 2017: ano base 2016 | Dado retirado da obra: energia por unidade de combustível, fator de emissão de carbono por quantidade de energia do combustível e fator de oxidação dos combustíveis | (EPE, 2017) |
| <i>IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change</i> | Dado retirado da obra: energia por unidade de combustível, fator de emissão de carbono por quantidade de energia do combustível e fator de oxidação dos combustíveis | (IPCC, 2006) |
| Modelo de valoração ambiental da reciclagem de resíduos sólidos urbanos | Dado retirado da obra: consumo de combustíveis fósseis para reciclagem dos materiais | (LIMA, 2012) |

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

2.2 Dados

A Cooperesíduos tinha como atividade separar todos os RSU da coleta regular domiciliar que fossem passíveis de reciclagem. O quadro 1 apresenta os RSU recolhidos na coleta regular domiciliar de São Leopoldo e a quantidade recuperada na Cooperesíduos no período de 2013 a 2018. Os dados de 2018 são

demonstrados até o mês de abril, pois as atividades da cooperativa foram suspensas em 23 de abril de 2018.

Quadro 1 – RSU recolhidos na coleta regular domiciliar de São Leopoldo e quantidade recuperada na Cooperesíduos

| Ano | Volume de resíduos recolhidos na coleta regular domiciliar em São Leopoldo (t) | Volume de resíduos recuperados na Cooperesíduos (t) |
|------|--|---|
| 2013 | 48.839,50 | 2.451,03 |
| 2014 | 50.561,00 | 2.552,86 |
| 2015 | 52.258,00 | 2.532,55 |
| 2016 | 54.790,50 | 1.387,70 |
| 2017 | 49.860,80 | |
| 2018 | 50.546,40 | 404,74 |

Fonte: Adaptado pela autora de Diagnóstico... (2013-2018); Cooperesíduos (2013-2018, exceto 2017).

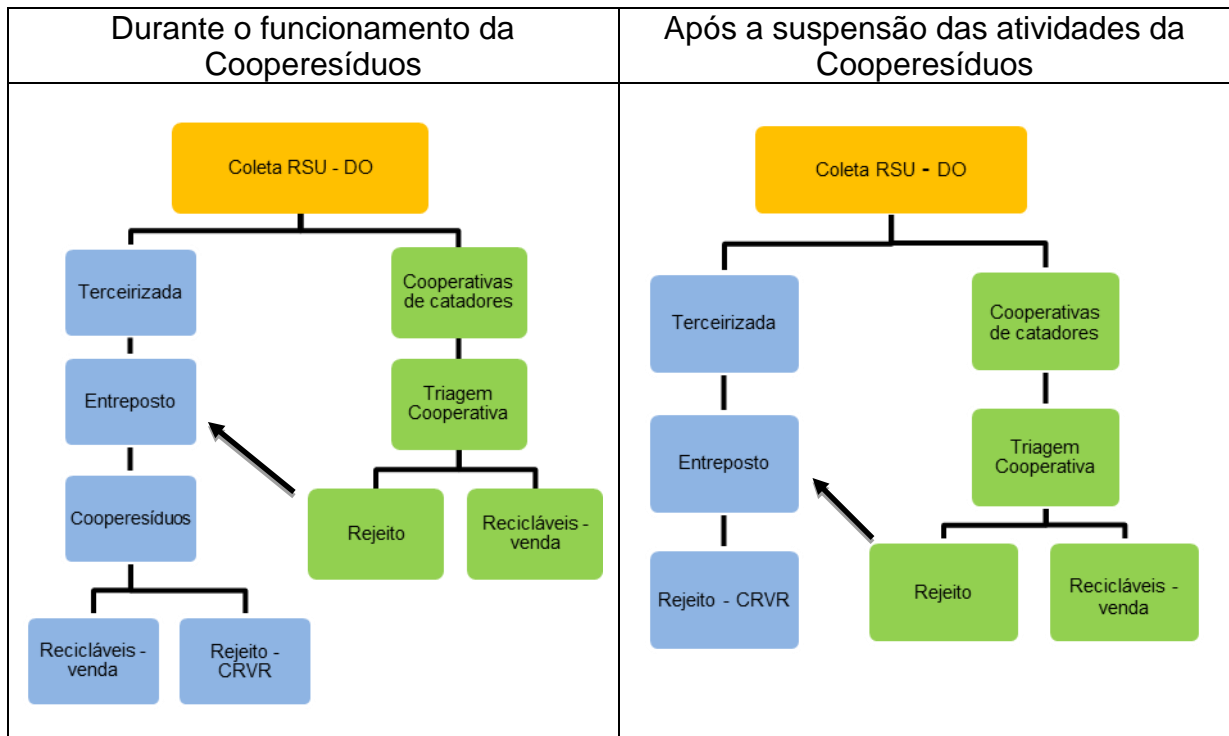
Com base no quadro 1, percebe-se que entre 2013 e 2016 houve um acréscimo de RSU na coleta regular domiciliar e o volume recuperado de materiais pela Cooperesíduos anualmente era baixo, comparado com a quantidade recolhida. Em 2017, a quantidade recolhida pela coleta regular domiciliar foi reduzida, voltando a aumentar em 2018. Se calculado o percentual por ano da Cooperesíduos, pode-se notar que em 2013 foi de 5,01%, em 2014, de 5,04%, mas em 2015, baixou para 4,84%. Já em 2016, o percentual diminuiu para 2,53%. Em 2018, a redução foi ainda maior, pois em abril a Prefeitura Municipal suspendeu o trabalho da cooperativa por tempo indeterminado, devido a uma notificação recebida da 3ª Vara do Trabalho de São Leopoldo e do Ministério Público do Trabalho para adequação do espaço da Cooperesíduos.

Um dos motivos, segundo o ex-presidente da Cooperesíduos, para a redução ao longo desse período foram os investimentos e incentivo à coleta seletiva que o município proporcionou para as outras cooperativas que se dedicaram ao recolhimento e comercialização dos resíduos recicláveis a partir de 2014. Com a implementação do PMGIRS em 2014, efetivou-se a integração das cooperativas de catadores através de contratos de prestação de serviços. Na época, as cooperativas ganharam auxílios como: “transporte, manutenção do galpão, aquisição de equipamentos de proteção individual e coletiva, assessoria técnica contábil, ambiental e de gestão” (MACIEL *et al.* 2019, p. 05).

Com a suspensão das atividades da Cooperesíduos, a triagem dos RSU de

São Leopoldo teve uma mudança. Observa-se na figura 4 o demonstrativo do caminho percorrido pelos materiais coletados, tanto pela empresa terceirizada na coleta regular domiciliar, bem como os materiais recolhidos pela coleta seletiva realizada pelas cooperativas do município durante o funcionamento e após a suspensão das atividades da Cooperesíduos.

Figura 4 – Caminho percorrido pelos RSU durante o funcionamento da Cooperesíduos e após a suspensão de suas atividades



Fonte: Maciel *et al.* (2019) figura à esquerda; figura à direita adaptada pela autora de Maciel *et al.* (2019).

A figura 4 à esquerda identifica que, durante o funcionamento da Cooperesíduos, todos os RSU recolhidos pela empresa terceirizada passavam por sua triagem, para o reaproveitamento antes de serem encaminhados para aterro. Com as atividades da cooperativa suspensas (figura 4 à direita), todo recolhimento realizado pela empresa terceirizada é encaminhado ao aterro sanitário CRVR, após a pesagem. A coleta seletiva continua sendo realizada pelas cooperativas de catadores, as quais fazem a coleta, a triagem, enfardamento e comercialização dos materiais recicláveis, encaminhando os rejeitos para o entreposto e aterro.

2.3 Metodologia

A pesquisa desenvolvida utilizou a abordagem qualitativa, pois obteve informações através de entrevistas realizadas com informantes-chave que tinham conhecimento sobre a história e atuação da Cooperesíduos e como funcionava o gerenciamento dos RSU do município de São Leopoldo. A pesquisa seguiu a metodologia AMS-III.AJ - *Emission Reductions by Using Recycling Material Instead of Raw Material* - aprovada pelo CE-MDL, o qual supervisiona o funcionamento do MDL, além de ser responsável pelo registro dos projetos e emissão dos Certificados de Emissões Reduzidas (CER), apresentação de metodologias para definir a linha de base, monitoramento e emissões de vazamento (LOPES, 2002).

A metodologia AMS-III.AJ é utilizada para a redução das emissões de GEE, através das atividades de recuperação e reciclagem de materiais, fazendo com que os mesmos sejam inseridos novamente em um novo ciclo produtivo (UNFCCC, 2011). Segundo a metodologia AMS-III.AJ, com a atividade da reciclagem é possível proporcionar economia de energia elétrica, de combustíveis fósseis e de recursos naturais.

A metodologia AMS-III.AJ informa que para calcular a redução das emissões, referentes à recuperação de cada tipo de material (plástico, papel, alumínio e vidro), é preciso diferenciar as emissões da linha de base, denominadas pela metodologia como *Baseline Emissions* (BE) aqui referidas como linha de base e *Project Emissions* (PE) denominadas como emissões do projeto, sendo deduzidas as *Leakage Emissions* (LE) nomeadas como emissões de vazamento. A redução das emissões é determinada pela equação 1.

$$RE_y = BE_y - PE_y - LE_y \quad (1)$$

Onde:

RE_y = Redução das emissões no ano y (tCO₂eq)

BE_y = Emissões da linha de base no ano y (tCO₂eq)

PE_y = Emissões do projeto no ano y (tCO₂eq)

LE_y = Emissões de vazamento no ano y (tCO₂eq)

As emissões de vazamento estão fora do limite do projeto do MDL e são as que geram as emissões de GEE (MASSI; LUIZ; MASSI, 2019). Nesta pesquisa, as emissões de vazamento não foram consideradas, porque no processo de reciclagem elas não são relevantes (LIMA, 2012; MASSI; LUIZ; MASSI, 2019).

2.3.1 Emissões da linha de base (BE)

Segundo o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), a BE é entendida como:

[...] o nível de emissões de gases de efeito estufa que uma determinada empresa estaria emitindo para a atmosfera caso a atividade de projeto de MDL não tivesse sido implementada - ou seja, é um cenário de referência em relação ao qual se pode estimar as reduções de emissões de GEE efetivamente alcançadas pela atividade de projeto no âmbito do MDL (GCEE, 2010, p. 69).

A metodologia AMS-III.AJ do MDL estabelece a equação para calcular a BE e considera as emissões referentes ao consumo de energia elétrica e de combustíveis fósseis para a produção dos tipos específicos de plástico (PEAD, PEBD e PET). Sobre a metodologia, Lima (2012, p. 36-37) destaca:

[...] mesmo que a origem do material seja desconhecida, as emissões da produção desse material a partir da matéria-prima virgem são calculadas com base nas condições típicas do país onde é executado o projeto de reciclagem. Isso quer dizer que deve ser considerado, por exemplo, o fator de emissão de CO₂ da energia elétrica gerada no país anfitrião do projeto, ainda que este material tenha sido produzido em outro país.

De acordo com a metodologia AMS-III.AJ, a equação 2 é utilizada para calcular a BE.

$$BE_y = \sum_i [Q_{i,y} * Li * (SEC_{BL,i} * EF_{el,y} + SFC_{BL,i} * EF_{FFCO_2})] \quad (2)$$

Onde:

BE_y = Emissões da linha de base no ano y (tCO₂eq/y)

i = Índices para o tipo de material i (i= 1,2,3 para PEAD, PEBD, PET)

Q_{i,y} = Quantidade do plástico tipo i reciclado no ano t (t/y)

Li = Fator de ajuste para compensar a degradação da qualidade do material e as perdas do material no processo de produção do produto final utilizando o material reciclado

$SEC_{Bl,i}$ = Consumo específico de energia elétrica para a produção do material virgem tipo i (MWh/t)

$EF_{el,y}$ = Fator de emissão do *grid* de geração de eletricidade, de acordo com a versão mais recente da “Ferramenta para calcular o fator de emissão de um sistema de eletricidade” (tCO₂/MWh)

$SFC_{Bl,i}$ = Consumo específico de combustíveis para a produção do material virgem do tipo i (GJ/t)

EF_{FF,CO_2} = Fator de emissão de CO₂ para combustível fóssil (tCO₂/GJ)

A metodologia recomenda a utilização do fator de ajuste (Li) para equilibrar as perdas no desenvolvimento da reciclagem e na degradação da qualidade do material. A *United States Environmental Protection Agency* (EPA), no relatório divulgado sobre gestão de RSU e emissões de GEE, cita as taxas de materiais reciclados para cada tonelada de resíduo que passa pelo processo de reciclagem (MASSI; LUIZ; MASSI, 2019).

Os valores do fator de ajuste (Li) aqui apresentados constam na tabela 5.

Tabela 5 – Fator de ajuste (Li) dos materiais

| Material | (Li) |
|----------|------|
| Plástico | 0,75 |
| Papel | 0,93 |
| Alumínio | 0,93 |
| Vidro | 0,88 |

Fonte: EPA (2006).

O fator de emissão do CO₂ da energia elétrica ($EF_{el,y}$) está relacionado à quantidade de CO₂ proporcional para cada quilowatt-hora (kWh) de energia elétrica gerado no país anfitrião do estudo. O fator de emissão dos combustíveis fósseis (EF_{FF,CO_2}), também está relacionado à quantidade de CO₂ com o mesmo valor emitido pela queima de cada Joule (J) de energia térmica gerada pelo combustível usado (LIMA, 2012).

2.3.2 Emissões do projeto (PE)

O cálculo para as emissões de CO₂ segundo a metodologia AMS-III.AJ tem “[...] as mesmas variáveis na linha de base, baseadas no consumo de energia elétrica e consumo de combustíveis fósseis” (MASSI; LUIZ; MASSI, 2019, p. 06). As quantidades desses insumos obtidas da recuperação dos materiais devem ser consideradas para obter os valores de emissão, de acordo com a equação 3.

$$PE_y = \sum (EC_{i,y} * EF_{el} + FC_{i,y} * NCV_{FF} * EF_{FF,CO_2}) \quad (3)$$

Onde:

PE_y = Emissões do projeto no ano y (tCO₂eq/y)

i = Índices para o plástico tipo i (i = 1,2)

EC_{i,y} = Consumo de energia elétrica da unidade de reciclagem proporcional ao plástico tipo i (MWh/t) no ano y

EF_{el} = Fator de emissão do *grid* de geração de eletricidade, de acordo com a versão mais recente da “Ferramenta para calcular o fator de emissão de um sistema de eletricidade” (tCO₂eq/MWh)

FC_{i,y} = Consumo de combustíveis da unidade de reciclagem proporcional ao plástico tipo i (unidade de massa ou volume/t) no ano y

NCV_{FF} = Poder calorífico do combustível fóssil consumido na unidade de reciclagem no ano y (GJ/unidade de massa ou volume) (uso não obrigatório)

EF_{FF,CO₂} = Fator de emissão de CO₂ para o combustível fóssil consumido na unidade de reciclagem (tCO₂ GJ) (usar valores locais ou nacionais ou padronizados pelo IPCC)

Cabe ressaltar que a metodologia AMS-III.AJ abrange a reciclagem do PET, do PEBD e do PEAD. Por conseguinte, foi necessário buscar na literatura os dados de consumo de energia e combustíveis fósseis obtidos na produção e na reciclagem dos materiais aqui estudados, no caso, o papel, o alumínio e o vidro.

2.4 Aplicação da Metodologia AMS-III.AJ

A metodologia AMS-III.AJ, aprovada pelo CE-MDL e utilizada para calcular a emissão de créditos de carbono para materiais recicláveis, tem como base o cálculo da BE para as emissões referentes à produção dos materiais e do PE para as emissões do projeto de reciclagem definido pela metodologia AMS-III.AJ. Nesta pesquisa, o PE é substituído pelo termo *Emission Reductions* (ER) referido aqui como emissões de reciclagem, pois este estudo está relacionado à redução das emissões proporcionadas pela reciclagem de forma geral e não de um projeto específico.

De acordo com a metodologia AMS-III.AJ, primeiramente é preciso calcular a BE que está relacionada às emissões decorrentes da produção dos materiais a partir da matéria-prima virgem e em seguida as ER que são as emissões decorrentes da reciclagem, sendo ambas as emissões relacionadas a uma tonelada. Para isso, foi necessário buscar dados da literatura para a aplicação das equações referentes aos cálculos da BE e das ER. Para os dados referentes a estes cálculos, considerou-se o consumo de energia elétrica, dos combustíveis fósseis e seus respectivos fatores de emissão de CO₂.

2.4.1 Cálculo da linha de base decorrentes da produção de materiais (BE)

Para calcular a BE foi preciso buscar dados da literatura. O primeiro dado foi relacionado à compensação da degradação da qualidade do material e às perdas durante o processo de reciclagem. Para isso, a metodologia AMS-III.AJ recomenda o uso de um fator de ajuste, aqui denominado de Li. O Li serve para calcular as emissões da BE que aparecem na equação 2. Os fatores de ajustes utilizados nesta pesquisa para cada material foram apresentados na tabela 5 na seção 2.3.1.

2.4.2 Definição do fator de emissão de CO₂

Outros dados utilizados para os cálculos da BE e das ER são os fatores de emissão de CO₂ divulgados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), que pertence à administração direta do governo federal brasileiro, o qual é responsável pela formulação e implementação da Política

Nacional de Ciência e Tecnologia. Ele calcula e divulga dois tipos de fatores de emissão de CO₂ para energia elétrica, provenientes do SIN: um a ser utilizado em inventários, a fim de estimar a quantidade de CO₂ ligada a uma geração de energia elétrica definida e o outro para projetos de MDL com base nas metodologias aprovadas pelo CE-MDL. Esses fatores de emissão de CO₂ provenientes do SIN são calculados a partir dos registros de geração das usinas centralizadas pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), em especial, nas usinas termoeletricas (FATOR..., [2020?]; LIMA, 2012).

Segundo Lima (2012, p. 56), “[...] Esse método calcula a média das emissões da geração, levando em consideração todas as usinas que estão gerando energia no SIN e não somente aquelas que estejam funcionando na margem”. Para estimar as emissões do SIN, considera-se o número de todos os consumidores de energia elétrica e multiplica-se este número pela energia consumida e o somatório corresponderia às emissões geradas pelo SIN (LIMA, 2012).

Segundo Massi, Luiz e Massi (2019, p. 08): “A redução das emissões de CO₂ no SIN ocorre quando há um deslocamento da energia gerada na margem, em virtude da execução de projetos que geram energia mais limpa para o SIN ou que economizam energia, como a reciclagem”.

A tabela 6 identifica o fator de emissão de CO₂ da energia elétrica referente a cada ano utilizado nesta pesquisa e divulgado pelo MCTIC em 2020, os quais foram utilizados para calcular as emissões resultantes do uso da energia elétrica em relação à produção e à reciclagem dos materiais.

Tabela 6 – Fator de emissão de CO₂ para a energia elétrica gerada no Brasil entre 2013 e 2018, exceto 2017

| Fator médio anual (tCO ₂ /MWh) | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|
| 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 |
| 0,0960 | 0,1355 | 0,1244 | 0,0817 | 0,0740 |

Fonte: Fator... ([2020?]).

Os dados quanto ao consumo de energia elétrica (em KWh) e os consumos específicos de combustíveis fósseis (em MJ) consumidos na produção são referentes a uma tonelada por material estudado nesta pesquisa, os quais são apresentados na tabela 7.

Tabela 7 – Consumo de energia elétrica e consumo de combustíveis fósseis para produção de materiais

| Materiais | SEC _{Bi} (KWh) ¹ | Combustível | SFC _{Bi} (MJ) ² |
|-----------|--------------------------------------|------------------|-------------------------------------|
| Plástico | 6.740 | Gás natural | 15.000 |
| Papel | 4.980 | Óleo combustível | 2.123 |
| | | Gás natural | 9.550 |
| | | Licor negro | 22.122 |
| Alumínio | 17.600 | Óleo combustível | 24.974,07 |
| Vidro | 4.830 | Gás Natural | 8.025,60 |

Fontes: Calderoni (2003)¹; Plástico: UNFCCC (2011)²; Papel: BRACELPA (2010)²; Alumínio: IPEA, (2010)²; Vidro: MME (2011)².

2.4.3 Fatores de emissões de CO₂ de combustíveis fósseis

Outro importante dado utilizado para o cálculo da BE e das ER é o fator de emissão de CO₂ por unidade de combustível fóssil consumido, o qual é possível encontrar através da equação 4 tendo como base o poder calorífico dos combustíveis e dos fatores de emissão por unidade de energia (BRASIL, 2008 *apud* LIMA, 2012).

$$FC_c = CE_c * FE_c * OX_c * 44/12 \quad (4)$$

Onde:

FC_c = Fator de emissão de CO₂ por quantidade de combustível (U_c) c consumido (tCO₂/U_c)

CE_c = Conteúdo de energia por unidade de combustível (J/U_c)

FE_c = Fator de emissão de carbono por quantidade de energia do combustível c (tC/J)

OX_c = Fator de oxidação do combustível (adimensional)

44/12 = Correção da massa molecular de CO₂ e carbono

A tabela 8 informa os dados utilizados na equação 4, identificando os valores de conteúdo de energia por unidade de combustível (CE_c), o fator de emissão de carbono por quantidade de energia do combustível (FE_c) e o fator de oxidação dos combustíveis (OX_c), os quais são necessários para o seguimento dos cálculos.

Tabela 8 – Dados dos combustíveis fósseis

| Combustível | Unidade | CE _c TJ Unidade | FE _c tC TJ | OX _c |
|------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------|
| Gás natural | 10 ⁶ m ³ | 36,84 | 15,30 | 0,995 |
| Óleo combustível | 10 ³ t | 40,15 | 21,10 | 0,99 |
| Licor negro | 10 ³ t | 11,97 | 26,00 | 0,99 |

Fonte: EPE (2017); IPCC (2006).

É importante ressaltar que a metodologia AMS-III.AJ informa que os fatores de emissão dos combustíveis fósseis empregados para calcular a BE e as PE (aqui sendo substituídas por ER) devem ser informados em termos de quantidade de CO₂ por Joule. Desta forma, os valores obtidos na equação 4 foram convertidos para quilograma de CO₂ por MJ.

2.4.4 Cálculo das emissões decorrentes da reciclagem (ER)

Lima (2012) sugere uma adaptação da equação 3, que se refere às PE, para calcular as ER. Para esse cálculo foram necessários os dados do consumo de energia elétrica e combustíveis fósseis, bem como os fatores de emissão de CO₂, de acordo com a metodologia AMS-III.AJ. Os dados ajustados para calcular as ER foram: a quantidade do material reciclado (Q_i), os consumos específicos de energia elétrica (SEC_i) e de combustíveis fósseis (SFC_i). A equação 5 segue as adequações mencionadas.

$$ER = \sum_i [Q_i * (SEC_i * EF_{el} + SFC_i * EF_{FFCO_2})] \quad (5)$$

Onde:

ER = Emissões geradas da reciclagem do material i (tCO₂eq)

i = Índices para o material tipo i (plástico, papel, alumínio e vidro)

Q_i = Quantidade do material tipo i reciclado (t)

SEC_i = Consumo específico de energia elétrica da unidade de reciclagem proporcional ao material tipo i (MWh/t)

EF_{el} = Fator de emissão do *grid* de geração de eletricidade, de acordo com a versão mais recente da “Ferramenta para calcular o fator de emissão de um sistema de eletricidade” (tCO₂eq/MWh)

SFC_i = Consumo específico de combustíveis da unidade de reciclagem proporcional ao material tipo i (unidade de massa ou volume/t)

EF_{FF,CO_2} = Fator de emissão de CO_2 para o combustível fóssil consumido na unidade de reciclagem (tCO_2/Gj)

Um dos dados utilizados na equação 5 é o consumo de energia elétrica decorrentes da reciclagem e equivalente a uma tonelada de cada tipo de material analisado nesta pesquisa, os quais constam na tabela 9.

Tabela 9 – Consumo de energia elétrica para reciclagem dos materiais

| Material | SEC _i (KWh) |
|----------|------------------------|
| Plástico | 1440 |
| Papel | 1470 |
| Alumínio | 700 |
| Vidro | 4190 |

Fonte: Calderoni (2003).

Na tabela 10 estão expostos os dados dos combustíveis fósseis (em MJ) empregados para o cálculo da reciclagem equivalente a uma tonelada de cada material analisado neste estudo e utilizados na equação 5. Nas obras consultadas não constavam os dados referentes aos materiais do alumínio e do plástico.

Tabela 10 – Consumo de combustíveis fósseis para reciclagem dos materiais

| Material | Combustível | SFC _i (MJ) |
|----------|-------------|-----------------------|
| Plástico | ---- | ---- |
| Papel | Gás Natural | 5.242,33 |
| Alumínio | ---- | ---- |
| Vidro | Gás Natural | 2.527,00 |

Fonte: Lima (2012).

Com base na equação 5, foi possível calcular as ER equivalentes a uma tonelada de cada material estudado nesta pesquisa.

2.4.5 Cálculo da redução das emissões de reciclagem (RE)

Para calcular a RE de reciclagem são consideradas as emissões relacionadas às BE de uma tonelada e que são encontradas através da equação 2 e as ER de uma tonelada, encontradas através da equação 5. Com base nessas emissões, foi

aplicado a equação 6 para determinar a redução das emissões decorrentes da reciclagem dos resíduos de uma tonelada.

$$RE = BE - ER \quad (6)$$

Onde:

RE = Redução das emissões decorrentes da reciclagem (tCO₂eq)

BE = Emissões da linha de base (tCO₂eq)

ER = Emissões da reciclagem (tCO₂eq)

Após o cálculo da RE referente a uma tonelada, foi preciso levantar os dados da Cooperesíduos, seguindo suas planilhas de vendas do período de 2013 a 2018, exceto o período de 2017, cujos dados não foram disponibilizados para efetuar os cálculos. Os materiais foram separados em quatro grupos: plástico, papel, alumínio e vidro, os quais foram os mais comercializados pela cooperativa nos anos analisados. O grupo do plástico inclui o PET, PEAD, PEBD, PVC, PP e PS. O grupo do papel abrange os seguintes tipos: papel branco, jornal, papelão e embalagem de “tetra pak”, conhecida como as caixas de leite. O grupo do alumínio engloba as latas de alimentos e bebidas, panelas, placas, chaparia, cabos telefônicos e enrolamentos elétricos.

Com o levantamento do total de toneladas recuperadas pela Cooperesíduos por cada tipo de material e a RE proporcionada pela reciclagem em Kg CO₂eq/t foi possível calcular as emissões evitadas em Kg CO₂ para cada material, nos anos analisados, além de apresentar o total de emissões evitadas em Kg CO₂. Para demonstrar esta contribuição, foi realizado um cálculo utilizando o total de toneladas por material recuperado a cada ano pela cooperativa, o qual foi multiplicado pela RE proporcionada pela reciclagem equivalente a uma tonelada, obtendo assim, as emissões evitadas pela Cooperesíduos durante os últimos anos de funcionamento.

2.5 Resultados e discussão

2.5.1 Cálculo dos fatores de emissão de CO₂ de combustíveis fósseis

Utilizando os dados da tabela 8 da seção 2.4.3 e aplicando a fórmula de cálculo da equação 4 foi possível encontrar os fatores de emissão de CO₂ dos combustíveis fósseis por quantidade de combustível consumido para o gás natural, óleo combustível e o licor negro. Seguem os dados obtidos com o desenvolvimento da equação 4.

| | | | | | | | | | | | |
|--|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-----------------|---|
| FC_c gás natural | = | 36,84 | * | 15,30 | * | 0,995 | * | 44/12 | = | 2.056,39 | tCO₂/10e 6m³ |
| FC_c óleo combustível | = | 40,15 | * | 21,10 | * | 0,99 | * | 44/12 | = | 3.075,21 | tCO₂/1000t |
| FC_c licor negro | = | 11,97 | * | 26,00 | * | 0,99 | * | 44/12 | = | 1.129,73 | tCO₂/1000t |

Ressalta-se que a metodologia AMS-III.AJ informa que os fatores de emissão dos combustíveis fósseis empregados para calcular a BE e a PE devem ser informados em termos de quantidade de CO₂ por Joule. Por isso, os valores acima foram convertidos para quilograma de CO₂ por MJ. Para se chegar ao valor de Kg CO₂ MJ para o gás natural, por exemplo, considerou-se que 36,84 TJ de gás natural emitem 2.056,39 tCO₂, sendo que uma TJ corresponde a 10⁶ m³. De acordo com esta consideração, os seguintes resultados estão expostos na tabela 11.

Tabela 11 – Fatores de emissão de combustíveis fósseis convertidos

| Combustíveis fósseis | Fatores de emissão convertidos |
|----------------------------------|--------------------------------|
| FC _c gás natural | 0,05582 Kg CO ₂ MJ |
| FC _c óleo combustível | 0,07659 Kg CO ₂ MJ |
| FC _c licor negro | 0,09438 Kg CO ₂ MJ |

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Cabe ressaltar que os fatores de emissão de combustíveis fósseis convertidos foram utilizados nas equações da BE e das ER para demonstrar a quantidade de CO₂ emitida pela queima de cada MJ dos combustíveis fósseis consumidos na produção e na reciclagem. As emissões de GEE causam um gigantesco impacto

ambiental quando o conteúdo de energia por unidade de combustível e o fator de emissão de carbono por quantidade de energia do combustível são utilizados (LIMA, 2012).

2.5.2 Emissões decorrentes da produção de materiais (BE)

Com a equação 2 indicada pela metodologia AMS-III.AJ foi possível calcular as emissões decorrentes da produção de materiais da BE de uma tonelada, tendo como base os dados do consumo de energia elétrica, dos combustíveis fósseis e os respectivos fatores de emissão de CO₂. De acordo com a equação 2, as emissões da BE de cada material estudado nesta pesquisa equivalem a uma tonelada expressa em quilogramas de CO₂ correspondente (Kg CO₂eq) referentes à produção dos materiais entre 2013 e 2018, exceto 2017. As emissões obtidas são apresentadas na tabela 12.

Tabela 12 – Emissões decorrentes da produção equivalente a uma tonelada de plástico, papel, alumínio e vidro referente aos anos de 2013 a 2018

| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Plástico BE (Kg CO₂eq) | 5.480,77 | 7.477,50 | 6.916,39 | 4.757,91 | 4.368,67 |
| Papel BE (Kg CO₂eq) | 7.034,85 | 8.864,25 | 8.350,16 | 6.372,56 | 6.015,94 |
| Alumínio BE (Kg CO₂eq) | 17.492,15 | 23.957,51 | 22.140,66 | 15.151,52 | 13.891,19 |
| Vidro BE (Kg CO₂eq) | 4.474,61 | 6.153,52 | 5.681,72 | 3.866,80 | 3.539,52 |

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

As emissões da BE decorrentes da produção de materiais citadas na tabela 12 foram utilizadas para calcular a redução de emissões proporcionadas pelas ER de Kg CO₂eq/t evitadas por cada tipo de material aqui estudado e detalhado nas próximas seções.

2.5.3 Emissões decorrentes da reciclagem (ER)

O cálculo das ER referentes a uma tonelada foi possível através da equação 5. Na tabela 13, seguem as emissões expressas em Kg CO₂ por cada tipo de material, nos respectivos anos do período de 2013 a 2018, exceto 2017.

Tabela 13 – Emissões decorrentes da reciclagem equivalente a uma tonelada de plástico, papel, alumínio e vidro de 2013 a 2018

| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| Plástico ER (Kg CO₂) | 1.382,40 | 1.951,02 | 1.791,36 | 1.176,48 | 1.065,60 |
| Papel ER (Kg CO₂) | 1.703,82 | 2.284,47 | 2.121,30 | 1.493,61 | 1.380,42 |
| Alumínio ER (Kg CO₂) | 672,00 | 948,50 | 870,80 | 571,90 | 518,00 |
| Vidro ER (Kg CO₂) | 4.163,45 | 5.518,50 | 5.353,41 | 3.564,28 | 3.241,65 |

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

De acordo com as tabelas 12 das emissões da BE e 13 das ER foi possível calcular a RE proporcionada pela reciclagem de uma tonelada, correspondentes aos anos estudados nesta pesquisa. A redução de emissões de CO₂ equivalente a uma tonelada por material e nos anos correspondentes está mencionada na próxima seção.

2.5.4 A redução de emissões decorrentes da reciclagem (RE)

Com os dados das emissões decorrentes da produção dos materiais (BE) e das emissões decorrentes da reciclagem (ER) equivalente a uma tonelada, foi possível calcular a RE decorrente da reciclagem, aplicando a equação 6. Nas tabelas 14, 15, 16 e 17 são demonstradas as respectivas reduções de emissões decorrentes da reciclagem dos materiais (plástico, papel, alumínio e vidro), referentes a uma tonelada entre 2013 e 2018, exceto 2017, expressas em Kg CO₂eq/t.

Tabela 14 – Redução das emissões proporcionadas pela reciclagem do plástico (Kg CO₂eq/t) entre 2013 e 2018

| Plástico | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| BE | 5.480,77 | 7.477,50 | 6.916,39 | 4.757,91 | 4.368,67 |
| ER | 1.382,40 | 1.951,20 | 1.791,36 | 1.176,48 | 1.065,60 |
| RE (Kg CO ₂ eq/t) | 4.098,37 | 5.526,30 | 5.125,03 | 3.581,43 | 3.303,07 |

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Tabela 15 – Redução das emissões proporcionadas pela reciclagem do papel (Kg CO₂eq/t) entre 2013 e 2018

| Papel | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| BE | 7.034,85 | 8.864,25 | 8.350,16 | 6.372,56 | 6.015,94 |
| ER | 1.703,82 | 2.284,47 | 2.121,30 | 1.493,61 | 1.380,42 |
| RE (Kg CO ₂ eq/t) | 5.331,03 | 6.579,78 | 6.228,86 | 4.878,95 | 4.635,52 |

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Tabela 16 – Redução das emissões proporcionadas pela reciclagem do alumínio (Kg CO₂eq/t) entre 2013 e 2018

| Alumínio | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| BE | 17.492,15 | 23.957,51 | 22.140,66 | 15.151,52 | 13.891,19 |
| ER | 672,00 | 948,50 | 870,80 | 571,90 | 518,00 |
| RE (Kg CO ₂ eq/t) | 16.820,15 | 23.009,01 | 21.269,86 | 14.579,62 | 13.373,19 |

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Tabela 17 – Redução das emissões proporcionadas pela reciclagem do vidro (Kg CO₂eq/t) entre 2013 e 2018

| Vidro | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| BE | 4.474,61 | 6.153,52 | 5.681,72 | 3.866,80 | 3.539,52 |
| ER | 4.163,45 | 5.818,50 | 5.353,41 | 3.564,28 | 3.241,65 |
| RE (Kg CO ₂ eq/t) | 311,16 | 335,02 | 328,31 | 302,52 | 297,87 |

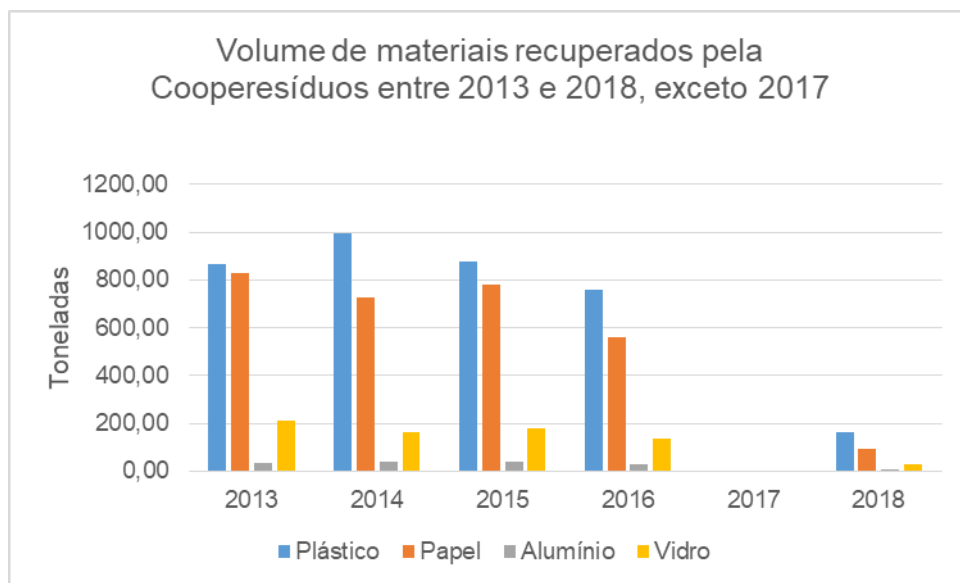
Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Observando a RE proporcionadas pela reciclagem em Kg CO₂eq/t referentes a cada ano nas tabelas 14, 15, 16 e 17 conclui-se que de todos os materiais calculados, o alumínio foi o que apresentou maior potencial para a redução das emissões do CO₂ na atmosfera, quando analisado uma tonelada e se destacou em todos os anos analisados. Na sequência, o melhor resultado foi do papel, seguido pelo plástico e pelo vidro.

2.5.5 As contribuições da Cooperesíduos para redução de impactos ambientais

Esta seção mostra a contribuição ambiental da Cooperesíduos para São Leopoldo, identificando e discutindo as emissões evitadas (Kg CO₂) através da atividade de reciclagem. Para mensurar as emissões evitadas (Kg CO₂) foi realizado o levantamento do volume de materiais comercializado pela cooperativa, o qual é exposto na figura 5.

Figura 5 – Volume de materiais recuperados pela Cooperesíduos entre 2013 e 2018



Fonte: Adaptada pela autora de Cooperesíduos (2013-2018, exceto 2017).

A figura 5 mostra que o plástico representou o maior volume em toneladas, sendo 3.669,43 t, do total de materiais recuperados pela Cooperesíduos no período de 2013 a 2018, exceto 2017 do qual não há registros. Em seguida, encontra-se o papel, com 2.991,14 t, o vidro, com 723,75 t e o alumínio, com 155,06 t, totalizando 7.539,38 t. Destaca-se que o alumínio por ser um material muito procurado pelos recicladores informais devido seu alto valor agregado, o volume que chegava na cooperativa era baixo.

A figura 5 mostra que no período analisado a redução de RSU recuperados já vinha acontecendo ano a ano. Segundo o ex-presidente da Cooperesíduos, a cooperativa já necessitava de investimentos para aumentar seu potencial de recuperação de materiais.

Com o levantamento do volume de materiais recuperados pela Cooperesíduos e a RE proporcionada pela reciclagem em Kg CO₂eq/t foi possível calcular as emissões evitadas em Kg CO₂ de cada material analisado, por ano. Além disto, foi possível quantificar as emissões evitadas em Kg CO₂, no período de 2013 a 2018, exceto 2017; emissões que a cooperativa impediu que acontecessem no município de São Leopoldo em decorrência de seu trabalho. Para demonstrar esta contribuição, foi realizado um cálculo utilizando as toneladas de material recuperado a cada ano pela cooperativa multiplicando-as pela redução de emissões proporcionadas pela reciclagem (RE) equivalente a uma tonelada, obtendo-se assim as emissões mitigadas pela Cooperesíduos em Kg CO₂ durante os últimos anos de funcionamento, exceto 2017.

As tabelas 18, 19, 20 e 21 evidenciam o volume de toneladas recuperadas por material pela Cooperesíduos e suas respectivas emissões de Kg CO₂ mitigadas em cada ano do período de 2013 a 2018, exceto 2017.

Tabela 18 – Emissões mitigadas pelo total de toneladas de plástico recuperado pela Cooperesíduos entre 2013 e 2018

| Plástico | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 | Total |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|----------------------|
| Quantidade recuperada (t) | 868,05 | 994,97 | 879,45 | 761,31 | 165,63 | 3.669,41 |
| Emissões proporcionadas pela reciclagem (Kg CO₂eq/t) | 4.098,37 | 5.526,30 | 5.125,03 | 3.581,43 | 3.303,07 | |
| Emissões evitadas (Kg CO₂) | 3.557.590,08 | 5.498.502,71 | 4.507.207,63 | 2.726.578,47 | 547.087,48 | 16.836.966,38 |

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Tabela 19 – Emissões mitigadas pelo total de toneladas de papel recuperado pela Cooperesíduos entre 2013 e 2018

| Papel | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 | Total |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|----------------------|
| Quantidade recuperada (t) | 829,59 | 727,88 | 781,14 | 559,65 | 92,88 | 2.991,14 |
| Emissões proporcionadas pela reciclagem (Kg CO₂eq/t) | 5.331,03 | 6.579,78 | 6.228,86 | 4.878,95 | 4.635,52 | |
| Emissões evitadas (Kg CO₂) | 4.422.569,18 | 4.789.290,27 | 4.865.611,70 | 2.730.252,53 | 430.547,10 | 17.238.270,77 |

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Tabela 20 – Emissões mitigadas pelo total de toneladas de alumínio recuperado pela Cooperesíduos entre 2013 e 2018

| Alumínio | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 | Total |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|---------------------|
| Quantidade recuperada (t) | 36,74 | 39,46 | 39,54 | 31,52 | 7,80 | 155,06 |
| Emissões proporcionadas pela reciclagem (Kg CO₂eq/t) | 16.820,15 | 23.009,01 | 21.269,86 | 14.579,62 | 13.373,19 | |
| Emissões evitadas (Kg CO₂) | 617.972,31 | 907.935,53 | 841.010,26 | 459.549,62 | 104.310,88 | 2.930.778,61 |

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Tabela 21 – Emissões mitigadas pelo total de toneladas de vidro recuperado pela Cooperesíduos entre 2013 e 2018

| Vidro | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 | Total |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------------|
| Quantidade recuperada (t) | 211,83 | 161,49 | 180,62 | 139,24 | 30,57 | 723,75 |
| Emissões proporcionadas pela reciclagem (Kg CO₂eq/t) | 311,16 | 335,02 | 328,31 | 302,52 | 297,87 | |
| Emissões evitadas (Kg CO₂) | 65.913,02 | 54.102,38 | 59.299,35 | 42.122,88 | 9.105,89 | 230.543,53 |

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Conforme as tabelas 18, 19, 20 e 21, é possível verificar que o total de papel recuperado pela Cooperesíduos no período de 2013 a 2018, exceto 2017, quando multiplicado pela redução de emissão de CO₂ de uma tonelada proporcionada pela reciclagem, foi o material que mais evitou emissão de CO₂ na atmosfera, com 17.238.270,77 Kg CO₂. O plástico aparece a seguir, com 16.836.966 Kg CO₂. O alumínio vem em seguida, com 2.930.778,61 Kg CO₂ e por último o vidro, com 230.543,53 Kg CO₂. Importante ressaltar que, quando analisada a quantidade de redução de emissões de CO₂ proporcionadas por uma tonelada de cada material, o alumínio se destacou, conforme consta nas tabelas 14, 15, 16 e 17.

De acordo com os dados, o trabalho de reciclagem realizado pela Cooperesíduos nos anos estudados, apresentou 37.236.559,29 Kg CO₂ de emissões evitadas na atmosfera, o que contribuiu para a redução dos impactos ambientais no município de São Leopoldo, pois possibilitou que 7.539,38 toneladas de resíduos tivessem destinação ambientalmente correta, através da prática da reciclagem exercida pela Cooperesíduos.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As primeiras articulações para organizar os catadores de São Leopoldo tiveram início em 1993. Em 1998 foi fundada a primeira cooperativa de reciclagem intitulada Cooperesíduos, fornecendo trabalho e renda aos cooperados e proporcionando ao município a destinação ambientalmente correta dos RSU.

A coleta seletiva compartilhada com as cooperativas de reciclagem de São Leopoldo teve incentivo e apoio antes mesmo da elaboração da Lei Federal nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010) foi implantada no município a partir de 2014, através do PMGIRS (PREFEITURA DE SÃO LEOPOLDO, 2012).

Com o surgimento de novas cooperativas de catadores em São Leopoldo, após a elaboração do PMGIRS, o volume de RSU recuperado pela Cooperesíduos foi reduzindo ano a ano. Constatou-se que, embora São Leopoldo tenha o programa da coleta seletiva ativo, o volume de materiais recicláveis coletado pelas cooperativas de catadores ainda é inferior ao volume recolhido na coleta regular domiciliar. Além disso, entre os RSU que chegavam à esteira era comum estarem misturados resíduos recicláveis, orgânicos e rejeitos, dificultando o seu reaproveitamento.

A reciclagem de cada material é um instrumento importante para a economia de energia elétrica e combustíveis fósseis, o que proporciona a redução de CO₂, que é um dos gases responsáveis pelo aumento da intensidade do efeito estufa e, conseqüentemente, pelas mudanças climáticas e pela degradação ambiental, decorrentes do aumento de sua concentração na atmosfera.

Com base nos resultados verificados, a pesquisa aqui apresentada atingiu seus objetivos. Através da aplicação da metodologia AMS-III.AJ, foi possível constatar a quantificação da redução de emissões de CO₂ proporcionada por uma tonelada de cada material analisado, como também, identificar as emissões evitadas de CO₂ pela atividade de reciclagem realizada pela Cooperesíduos entre 2013 e 2018. Averiguou-se que a porcentagem reciclada pela cooperativa não era alta, porém, em termos de emissões evitadas no período analisado, tanto por materiais quanto por volume, um número expressivo de emissões de CO₂ na atmosfera foi evitado.

No caso da Cooperesíduos, o material que apresentou maior potencial de redução de emissões de CO₂, equivalente a uma tonelada, foi o alumínio. Salienta-

se que para a produção do alumínio é necessária uma quantidade alta de energia e de combustíveis fósseis; já para a sua reciclagem, utiliza-se poucos recursos energéticos.

Em relação às emissões evitadas por volume de material recuperado pela Cooperesíduos, o grupo do papel foi o que mais evitou emissões de CO₂. Entretanto, quando calculado o total de toneladas recicladas pela cooperativa foi possível constatar que os níveis de emissões evitadas foram expressivos, contribuindo para a redução dos impactos ambientais no município de São Leopoldo.

Em virtude do que foi mencionado nesta pesquisa, é necessário que o poder público de São Leopoldo continue apoiando, investindo e incentivando a reciclagem, com a realização de campanhas com o objetivo de sensibilizar a população para separar melhor os seus RSU, para que as cooperativas de reciclagem do município tenham um maior potencial de reaproveitamento de materiais. Desta maneira, será possível diminuir ainda mais o consumo de energia elétrica, dos combustíveis fósseis e economizar recursos naturais na produção de novos produtos (plástico, papel, alumínio e vidro).

Destaca-se, também, o desafio mais difícil para São Leopoldo, que é o de viabilizar as adequações necessárias e recomendadas pelo Ministério Público do Trabalho no local em que a Cooperesíduos realizava suas atividades de triagem dos RSU. É necessária, ainda, a compra de um caminhão para que a Cooperesíduos possa, além de triar os materiais oriundos da coleta regular domiciliar, participar do recolhimento dos materiais da coleta seletiva e assim retornar às suas atividades.

A Cooperesíduos, através de seu trabalho cooperativo de reciclagem, é um caso exemplar no contexto da RMPA para a redução de CO₂ na atmosfera, contribuindo para que as toneladas recuperadas não fossem encaminhadas ao aterro sanitário de São Leopoldo, preservando o meio ambiente e oferecendo oportunidade de trabalho e renda para a população.

3.1 Estudos futuros

A lista a seguir traz algumas sugestões de futuros trabalhos que poderão minimizar os impactos ambientais no município de São Leopoldo, a fim de obter um maior reaproveitamento dos RSU por parte das cooperativas existentes.

- Aplicação da metodologia AMS-III.AJ comparando o trabalho de um ano de todas as cooperativas do município de São Leopoldo, para estimar qual delas está evitando mais emissão de CO₂.
- Aplicação da metodologia AMS-III.AJ utilizando os dados de uma cooperativa ativa de São Leopoldo, no mesmo período desta pesquisa, para realizar um comparativo entre a cooperativa que trabalha com a coleta seletiva e a Cooperresíduos, que trabalhava com os RSU da coleta regular domiciliar, para estimar as emissões de CO₂ evitadas por elas.
- Criação de um projeto de incentivo à população leopoldense para a separação dos RSU, identificando as emissões evitadas por cada quilo recuperado por residência e com benefícios de desconto na conta de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

- ARTIGIANI, Heliana Lombardi. **Crédito de carbono de *funding* para empreendimentos de infraestrutura no Brasil**: a validação de investimentos em geração de energia. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-12062012-160708/publico/Heliana_Artigiani_edrev.pdf. Acesso em: 11 nov. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE VIDRO (ABIVIDRO). **Manual de Reciclagem**. São Paulo: ABIVIDRO, 2019. *E-book*. Disponível em: <https://abividro.org.br/wp-content/uploads/2019/01/Abividro-Guia-Reciclagem-do-Vidro.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL (BRACELPA). **Relatório de sustentabilidade 2010**. São Paulo: BRACELPA, 2010. Disponível em: <http://www.sinpesc.com.br/images/publicacoes/02sustentabilidade.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. São Paulo: ABRELPE, 2018. Disponível em: https://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf. Acesso em: 11 nov. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Norma Brasileira nº 10004**: classificação de resíduos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. Disponível em: <https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2020.
- BARTZ, Celi Beatriz. **Planejamento estratégico**: proposta de análise em uma cooperativa de catadores de resíduos e prestação de serviços de São Leopoldo. 2002. Trabalho de Conclusão de Curso – (Graduação em Administração de Recursos Humanos), Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2002.
- BENDER, Simone Manfredini. **Capital social e desenvolvimento em São Leopoldo**. 2007. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2007. Disponível em: <https://repositorio.unisc.br/jspui/handle/11624/694>. Acesso em: 11 nov. 2020.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 11 nov. 2020.
- BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). 2012. Instrução Normativa IBAMA nº 13 de 18/12/2012. Brasília, DF: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2012.

Disponível em:

<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=248656#:~:text=O%20Presidente%20do%20Instituto%20Brasileiro,que%20lhe%20confere%20o%20art.> Acesso em: 11 nov. 2020.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS); altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 11 nov. 2020.

CALDERONI, Sabetai. **O\$ bilhões\$ perdido\$ no lixo**. 4. ed. São Paulo: Humanitas/USP, 2003.

CARDOSO, Mariana de Moraes, *et al.* **Materiais recicláveis**. Sorocaba: Unesp 2013.

CENTRAL de Tratamento de Resíduos de São Leopoldo. *In*: COMPANHIA riograndense de valorização de resíduos (CRVR). São Leopoldo, [2020?]. Disponível em: <http://crvr.com.br/area-de-atuacao/central-de-tratamento-de-residuos-de-sao-leopoldo/>. Acesso em: 11 nov. 2020.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Manual de capacitação**: mudança climática e projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo. Brasília, DF: CGEE, 2010. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/biogas/wp-content/uploads/sites/3/2014/01/manualcpmdl.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2020.

COLETA de lixo domiciliar tem horários antecipados em São Leopoldo. **Jornal VS**. São Leopoldo, 26 mar. 2020. Disponível em: <https://www.jornalvs.com.br/noticias/regiao/2020/03/26/coleta-de-lixo-domiciliar-tem-horarios-antecipados-em-sao-leopoldo.html>. Acesso em: 11 nov. 2020.

COLETA seletiva. *In*: MINISTÉRIO do Meio Ambiente. Brasília, [2020?]. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis/reciclagem-e-reaproveitamento.html>. Acesso em: 11 nov. 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Brasília, DF: CONAMA, 1986. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF>. Acesso em: 11 nov. 2020.

COOPERESÍDUOS. **Ofício 001/2015**. São Leopoldo: Cooperesíduos, 2015.

COOPERESÍDUOS. **Planilhas de vendas**. São Leopoldo. São Leopoldo: Cooperesíduos, 2013-2018.

COOPERESÍDUOS: nota de esclarecimento da Prefeitura de São Leopoldo. **Revista News**, São Leopoldo, 24 abr. 2018. Disponível em: <http://prt4.mpt.gov.br/abrangencia/116-clipping-mpt-rs/7018-24-04-2018-site-revista-news-de-sao-leopoldo-cooperesiduos>. Acesso em: 11 nov. 2020.

DIAGNÓSTICO de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos. *In*: SISTEMA nacional de informações sobre saneamento (SNIS). Brasília: SNIS, 2013-2018. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnosticos>. Acesso em: 11 nov. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco energético nacional 2017**: ano base 2016. Rio de Janeiro: EPE, 2017. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf. Acesso em: 11 nov. 2020.

FATOR médio – inventários corporativos. *In*: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Brasília, [2020?]. Disponível em: http://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html?searchRef=invent%C3%A1rios%20corporativos&tipoBusca=expressaoExata. Acesso em: 11 nov. 2020.

FIALHO, Ana Paula de Oliveira. **Coleta seletiva de resíduos sólidos** urbanos: uma análise do município de Viçosa-MG. 2014. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014. Disponível em: <http://www.geo.ufv.br/wp-content/uploads/2015/03/Ana-Paula-de-Oliveira-Fialho.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2020.

FICHAS técnicas – plásticos. *In*: COMPROMISSO empresarial para reciclagem (CEMPRE). São Paulo, [2020?]. Disponível em: <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/4/plasticos>. Acesso em: 11 nov. 2020.

GARCIA, Rodrigo Raphul Azevedo. **Projeção das emissões de dióxido de carbono (CO₂) da matriz energética do estado de Minas Gerais – 2005-2030**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) – Instituto de Recursos Naturais. Programa de pós-graduação em Engenharia da Energia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2009. Disponível em: https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/1709/dissertacao_0034663.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 11 nov. 2020.

GRIPPI, Sidney. **Lixo**: Reciclagem e sua História – guia para as prefeituras brasileiras. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Relatório de pesquisa**: pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos. Brasília: IPEA, 2010. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/253/_arquivos/estudo_do_ipea_253.pdf. Acesso em: 11 nov. 2020.

KING, Megan F.; GUTBERLET, Jutta; SILVA, Douglas Moreira da. Contribuição de cooperativas de reciclagem para a redução de emissão de gases de efeito estufa. *In*: PEREIRA, Bruna Cristina Jaquetto; GOES, Fernanda Lira. **Contribuição de cooperativas de reciclagem para a redução de emissão de gases de efeito estufa**. Rio de Janeiro: IPEA, 2016. *E-book*. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160331_livro_catador es.pdf. Acesso em: 11 nov. 2020.

LIMA, Guilherme Cardim Gouveia de. **Modelo de valoração ambiental de reciclagem de resíduos sólidos urbanos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/10790>. Acesso em: 11 nov. 2020.

LOPES, Ignez Guatimosim Vidigal. **O mecanismo de desenvolvimento limpo – MDL: guia de orientação**. Rio de Janeiro: FGV, 2002.

MACIEL, Joice Pinho, *et al.* Gestão de resíduos sólidos urbanos em São Leopoldo/RS. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 10, 2019. Anais eletrônicos [...]. João Pessoa: Instituto Venturi, 2019. Disponível em: <http://www.institutoventuri.org.br/ojs/index.php/firs/issue/view/Anais-FIRS-2019>. Acesso em: 11 nov. 2020.

MASSI, Edson Henrique Gaspar; LUIZ, Leliana Aparecida Casagrande; MASSI, Clarissa Gaspar. Valoração ambiental da reciclagem para a redução de emissões de CO₂. **Revista técnica-científica do CREA-PR**, Curitiba, n. 19, p. 1-20, jul. 2019. Disponível em: <http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/view/566>. Acesso em: 11 nov. 2020.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Anuário estatístico 2011**: setor de transformação de não metálicos. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2011. *E-book*. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/36108/405154/Anu%C3%A1rio+Estat%C3%ADstico+do+Setor+de+Transforma%C3%A7%C3%A3o+de+N%C3%A3o+Met%C3%A1licos+-+2011+base+2010.pdf/cb6a70c4-d603-fb38-02ae-d853cfdc4540?version=1.0>. Acesso em: 24 jun. 2020.

NETO, Petrônio de Tilio. As mudanças climáticas na ordem ambiental internacional. In: NETO, Petrônio de Tilio. **Ecopolítica das mudanças climáticas**: o IPCC e o ecologismo dos pobres. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2010. Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/Ecopol%C3%ADtica_das_mudan%C3%A7as_clim%C3%A1ticas.html?id=uJF4BgAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 11 nov. 2020.

OS DESCAMINHOS do lixo. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 27 nov. 2019. Disponível em: <https://opinioao.estadao.com.br/noticias/notas-e-informacoes,os-descaminhos-do-lixo,70003103935>. Acesso em: 11 nov. 2020.

PARREIRA, Natália Cristina de Moura. **Evidências paleoclimáticas do aquecimento global**. Artigo (Graduação em Ciências Biológicas – Licenciatura e Bacharelado) – curso de Ciências Biológicas, Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2011. Disponível em: [http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/EVID%C3%8ANCIA%20PALEOCLIM%C3%81TICAS%20DO%20AQUECIMENTO%20GLOBAL\(1\).pdf](http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/EVID%C3%8ANCIA%20PALEOCLIM%C3%81TICAS%20DO%20AQUECIMENTO%20GLOBAL(1).pdf). Acesso em: 11 nov. 2020.

PASQUALETO, Kellen Cristine. **O protagonismo político e consciência de classe: o caso dos recicladores de materiais recicláveis do Vale do Rio dos Sinos.** 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/7043>. Acesso em: 11 nov. 2020.

PREFEITURA DE SÃO LEOPOLDO. **Plano municipal de gestão ambiental (PLANGEA).** São Leopoldo: Prefeitura de São Leopoldo, 2011. *E-book*. Disponível em: http://www.saoleopoldo.rs.gov.br/download_anexo/PLANGEA%20-%20Volume%204%20-%20Final.pdf. Acesso em: 11 nov. 2020.

PREFEITURA DE SÃO LEOPOLDO. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos do município de São Leopoldo (PMGIRS).** São Leopoldo: Prefeitura de São Leopoldo, 2012. *E-book*. Disponível em: http://www.prosinos.rs.gov.br/downloads/plano_gestao_residuos_solidos_sao_leopoldo_02082012.pdf. Acesso em: 11 nov. 2020.

PROTOCOLO de Quioto. *In*: MINISTÉRIO do Meio Ambiente. Brasília, [2020?]. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto.html>. Acesso em: 11 nov. 2020.

RECICLAGEM de papel. *In*: AMBIENTE Brasil. [S. l.], c1999-2020. Disponível em: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/reciclagem/reciclagem_de_papel.html. Acesso em: 11 nov. 2020.

RIBEIRO, Luiz Carlos de Santana, *et al.* Aspectos econômicos e ambientais de reciclagem: um estudo exploratório nas cooperativas de catadores de material reciclável do Estado do Rio de Janeiro. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 24, n. 1, p. 191-214, jan./abr. 2014. Disponível em: <https://revistas.face.ufmg.br/index.php/novaeconomia/article/view/2605/1395>. Acesso em: 11 nov. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 9.921, de 27 de Julho de 1993.** Dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos, nos termos do artigo 247, parágrafo 3º da Constituição do Estado e dá outras providências. Porto Alegre: Assembleia Legislativa, 1993. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/legislacao/arq/leg0000000028.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei 14.528, de 16 de Abril de 2014.** Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Porto Alegre: Assembleia Legislativa, 2014. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/filerepository/replegis/arquivos/lei%2014.528.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2020.

SANDER, Stephany. Aterro Sanitário de São Leopoldo tem as atividades suspensas. **Correio do Povo**, Porto Alegre, 26 abr. 2018. Disponível em: <https://www.correiodopovo.com.br/not%C3%ADcias/cidades/aterro-sanit%C3%A1rio-de-s%C3%A3o-leopoldo-tem-as-atividades-suspensas-1.259939>. Acesso em: 11 nov. 2020.

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

<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/8813?show=full>. Acesso em: 11 nov. 2020.

SÃO LEOPOLDO tem novo cronograma da Coleta Seletiva. **Revista News**, São Leopoldo, 21 jun. 2019. Disponível em: <https://revistanews.com.br/2019/06/21/sao-leopoldo-tem-novo-cronograma-da-coleta-seletiva/>. Acesso em: 11 nov. 2020.

SÃO Leopoldo. *In*: INSTITUTO Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Brasília, 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/sao-leopoldo/panorama>. Acesso em: 11 nov. 2020.

SÃO LEOPOLDO. **Lei Municipal nº 9.145, de 20 de dezembro de 2019**. Institui o Código Municipal de Limpeza Pública Urbana e dá outras providências. São Leopoldo: Câmara Municipal, 2019. Disponível em:

<https://leismunicipais.com.br/a/rs/s/sao-leopoldo/lei-ordinaria/2019/915/9145/lei-ordinaria-n-9145-2019-institui-o-codigo-municipal-de-limpeza-publica-urbana-e-das-outras-providencias>. Acesso em: 11 nov. 2020.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO (SEPLAG). **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. 5. ed. Porto Alegre: SEPLAG, 2020. *E-book*. Disponível em: [http:// https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/regiao-metropolitana-de-porto-alegre-rmpa](http://https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/regiao-metropolitana-de-porto-alegre-rmpa). Acesso em: 11 nov. 2020.

THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. intergovernmental panel on climate change**. New York: WHO, 2006. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>. Acesso em: 11 nov. 2020.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION CLIMATE CHANGES (UNFCCC). **SSC CDM Approves Methodology AMS-III.AJ**. New York: United Nations, 2011.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Solid waste management and greenhouse gases: a life-cycle assessment of emissions and Sinks**. 3. ed. Washington, DC: EPA, 2006. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/60000AVO.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2006%20Thru%202010&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C06THRU10%5CTXT%5C00000000%5C6000AVO.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=5>. Acesso em: 11 nov. 2020.

VAMOS cuidar do planeta: Carta das responsabilidades. **Ambientalmente sustentável**, [s. l.], n. 1, p. 199-202, jun. 2010. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/61902993.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2020.

ZELTER, Flora; LETTI, Maristela Severo; ZANINI, Darci (Orgs.) **Atlas Socioambiental de São Leopoldo**. São Leopoldo: Oikos, 2012.

APÊNDICE A – Cálculo da BE – ano 2013

| Dados para cálculo do BEplástico_Ano 2013 | | | |
|---|-----------|---------------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,75 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 6740 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA. Tabela 4.3 |
| EF | 0,960 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 15.000,00 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA. Tabela 4.4. considerando gás natural |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | explicação a seguir, usando gás natural |

| | | |
|------------|----------|-------|
| BEplástico | 5480,775 | KgCO2 |
|------------|----------|-------|

| BEpapel_Ano 2013 | | | |
|------------------|-----------|---------------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,93 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 4980 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA. Tabela 4.3 |
| EF | 0,960 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 2.123,00 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA. Considerando óleo combustível. Tabela 4.4 |
| | 9.550,00 | MJ | Gás natural |
| | 22.122,00 | MJ | Licor Negro |
| EFff | 0,07659 | KgCO2/MJ | explicação a seguir para óleo combustível |
| | 0,05582 | KgCO2/MJ | Gás natural |
| | 0,09438 | KgCO2/MJ | Licor Negro |

| | | |
|---------|------------|-------|
| Bepapel | 7034,85101 | KgCO2 |
|---------|------------|-------|

| BEalumínio_Ano 2013 | | | |
|---------------------|-----------|---------------------------------|---|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,93 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 17600 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA. Tabela 4.3 |
| EF | 0,960 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 24.974,07 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA. Considerando óleo combustível. Tabela 4.4 |
| EFff | 0,07659 | KgCO2/MJ | explicação a seguir para óleo combustível |

| | | |
|------------|------------|-------|
| BEalumínio | 17492,1505 | KgCO2 |
|------------|------------|-------|

| BEvidro_Ano 2013 | | | |
|------------------|----------|---------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,88 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 4830 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA. Tabela 4.3 |
| EF | 0,960 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 8.025,60 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA. Considerando gás natural |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | explicação a seguir para gás natural |

| | | |
|---------|------------|-------|
| Bevidro | 4474,61431 | KgCO2 |
|---------|------------|-------|

Equação 2 aplicada:

$$BE_y = \sum_i [Q_{i,y} * Li * (SEC_{Bi,i} * EF_{eI,y} + SFC_{Bi,i} * EF_{FFCO2})]$$

APÊNDICE B – Cálculo da BE – ano 2014

| Dados para cálculo do BEplástico_Ano 2014 | | | |
|---|-----------|---------------------------------------|---|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,75 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 6740 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA. Tabela 4.3 |
| EF | 1,355 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 15.000,00 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA.. Tabela 4.4. considerando gás natural |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | explicação a seguir, usando gás natural |

| | | |
|------------|--------|-------|
| BEplástico | 7477,5 | KgCO2 |
|------------|--------|-------|

| BEpapel_Ano 2014 | | | |
|------------------|-----------|---------------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,93 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 4980 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA.. Tabela 4.3 |
| EF | 1,355 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 2.123,00 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA.. Considerando óleo combustível. Tabela 4.4 |
| | 9.550,00 | MJ | Gás natural |
| | 22.122,00 | MJ | Licor Negro |
| EFff | 0,07659 | KgCO2/MJ | explicação a seguir para óleo combustível |
| | 0,05582 | KgCO2/MJ | Gás natural |
| | 0,09438 | KgCO2/MJ | Licor Negro |

| | | |
|---------|------------|-------|
| Bepapel | 8864,25401 | KgCO2 |
|---------|------------|-------|

| BEalumínio_Ano2014 | | | |
|--------------------|-----------|---------------------------------|---|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,93 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 17600 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA. Tabela 4.3 |
| EF | 1,355 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 24.974,07 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA. Considerando óleo combustível. Tabela 4.4 |
| EFff | 0,07659 | KgCO2/MJ | explicação a seguir para óleo combustível |

| | | |
|------------|------------|-------|
| BEalumínio | 23957,5105 | KgCO2 |
|------------|------------|-------|

| BEvidro_Ano 2014 | | | |
|------------------|----------|---------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,88 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 4830 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA. Tabela 4.3 |
| EF | 1,355 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 8.025,60 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA. Considerando gás natural |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | explicação a seguir para gás natural |

| | | |
|---------|------------|-------|
| Bevidro | 6153,52231 | KgCO2 |
|---------|------------|-------|

Equação 2 aplicada:

$$BE_y = \sum_i [Q_{i,y} * Li * (SEC_{Bi,i} * EF_{el,y} + SFC_{Bi,i} * EF_{FFCO2})]$$

APÊNDICE C – Cálculo da BE – ano 2015

| Dados para cálculo do BEplástico_Ano 2015 | | | |
|---|-----------|---------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,75 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 6740 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA. Tabela 4.3 |
| EF | 1,244 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 15.000,00 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA. Tabela 4.4. considerando gás natural |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | explicação a seguir, usando gás natural |

| | | |
|------------|----------|-------|
| BEplástico | 6916,395 | KgCO2 |
|------------|----------|-------|

| BEpapel_Ano 2015 | | | |
|------------------|-----------|---------------------------------|---|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,93 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 4980 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA. Tabela 4.3 |
| EF | 1,244 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 2.123,00 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA. Considerando óleo combustível. Tabela 4.4 |
| | 9.550,00 | MJ | Gás natural |
| | 22.122,00 | MJ | Licor Negro |
| EFff | 0,07659 | KgCO2/MJ | explicação a seguir para óleo combustível |
| | 0,05582 | KgCO2/MJ | Gás natural |
| | 0,09438 | KgCO2/MJ | Licor Negro |

| | | |
|---------|----------|-------|
| Bepapel | 8350,169 | KgCO2 |
|---------|----------|-------|

| BEalumínio_Ano 2015 | | | |
|---------------------|-----------|---------------------------------|---|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,93 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 17600 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA. Tabela 4.3 |
| EF | 1,244 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 24.974,07 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA. Considerando óleo combustível. Tabela 4.4 |
| EFff | 0,07659 | KgCO2/MJ | explicação a seguir para óleo combustível |

| | | |
|------------|----------|-------|
| BEalumínio | 22140,66 | KgCO2 |
|------------|----------|-------|

| BEvidro_Ano 2015 | | | |
|------------------|----------|---------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,88 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 4830 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA. Tabela 4.3 |
| EF | 1,244 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 8.025,60 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA. Considerando gás natural |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | explicação a seguir para gás natural |

| | | |
|---------|----------|-------|
| Bevidro | 5681,728 | KgCO2 |
|---------|----------|-------|

Equação 2 aplicada:

$$BE_y = \sum_i [Q_{i,y} * Li * (SEC_{Bi,i} * EF_{el,y} + SFC_{Bi,i} * EF_{FFCO2})]$$

APÊNDICE D – Cálculo da BE – ano 2016

| Dados para cálculo do BEplástico_Ano 2016 | | | |
|---|-----------|---------------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,75 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 6740 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA. Tabela 4.3 |
| EF | 0,817 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 15.000,00 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA. Tabela 4.4. considerando gás natural |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | explicação a seguir, usando gás natural |

| | | |
|------------|---------|-------|
| BEplástico | 4757,91 | KgCO2 |
|------------|---------|-------|

| BEpapel_Ano 2016 | | | |
|------------------|-----------|---------------------------------------|---|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,93 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 4980 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA. Tabela 4.3 |
| EF | 0,817 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 2.123,00 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA. Considerando óleo combustível. Tabela 4.4 |
| | 9.550,00 | MJ | Gás natural |
| | 22.122,00 | MJ | Licor Negro |
| EFff | 0,07659 | KgCO2/MJ | explicação a seguir para óleo combustível |
| | 0,05582 | KgCO2/MJ | Gás natural |
| | 0,09438 | KgCO2/MJ | Licor Negro |

| | | |
|---------|------------|-------|
| Bepapel | 6372,56081 | KgCO2 |
|---------|------------|-------|

| BEalumínio_Ano 2016 | | | |
|---------------------|-----------|---------------------------------|---|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,93 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 17600 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA. Tabela 4.3 |
| EF | 0,817 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 24.974,07 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA. Considerando óleo combustível. Tabela 4.4 |
| EFff | 0,07659 | KgCO2/MJ | explicação a seguir para óleo combustível |

| | | |
|------------|------------|-------|
| BEalumínio | 15151,5265 | KgCO2 |
|------------|------------|-------|

| BEvidro_Ano 2016 | | | |
|------------------|----------|---------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,88 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 4830 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA. Tabela 4.3 |
| EF | 0,817 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 8.025,60 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA. Considerando gás natural |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | explicação a seguir para gás natural |

| | | |
|---------|------------|-------|
| Bevidro | 3866,80711 | KgCO2 |
|---------|------------|-------|

Equação 2 aplicada:

$$BE_y = \sum_i [Q_{i,y} * Li * (SEC_{Bi,i} * EF_{el,y} + SFC_{Bi,i} * EF_{FFCO2})]$$

APÊNDICE E – Cálculo da BE – ano 2018

| Dados para cálculo do BEplástico_Ano 2018 | | | |
|---|-----------|---------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,75 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 6740 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA. Tabela 4.3 |
| EF | 0,740 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 15.000,00 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA. Tabela 4.4. considerando gás natural |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | explicação a seguir, usando gás natural |

| | | |
|------------|----------|-------|
| BEplástico | 4368,675 | KgCO2 |
|------------|----------|-------|

| BEpapel_Ano 2018 | | | |
|------------------|-----------|---------------------------------|---|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,93 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 4980 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA. Tabela 4.3 |
| EF | 0,740 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 2.123,00 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA. Considerando óleo combustível. Tabela 4.4 |
| | 9.550,00 | MJ | Gás natural |
| | 22.122,00 | MJ | Licor Negro |
| EFff | 0,07659 | KgCO2/MJ | explicação a seguir para óleo combustível |
| | 0,05582 | KgCO2/MJ | Gás natural |
| | 0,09438 | KgCO2/MJ | Licor Negro |

| | | |
|---------|-------------|-------|
| Bepapel | 6015,943015 | KgCO2 |
|---------|-------------|-------|

| BEalumínio_Ano 2018 | | | |
|---------------------|-----------|---------------------------------|---|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,93 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 17600 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA. Tabela 4.3 |
| EF | 0,740 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 24.974,07 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA. Considerando óleo combustível. Tabela 4.4 |
| EFff | 0,07659 | KgCO2/MJ | explicação a seguir para óleo combustível |

| | | |
|------------|-------------|-------|
| BEalumínio | 13891,19054 | KgCO2 |
|------------|-------------|-------|

| BEvidro_Ano 2018 | | | |
|------------------|----------|---------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | Observações (origem dos valores) |
| Li | 0,88 | | Tabela 1 do artigo Massi (2019) |
| SEC | 4830 | kWh | pag 60. Dissertação LIMA. Tabela 4.3 |
| EF | 0,740 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 8.025,60 | MJ | pag 61. Dissertação LIMA. Considerando gás natural |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | explicação a seguir para gás natural |

| | | |
|---------|-------------|-------|
| Bevidro | 3539,526313 | KgCO2 |
|---------|-------------|-------|

Equação 2 aplicada:

$$BE_y = \sum_i [Q_{i,y} * Li * (SEC_{Bi,i} * EF_{el,y} + SFC_{Bi,i} * EF_{FFCO2})]$$

APÊNDICE F – Cálculo do fator de emissão de CO₂ para o cálculo da BE

Como encontrar o valor de EFff para o cálculo da BE:
Cálculo dos Fatores de Emissão de CO₂ de Combustíveis Fósseis

O EFff é calculado com base no poder calorífico dos combustíveis e em fatores de emissão por unidade de energia. Equação abaixo:

OBS: Retirado pag 57 Dissertação LIMA. Mesma explicação no item 4.4.2 do artigo Massi

Equação utilizada:

$$FC_c = CE_c * FE_c * OX_c * 44/12$$

| Cálculo FC para o Plástico, com base energética de Gás natural: | | | |
|---|-------|---------|----------------------------------|
| Dados | | Unidade | Observações (origem dos valores) |
| Cec | 36,84 | TJ | pag 58. Dissertação LIMA |
| Fec | 15,3 | tC/TJ | |
| OXc | 0,995 | | |

| | | |
|------------------|---------|---------------------------------------|
| FCc gás natural: | 2056,39 | tCO ₂ /10e6 m ³ |
|------------------|---------|---------------------------------------|

OBS. É preciso ajustar essa unidade para chegar em CO₂ por Joule.

Considerar que: 40, 15 TJ de óleo combustível emitem 3.075,21 tCO₂ e que 1TJ a 10e6MJ.

| | | |
|------------------|---------|-----------------------|
| FCc gás natural: | 0,05582 | KgCO ₂ /MJ |
|------------------|---------|-----------------------|

Segue a conversão abaixo para atingir o valor acima, este valor foi usado na equação da BE.

Conversão citada:

$$FC = 2056,39 \frac{tCO_2}{10^6 m^3} * \frac{10^6 m^3}{36,84 TJ} = 55.8194 \frac{tCO_2}{TJ}$$

$$FC = 55,82 \frac{tCO_2}{TJ} * \frac{1TJ}{10^6 MJ} * \frac{1000 Kg}{1t} = 0,05582 \frac{KgCO_2}{MJ}$$

| Cálculo FCc para o Papel, com base energética óleo combustível: | | | |
|---|-------|---------|----------------------------------|
| Dados | | Unidade | Observações (origem dos valores) |
| Cec | 40,15 | TJ | pag 58. Dissertação LIMA |
| Fec | 21,1 | tC/TJ | |
| OXc | 0,99 | | |

| | | |
|-----------------------|----------|-------------------------|
| FCc óleo combustível: | 3075,209 | tCO ₂ /1000t |
|-----------------------|----------|-------------------------|

Conversão de unidade. Mesmo pensamento que foi realizado para o gás natural

| | | |
|-----------------------|---------|-----------------------|
| FCc óleo combustível: | 0,07659 | KgCO ₂ /MJ |
|-----------------------|---------|-----------------------|

APÊNDICE G – Cálculo da ER – 2013

| plástico_2013 | | | |
|---------------|---------|---|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 1440 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 0,960 | Em MCTIC Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 0 | | valor não encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0 | | |

| | | | |
|-------------|--------|-------|--|
| ER Plástico | 1382,4 | KgCO2 | |
|-------------|--------|-------|--|

| papel_2013 | | | |
|------------|---------|---------------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 1470 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 0,960 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 5242,33 | Fci/(MJ) | valor encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | Conversão do gás natural |

| | | | |
|----------|----------|-------|--|
| ER Papel | 1703,827 | KgCO2 | |
|----------|----------|-------|--|

| alumínio_2013 | | | |
|---------------|---------|---------------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 700 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 0,960 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 0 | | valor não encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0 | | |

| | | | |
|-------------|-----|-------|--|
| ER Alumínio | 672 | KgCO2 | |
|-------------|-----|-------|--|

| vidro_2013 | | | |
|------------|----------|---------------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 4190 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 0,960 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 2527 | Fci/(MJ) | valor encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | Conversão do gás natural |
| ER Vidro | 4163,457 | KgCO2 | |

Equação 5 aplicada:

$$ER = \sum_i [Q_i * (SEC_i * EF_{el} + SFC_i * EF_{FFCO2})]$$

APÊNDICE H – Cálculo da ER – 2014

| plástico_2014 | | | |
|---------------|---------|---------------------------------|---|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 1440 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 1,355 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 0 | | valor não encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0 | | |

| | | | |
|-------------|--------|-------|--|
| ER Plástico | 1951,2 | KgCO2 | |
|-------------|--------|-------|--|

| papel_2014 | | | |
|------------|---------|---------------------------------|---|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 1470 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 1,355 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 5242,33 | Fci/(MJ) | valor encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | Conversão do gás natural |

| | | | |
|----------|----------|-------|--|
| ER Papel | 2284,477 | KgCO2 | |
|----------|----------|-------|--|

| alumínio_2014 | | | |
|---------------|---------|---------------------------------|---|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 700 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 1,355 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 0 | | valor não encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0 | | |

| | | | |
|-------------|-------|-------|--|
| ER Alumínio | 948,5 | KgCO2 | |
|-------------|-------|-------|--|

| vidro_2014 | | | |
|------------|----------|--|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 4190 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 1,355 | Em MCTIC tCO2/MWh para calcular foi necessária uma conversão | MCTIC (2020) |
| SFC | 2527 | Fci/(MJ) | valor encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | Conversão do gás natural |
| ER Vidro | 5818,507 | KgCO2 | |

Equação 5 aplicada:

$$ER = \sum_i [Q_i * (SEC_i * EF_{ei} + SFC_i * EF_{FFCO_2})]$$

APÊNDICE I – Cálculo da ER – 2015

| plástico_2015 | | | |
|---------------|---------|---------------------------------|---|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 1440 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 1,244 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 0 | | valor não encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0 | | |

| | | | |
|-------------|---------|-------|--|
| ER plástico | 1791,36 | KgCO2 | |
|-------------|---------|-------|--|

| papel_2015 | | | |
|------------|---------|---------------------------------|---|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 1470 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 1,244 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 5242,33 | Fci/(MJ) | valor encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | Conversão do gás natural |

| | | | |
|----------|-------------|-------|--|
| ER Papel | 2121,306861 | KgCO2 | |
|----------|-------------|-------|--|

| alumínio_2015 | | | |
|---------------|---------|---------------------------------|---|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 700 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 1,244 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 0 | | valor não encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0 | | |

| | | | |
|-------------|-------|-------|--|
| ER Alumínio | 870,8 | KgCO2 | |
|-------------|-------|-------|--|

| vidro_2015 | | | |
|------------|------------|---------------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 4190 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 1,244 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 2527 | Fci/(MJ) | valor encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | Conversão do gás natural |
| ER Vidro | 5353,41714 | KgCO2 | |

Equação 5 aplicada:

$$ER = \sum_i [Q_i * (SEC_i * EF_{el} + SFC_i * EF_{FFCO2})]$$

APÊNDICE J – Cálculo da ER – 2016

| plástico_2016 | | | |
|---------------|---------|---------------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 1440 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 0,817 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 0 | | valor não encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0 | | |

| | | | |
|-------------|---------|-------|--|
| ER Plástico | 1176,48 | KgCO2 | |
|-------------|---------|-------|--|

| papel_2016 | | | |
|------------|---------|---------------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 1470 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 0,817 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 5242,33 | Fci/(MJ) | valor encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | Conversão do gás natural |

| | | | |
|----------|----------|-------|--|
| ER Papel | 1493,617 | KgCO2 | |
|----------|----------|-------|--|

| alumínio_2016 | | | |
|---------------|---------|---------------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 700 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 0,817 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 0 | | valor não encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0 | | |

| | | | |
|-------------|-------|-------|--|
| ER Alumínio | 571,9 | KgCO2 | |
|-------------|-------|-------|--|

| vidro_2016 | | | |
|------------|----------|---------------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 4190 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 0,817 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 2527 | Fci/(MJ) | valor encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | Conversão do gás natural |
| ER Vidro | 3564,287 | KgCO2 | |

Equação 5 aplicada:

$$ER = \sum_i [Q_i * (SEC_i * EF_{el} + SFC_i * EF_{FFCO2})]$$

APÊNDICE K – Cálculo da ER – 2018

| plástico_2018 | | | |
|---------------|---------|---------------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 1440 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 0,740 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 0 | | valor não encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0 | | |

| | | | |
|-------------|--------|-------|--|
| ER Plástico | 1065,6 | KgCO2 | |
|-------------|--------|-------|--|

| papel_2018 | | | |
|------------|---------|---------------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 1470 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 0,740 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 5242,33 | Fci/(MJ) | valor encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | Conversão do gás natural |

| | | | |
|----------|----------|-------|--|
| ER Papel | 1380,427 | KgCO2 | |
|----------|----------|-------|--|

| alumínio_2018 | | | |
|---------------|---------|---------------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 700 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 0,740 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 0 | | valor não encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0 | | |

| | | | |
|-------------|-----|-------|--|
| ER Alumínio | 518 | KgCO2 | |
|-------------|-----|-------|--|

| vidro_2018 | | | |
|------------|----------|---------------------------------------|--|
| Parâmetros | Valores | Unidades | |
| SEC | 4190 | kWh/t | tabela 4.5 dissertação LIMA. Pag 64 |
| EF | 0,740 | Necessária conversão para KgCO2 | MCTIC (2020) |
| SFC | 2527 | Fci/(MJ) | valor encontrado. Tabela 4.6 dissertação LIMA, pag 65 |
| EFff | 0,05582 | KgCO2/MJ | Conversão do gás natural |
| ER Vidro | 3241,657 | KgCO2 | |

Equação 5 aplicada:

$$ER = \sum_i [Q_i * (SEC_i * EF_{el} + SFC_i * EF_{FFCO2})]$$

APÊNDICE L – Cálculo da RE

| Plástico | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| BE | 5.480,77 | 7.477,50 | 6.916,39 | 4.757,91 | | 4.368,67 |
| ER | 1.382,40 | 1.951,20 | 1.791,36 | 1.176,48 | | 1.065,60 |
| RE (KgCO ₂ eq/t) | 4.098,37 | 5.526,30 | 5.125,03 | 3.581,43 | | 3.303,07 |

| Papel | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| BE | 7.034,85 | 8.864,25 | 8.350,16 | 6.372,56 | | 6.015,94 |
| ER | 1.703,82 | 2.284,47 | 2.121,30 | 1.493,61 | | 1.380,42 |
| RE (KgCO ₂ eq/t) | 5.331,03 | 6.579,78 | 6.228,86 | 4.878,95 | | 4.635,52 |

| Alumínio | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| BE | 17.492,15 | 23.957,51 | 22.140,66 | 15.151,52 | | 13.891,19 |
| ER | 672,00 | 948,50 | 870,80 | 571,90 | | 518,00 |
| RE (KgCO ₂ eq/t) | 16.820,15 | 23.009,01 | 21.269,86 | 14.579,62 | | 13.373,19 |

| Vidro | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| BE | 4.474,61 | 6.153,52 | 5.681,72 | 3.866,80 | | 3.539,52 |
| ER | 4.163,45 | 5.818,50 | 5.353,41 | 3.564,28 | | 3.241,65 |
| RE (KgCO ₂ eq/t) | 311,16 | 335,02 | 328,31 | 302,52 | | 297,87 |

APÊNDICE M – Cálculo das emissões evitadas pela Cooperesíduos por material

| Plástico | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 | Total |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|----------------------|
| Quantidade recuperada (t) | 868,05 | 994,97 | 879,45 | 761,31 | 165,63 | 3.669,41 |
| Emissões proporcionadas pela reciclagem (Kg CO₂eq/t) | 4.098,37 | 5.526,30 | 5.125,03 | 3.581,43 | 3.303,07 | |
| Emissões evitadas (Kg CO₂) | 3.557.590,08 | 5.498.502,71 | 4.507.207,63 | 2.726.578,47 | 547.087,48 | 16.836.966,38 |

| Papel | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 | Total |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|----------------------|
| Quantidade recuperada (t) | 829,59 | 727,88 | 781,14 | 559,65 | 92,88 | 2.991,14 |
| Emissões proporcionadas pela reciclagem (Kg CO₂eq/t) | 5.331,03 | 6.579,78 | 6.228,86 | 4.878,95 | 4.635,52 | |
| Emissões evitadas (Kg CO₂) | 4.422.569,18 | 4.789.290,27 | 4.865.611,70 | 2.730.252,53 | 430.547,10 | 17.238.270,77 |

| Alumínio | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 | Total |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|
| Quantidade recuperada (t) | 36,74 | 39,46 | 39,54 | 31,52 | 7,80 | 155,06 |
| Emissões proporcionadas pela reciclagem (Kg CO₂eq/t) | 16.820,15 | 23.009,01 | 21.269,86 | 14.579,62 | 13.373,19 | |
| Emissões evitadas (Kg CO₂) | 617.972,31 | 907.935,53 | 841.010,26 | 459.549,62 | 104.310,88 | 2.930.778,61 |

| Vidro | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 | Total |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|
| Quantidade recuperada (t) | 211,83 | 161,49 | 180,62 | 139,24 | 30,57 | 723,75 |
| Emissões proporcionadas pela reciclagem (Kg CO₂eq/t) | 311,16 | 335,02 | 328,31 | 302,52 | 297,87 | |
| Emissões evitadas (Kg CO₂) | 65.913,02 | 54.102,38 | 59.299,35 | 42.122,88 | 9.105,89 | 230.543,53 |