

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
PLANEJAMENTO E GOVERNANÇA PÚBLICA**

FERNANDO DIEGO TRUJILLO

**USINA DE BIOMADEIRA PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS EM MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE: UMA ANÁLISE DA
VIABILIDADE FINANCEIRA UTILIZANDO A SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO**

CURITIBA

2021

FERNANDO DIEGO TRUJILLO

**USINA DE BIOMADEIRA PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS EM MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE: UMA ANÁLISE DA
VIABILIDADE FINANCEIRA UTILIZANDO A SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO**

**Biowood plant for solid urban waste treatment in small municipalities: an
financial feasibility analysis using Monte Carlo Simulation**

Trabalho de conclusão de curso de Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Planejamento e Governança Pública, do Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Governança Pública da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof. Dra. Vanessa Ishikawa Rasoto

CURITIBA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

30/10/2021 19:52



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba



FERNANDO DIEGO TRUJILLO

**USINA DE BIOMADEIRA PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS EM MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE: UMA ANÁLISE DA
VIABILIDADE FINANCEIRA UTILIZANDO A SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Planejamento E Governança Pública da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Planejamento Público E Desenvolvimento.

Data de aprovação: 26 de Agosto de 2021

Prof.a Vanessa Ishikawa Rasoto, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Isaura Alberton De Lima, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Paulo Nascimento Neto, Doutorado - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (Pucpr)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 26/08/2021.

https://sistemas2.utfpr.edu.br/dpls/sistema/aluno01/mpCADEDocsAssinar.pcTelaAssinaturaDoc?p_pesscodnr=211889&p_cade docpescodnr=145... 1/1

CURITIBA

2021

Dedico esta dissertação

- A minha nobre esposa, Tatiane Sampaio Trujillo, a quem, incondicionalmente, confio o meu verdadeiro amor;
- A minha doce mãe, Ana Lúcia Osório, que me honra em ser o seu filho e ter o privilégio de receber o seu fraterno amor;
- Aos meus queridos sogros Meiri Teresinha Ramos e Edson Sampaio pela acolhida e apoio irrestrito.
- Ao meu saudoso avô, Hélio Osório (*In Memoriam*), exemplo de hombridade e caráter, semeador da minha formação moral e fonte de inspiração para o bem.
- Aos colegas de mestrado pela intensa troca de conhecimento e experiência, me ajudando a sair melhor do que eu entrei.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, fonte de vida, fé e esperança, por me acompanhares em todos os momentos de minha vida e não me desamparares.

Agradeço a minha amada esposa, Tatiane, pelo companheirismo, amizade, parceria, paciência, dedicação, cordialidade, e, especialmente, por seu genuíno amor, em que, mesmo aos infortúnios e momentos de dificuldades, não lhe me faltou apoio e incentivo para seguir adiante para este desafio acadêmico. Nesta trajetória científica, sua força me trouxe paz; sua calma, reconforto; sua ternura, inspiração.

Agradeço, carinhosamente, a minha querida mãe, Ana Lúcia, por não me permitir tergiversar das minhas escolhas, e, estar ao meu lado em todos os momentos. Seu exemplo de vida, as lutas e superações são ensinamentos a qual tomei emprestado e que são o meu guia para a busca das melhores decisões.

Agradeço aos meus sogros Meiri e Edson pelas manifestações de carinho, incentivo. E apoio foi fundamental nesta conquista.

Agradeço a minha família, em especial, ao meu irmão Marcos e minha avó Zenaide, que, mesmo à distância, me servem de inspiração.

Agradeço, carinhosamente, aos colegas de mestrado pela amizade, pelo acolhimento, reciprocidade e por me oferecerem momentos aprazíveis.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Governança Pública, desde a Secretaria à Coordenação, pela solicitude e presteza no atendimento de minhas demandas.

Agradeço ao qualificado corpo docente por compartilharem de seus conhecimentos, por dividirem o seu tempo para partilhar dos ensinamentos, pelos doutrinários adquiridos na aprendizagem, e por me proporcionar desafios que outrora eram distantes à mim.

Agradeço, profundamente, aos membros da banca de qualificação e defesa da dissertação, a Professora Dr^a Isaura Alberton de Lima, ao Professor Dr^o Paulo Nascimento Neto, e faço uma menção especial à Coordenadora Dr^a Hilda Alberton de Lima pelas valorosas contribuições a este trabalho.

Agradeço, de forma especial, a minha estimada orientadora, a Professora Dr^a Vanessa Ishikawa Rasoto, admirável docente, detentora de um conhecimento ímpar, de apreciada gentileza, fundamental nesta minha jornada acadêmica; e como orientadora, imprescindível.

“A constância de ânimo, com paz e tranquilidade, não só enriquece a pessoa como a ajuda muito a julgar melhor as adversidades, dando-lhes a solução conveniente.”

São João da Cruz

RESUMO

TRUJILLO, Fernando Diego. **Usina de biomadeira para tratamento de resíduos sólidos urbanos em município de pequeno porte: uma análise da viabilidade financeira utilizando a simulação de Monte Carlo**. 2021. 177f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Governança Pública) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Governança Pública, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2021.

A geração de resíduos sólidos é uma condição inerente da sobrevivência humana. Com o passar do tempo, mais resíduos são gerados pelas pessoas, de acordo com os seus desejos, hábitos, aumento de renda, entre outros. Contudo, isto implica aos municípios, uma série de dificuldades para a gestão adequada dos seus RSU. As pequenas cidades demonstram grandes dificuldades para o gerenciamento dos seus passivos ambientais gerados no pós consumo, em virtude da falta de arrecadação satisfatória, autossuficiência financeira e por custos elevados, o que resulta, em muitos casos, em uma disposição final dos RSU de forma inadequada. A partir dessa realidade, o presente estudo tem como objetivo, propor uma análise da viabilidade financeira de uma usina de transformação dos RSU em biomadeira, com foco em municípios de até 20 mil habitantes no Brasil. Para a análise de viabilidade financeira, pretende-se utilizar os indicadores financeiros: Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR), utilizando de Taxa Mínima de Atratividade (TMA) como Taxa de Desconto. Com isso, por meio da Simulação de Monte Carlo, deseja-se compreender que, se uma possível oscilação do preço de venda do quilo da biomadeira em 20% pode impactar os indicadores financeiros VPL e TIR, de forma à inviabilizar, financeiramente, o empreendimento. A metodologia da pesquisa tem abordagem qualitativa e quantitativa, dividida em duas fases. Partindo do método hipotético-dedutivo, na primeira fase, à abordagem é qualitativa, de finalidade exploratória, e de procedimento bibliográfico e documental para o levantamento de informações e dados da pesquisa. Na segunda fase, à abordagem é quantitativa, de objetivo explicativo, com procedimento *Ex-Post-Facto*. Para a comprovação da viabilidade financeira da solução tecnológica, partiu-se da análise de resultado do Fluxo de Caixa Descontado para 5 anos, e usou de uma TMA de 8,01% a.a. Para a Simulação de Monte Carlo, utilizou-se o Software Crystal Ball®. Para um Intervalo de Confiança de 95%, e 10.000 iterações, no cenário com aumento e diminuição de 20% no preço de venda do produto, não alterou, significativamente, os valores de VPL e TIR, comprovando a viabilidade financeira do empreendimento, mesmo em momento de incerteza, concluindo-se que, esse empreendimento pode ser apresentado como uma alternativa para o tratamento dos RSU junto aos municípios de pequeno porte.

Palavras-Chave: Resíduos Sólidos Urbanos. Biomadeira. Viabilidade Financeira. Simulação de Monte Carlo. Política Nacional dos Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

TRUJILLO, Fernando Diego. **Biowood plant for urban solid waste treatment in a small town: a financial feasibility analysis using Monte Carlo simulation.** 2021. 177f. Dissertation (Master Degree in Planejamento e Governança Pública) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Governança Pública, Federal Technology University - Paraná. Curitiba, 2021.

The generation of solid waste is an inherent condition of human survival. Over time, more waste is generated by people, according to their desires, habits, increase in income, among others. However, this implies for the municipalities, a series of difficulties for the adequate management of their USW. Small cities show great difficulties in managing their environmental liabilities generated in post-consumption, due to the lack of satisfactory collection, financial self-sufficiency and high costs, which results, in many cases, in an inadequate final disposal of USW. Based on this reality, this study aims to propose an analysis of the financial feasibility of a plant to transform USW into biowood, focusing on municipalities with up to 20.000 inhabitants in Brazil. For the analysis of financial feasibility, it is intended to use the financial indicators: Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR), using the Minimum Attractiveness Rate (MAR) as the Discount Rate. Thus, through the Monte Carlo Simulation, it is intended to understand that if a possible fluctuation in the sale price of a kilo of biowood by 20% can impact the NPV and IRR financial indicators, in order to make the enterprise financially unfeasible. The research methodology has a qualitative and quantitative approach, divided into two phases. Starting from the hypothetical-deductive method, in the first phase, the approach is qualitative, of exploratory purpose, and bibliographic and documental procedure for the collection of information and research data. In the second phase, the approach is quantitative, with an explanatory objective, with na *Ex-Post-Facto* procedure. In order to prove the financial viability of the technological solution, an analysis of the result of the Discounted Cash Flow of 60 months was used, using an AMR of 8,01% a.a. For the Monte Carlo Simulation, the Crystal Ball® Software was used. For a Confidence Interval of 95%, and 10.000 iterations, in the scenario with a 20% increase and decrease in the sales price of the product, it did not significantly change the NPV and IRR values, proving the financial viability of the project, even in moment of uncertainty, concluding that this project can be presented as an alternative for the treatment of USW in small municipalities.

Keywords: Urban Solid Waste. Biowood. Financial Viability. Monte Carlo Simulation. National Solid Waste Policy.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Consumo das famílias, entre os anos de 2010 e 2018.....	71
Gráfico 2- Pequenos municípios no Brasil x destinação final em 2018.....	79
Gráfico 3 - Gráfico da simulação de Monte Carlo do impacto da variação de preço sobre o VPL.....	135
Gráfico 4 – Gráfico da simulação de Monte Carlo do impacto da variação de preço sobre a TIR anual.....	137
Gráfico 5 - Artigos com menos de 10 citações.....	169
Gráfico 6 - Distribuição de artigos internacionais: 2000 – 2020.....	170

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Escopo do Trabalho.....	29
Figura 02 – Os sete passos para a revisão bibliográfica sistemática.....	32
Figura 03 – Tríade do Sistema Jurídico Ambiental brasileiro de RSU na esfera federal.....	54
Figura 04 – Ordem de prioridade na gestão e no gerenciamento de resíduos sólidos.....	60
Figura 05 – Rota tecnológica para municípios pequenos.....	81
Figura 06 – Vista superior da Unidade de Compostagem do Condado de Montgomery, Maryland – EUA.....	84
Figura 07 – Esquema de Produção de CDR.....	85
Figura 08 – Autossuficiência financeira do órgão gestor com o manejo de RSU dos municípios participantes do SNIS, segundo faixa populacional.....	90
Figura 09 – Autossuficiência financeira do órgão gestor com o manejo de RSU (IN005) dos municípios participantes do SNIS, segundo faixa populacional.....	90
Figura 10 – Receita orçada e arrecadada com a cobrança de taxas e tarifas.....	92
Figura 11 – Ecoinovação.....	95
Figura 12 – Modelo de transição da economia linear para a circular.....	96
Figura 13 – Diagrama sistêmico da economia circular.....	97
Figura 14 – Processo de simulação de Monte Carlo.....	103
Figura 15 - Tipos de pesquisa científica.....	104
Figura 16 - Método hipotético-dedutivo.....	105
Figura 17 – Processo metodológico do estudo dissertativo.....	108
Figura 18 – Processo simplificado da usina de biomadeira.....	113
Figura 19 - Sinergia cooperativa entre partícipes.....	114
Figura 20 - Artigo 9º- Ordem de Prioridade.....	115
Figura 21 - Layout da composição dos equipamentos.....	117
Figura 22 – Linha de equipamento completa: como funciona.....	119
Figura 23 - Distribuição triangular da variável observada.....	123
Figura 24 - Etapas do processo pelo <i>Canvas</i>	163
Figura 25 - <i>Business Model Canvas</i>	164
Figura 26 – <i>Canvas</i> aplicado no processo de pesquisa.....	165
Figura 27 - Mapeamento do processo de busca dos artigos científicos.....	166

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resultado das buscas por artigos científicos.....	33
Quadro 2 - Diferença entre lixo e resíduo sólido.....	37
Quadro 3 - Classes de resíduos.....	40
Quadro 4 - Características dos resíduos e o responsável da sua gestão.....	41
Quadro 5 - Fatores determinantes e a caracterização dos resíduos.....	42
Quadro 6 - Constituição Federal de 1988 e sua contribuição com as questões ambientais.....	46
Quadro 7 - Leis Federais referentes ao tema dos resíduos sólidos.....	47
Quadro 8 - A cronologia das Resoluções CONAMA sobre o tema resíduos sólidos.....	48
Quadro 9 - As normas brasileiras voltadas para os resíduos sólidos, entre os anos de 1984 e 1999.....	49
Quadro 10 - As normas brasileiras voltadas para os resíduos sólidos, entre os anos de 2001 e 2008.....	50
Quadro 11 - Decretos executivos sobre resíduos sólidos.....	51
Quadro 12 - Formas da gestão dos resíduos sólidos.....	55
Quadro 13 - Comparação do antes e depois (esperado) da PNRS (2010).....	57
Quadro 14 - Princípios e Objetivos (Cap. II, Art.6 e Art. 7, Lei 12.305/10).....	59
Quadro 15 - Ordem de prioridade da Lei Federal nº 12.305/10.....	61
Quadro 16 - Atribuições municipais estabelecidas pela PNRS.....	63
Quadro 17 - Obrigações Institucionais.....	63
Quadro 18 - Arranjos Institucionais, Modelos de Gestão e Sistema de Incentivos propostas pela PNRS.....	65
Quadro 19 - Planos de Resíduos Sólidos.....	67
Quadro 20 - Metas da PNRS.....	72
Quadro 21 – Tipos de pesquisa e suas características.....	107
Quadro 22 – Projeção dos investimentos programados no Brasil, em 2021.....	121
Quadro 23 – Projeção da capacidade produtiva.....	122
Quadro 24 – Projeção de vendas.....	123
Quadro 25 - Projeção de custos com pessoal do setor produtivo: 1º e 2º turno.....	124
Quadro 26 - Projeção de custos com pessoal do setor produtivo: 3º turno.....	125
Quadro 27 - Projeção de custos com pessoal do setor administrativo e comercial nos três turnos.....	126
Quadro 28 - Custos fixos e despesas fixas.....	127
Quadro 29 - Custos variáveis: energia e água.....	128
Quadro 30 – Condições de financiamento.....	128
Quadro 31 - Fluxo de Caixa, Fluxo de Caixa Descontado, TMA, VPL e TIR.....	129
Quadro 32 - Distribuição triangular do preço do quilo da biomadeira.....	132
Quadro 33 - Previsão para VPL.....	135
Quadro 34 – Percentis e Valor da Previsão do VPL.....	136
Quadro 35 - Previsão para TIR anual.....	137
Quadro 36 - Percentis e valor da previsão da TIR anual.....	138
Quadro 37 – Resultado da sensibilidade para cenários pessimistas e otimistas.....	139

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Geração de RSU (t/ano), a variação percentual e a taxa de crescimento da população no Brasil, entre os anos de 2009 e 2018.....	70
Tabela 2 - Destinação final de RSU (t/ano) por unidade de destino, entre os anos de 2009 e 2018, no Brasil.....	74
Tabela 3 - Disposição final e suas variações percentuais entre os anos de 2010 e 2018, no Brasil.....	76
Tabela 4 – Geração de RSU (t/ano), destinação final de RSU (t/ano), diferença entre geração final e destinação final de RSU, e a variação entre os anos de 2010 - 2018, no Brasil.....	77
Tabela 5 - Faixa populacional, PGIRS e disposição final no Brasil, em 2018.....	80
Tabela 6 - ISLU médio por região e faixa populacional, no Brasil, em 2019.....	88
Tabela 7 - Comparativo de preços de madeira (em quilos), usando como referência, o Estado de São Paulo, no ano de 2019.....	130
Tabela 8 – Comportamento do VPL, TIR mensal e TIR anual partindo da evolução da TMA para usina de biomadeira em pequeno município, no Brasil.....	139
Tabela 9 - Total de referências bibliográficas usadas na pesquisa, entre os anos de 2000 até 2020 da literatura nacional e internacional.....	165
Tabela 10 - Artigos escolhidos com base no número de citações, índice H dos autores e aderência aos temas, entre os períodos de 2000 até 2020 de autores nacionais.....	167
Tabela 11 - Artigos escolhidos com base no número de citações, índice H das revistas e aderência aos temas, entre os períodos de 2000 até 2020 de autores nacionais.....	171
Tabela 12 - Total de instituições e organizações do Brasil usadas na pesquisa, entre os anos 2000 até 2020.....	172
Tabela 13 - Total de instituições e organizações internacionais usadas na pesquisa, entre os anos 2000 até 2020.....	173

LISTA DE SIGLAS

ABETRE – Associação Brasileira de Empresas de Tratamentos de Resíduos e Efluentes

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ABPMP – Association of Business Process Management Professional

AIA – Avaliação do Impacto Ambiental

ANA – Agência Nacional das Águas

ANVISA – Associação Nacional de Vigilância Sanitária

CEMPRE – Compromisso Empresarial para a Reciclagem

CF – Constituição Federal

CNM – Confederação Nacional dos Municípios

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

EMF – Elles MacArthur Foundation

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

FGV – Fundação Getúlio Vargas

FNDF – Fundo Nacional de Desenvolvimento Sustentável

GEE – Gases do Efeito Estufa

IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados

IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano

ISO – International Organization for Standardization

ISWA – International Solid Waste Association

MDF – Medium Density Fiberboard

MINTER – Ministério do Estado de Interior

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NBR – Norma Brasileira

PCP – Política dos Consórcios Públicos

PDM – Plano Diretor Municipal

PIB – Produto Interno Bruto

PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integral de Resíduos Sólidos

PNEA – Política Nacional de Educação Ambiental

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

PNMC – Política Nacional sobre Mudança do Clima

PNRS – Política Nacional dos Resíduos Sólidos

PNSB – Política Nacional de Saneamento Básico

PPIAF – Public-Private Infrastructure Advisory Facility

PPP – Parceria Público-Privado

RSD – Resíduo Sólido Domiciliar

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

RSUI – Resíduos Sólidos Urbanos e Industriais

SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa

SFB – Sistema Florestal Brasileiro

SINIR – Sistema Nacional de Informações sobre os Resíduos Sólidos

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SWOT – Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

TIR – Taxa Interna de Retorno

VPL – Valor Presente Líquido

WBCSD – World Bank Council for Sustainable Development

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	20
1.1 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA.....	22
1.1.1 Pressupostos.....	23
1.2 OBJETIVOS.....	24
1.2.1 Objetivo Geral.....	24
1.2.2 Objetivos Específicos.....	24
1.3 JUSTIFICATIVA, RELEVÂNCIA E ADERÊNCIA AO ESCOPOS DO PROGRAMA.....	24
1.4 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA.....	25
1.5 ESTRUTURA DE TRABALHO.....	26
1.6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA (RBS).....	31
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	35
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	35
2.1.1 Conceito, classificação e caracterização.....	36
2.1.2 Problemática.....	41
2.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL.....	44
2.2.1 Uma breve retrospectiva.....	44
2.2.2 Resoluções CONAMA, Normas Brasileiras e Decretos.....	48
2.2.3 Considerações sobre as legislações ambientais.....	51
2.3 LEI FEDERAL Nº 12.305/10.....	56
2.3.1 Política Nacional dos Resíduos Sólidos.....	56
2.3.2 Ordem de Prioridade.....	60
2.3.3 Atribuições municipais e obrigações institucionais.....	62
2.3.4 Planos de resíduos sólidos.....	66
2.4 GERAÇÃO DE RSU E DESTINAÇÃO FINAL.....	67
2.4.1 Geração de RSU: panoramas.....	68
2.4.2 Destinação Final: considerações.....	71
2.4.3 Relação de diferença entre a geração de RSU e a destinação final.....	76
2.5 PEQUENOS MUNICÍPIOS: CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMÁTICA.....	78
2.5.1 Pequenos Municípios: contextualização.....	78
2.5.2 Pequenos Municípios: problemática.....	86
2.6 ECOINOVAÇÃO E ECONOMIA CIRCULAR.....	92

2.6.1 Ecoinovação: um breve conceito.....	93
2.6.2 Economia Circular: tendência para a gestão dos resíduos.....	95
2.7 INDICADORES FINANCEIROS E SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO.....	98
2.7.1 Análise de Investimentos: Viabilidade Financeira.....	98
2.7.2 Simulação de Monte Carlo.....	101
3 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	104
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	105
3.2 PROCEDIMENTOS PARA A COLETA DE DADOS.....	110
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	112
4.1 USINA DE BIOMADEIRA: CONCEITO E APRESENTAÇÃO.....	112
4.2 USINA DE BIOMADEIRA: ASPECTOS TÉCNICOS.....	115
4.3 APRESENTAÇÃO DE VIABILIDADE FINANCEIRA DA USINA DE BIOMADEIRA.....	119
4.4 COMPROVAÇÃO DOS INDICADORES FINANCEIROS PELA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO.....	130
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	141
REFERÊNCIAS.....	144
APÊNDICE – RBS.....	162
ANEXO – FOTOS DA BIOMADEIRA E APLICAÇÕES.....	174

1 INTRODUÇÃO

A premissa do desenvolvimento sustentável que integra a conservação do meio ambiente, o fator social, governança e crescimento econômico com responsabilidade, são metas de uma sociedade compromissada com as próximas gerações. Exige-se, atualmente, ações essenciais no desenvolvimento de estratégias em prol da sustentabilidade, que minimizem o ônus e as externalidades negativas que resultem na degradação ambiental que podem afetar o padrão de vida das pessoas e o ecossistema.

Com este cenário de constante pressão sobre o meio ambiente, aos poucos, vem se formando, uma consciência da necessidade da conservação ambiental e do estímulo de novas fontes tecnológicas que venham a agregar novos produtos, processos e serviços, contribuindo para que o desenvolvimento econômico seja mais sustentável. A partir deste panorama, busca-se definir uma nova abordagem híbrida que perpassa toda a cadeia produtiva, envolvendo o setor privado (*stakeholders*) e setor público, buscando o equilíbrio e holística, com foco nos aspectos econômicos, sociais e ambientais, concomitantemente, que trarão benefícios em longo prazo, a geração futuras e partes interessadas (HEMPE, NOGUERA, 2012).

E neste panorama, a gestão responsável dos resíduos sólidos urbanos (RSU), quanto ao seu tratamento ambientalmente correto na sua destinação, torna-se um dos relevantes pilares para o desenvolvimento sustentável. Ganha importância, nesse diapasão, o interesse da gestão dos resíduos sólidos nos municípios, que são responsáveis pela coleta e destinação final, e nesse último, na busca de uma solução ambientalmente adequada para o tratamento dos passivos ambientais, priorizando, a reutilização e reciclagem desses resíduos (DEUS *et al.*, 2015).

Diante dessas definições, percebeu-se no Brasil, uma mudança de paradigma com a promulgação da Lei Federal nº 12.305/10, que instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS). Segundo Klein *et al.* (2018), a PNRS foi instituída para criar mecanismos legais no intuito de induzir o poder público a adotar uma gestão adequada dos resíduos sólidos em relação aos aspectos ambientais, sociais, econômicos e sanitários.

E com isso, tal política traz importantes diretrizes, normas, instrumentos e direcionamento relativos à questão dos planos de âmbito nacional, estadual,

microrregional, intermunicipal e municipal, e os planos de gerenciamento de resíduos sólidos industriais (SANTOS, GONÇALVES DIAS, 2012). Essas modificações legislativas são imprescindíveis, pois a gestão dos resíduos sólidos faz parte do planejamento de políticas públicas municipais, exigindo planejamento, manutenção, recursos e operação (ALM, 2015).

Há inúmeros avanços na PNRS. Entre suas principais propostas, destaca-se a ordem de prioridade, que estimula à: não geração, redução, reutilização, reciclagem e destinação ambientalmente adequado dos resíduos. Outra evolução, diz respeito a possibilidade de consorciamento entre municípios vizinhos para a gestão mais eficiente dos resíduos sólidos (BARBOSA *et al.*, 2016).

Apesar dos avanços trazidos pela PNRS, ainda o cenário brasileiro se mostra de grandes dificuldades. Isso é refletido em municípios de até 20.000 habitantes, pois, segundo Peralta, Antonello (2015), os municípios de pequeno porte são afetados com a destinação ambientalmente adequada dos passivos ambientais, ao fato das despesas com soluções viáveis para o descarte correto serem incompatíveis com a realidade financeira desses município.

Em teoria, nesses municípios de pequeno porte, há um déficit da capacidade financeira, administrativa, e da gestão dos serviços de limpeza pública, principalmente, da destinação e tratamento dos resíduos (JACOBI, BESEN, 2011; GONÇALVES *et al.*, 2019). Para isso, torna-se importante, criar mecanismos e tecnologias para otimizar a capacidade de coleta, tratamento, aproveitamento e, principalmente, a disposição final destes resíduos sólidos urbanos (DEL BIANCO *et al.*, 2017).

E sob este contexto, frente às determinações estabelecidas pela PNRS, especialmente, no que se refere à destinação final ambientalmente adequado, o presente estudo busca avaliar à viabilidade financeira da usina de biomadeira, como alternativa para o tratamento correto dos RSU, em municípios de até 20.000 habitantes. Sugere-se a utilização dos indicadores financeiros: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Retorno do Investimento (*Payback*) a partir de uma determinada taxa de desconto, que pode ser chamado de Taxa Mínima de Atratividade (TMA), como técnica para a análise de investimento.

Segundo Assaf Neto, Lima (2014), para análise da viabilidade financeira de um empreendimento, projeta-se o fluxo de caixa e desconta a uma determinada taxa

de desconto -, considerando que o dinheiro tem valor ao longo do tempo, e retorna ao valor presente. Para Hoji (2014), o VPL pode ser considerado a diferença entre o valor presente das receitas e o valor presente dos gastos (benefícios líquidos da geração de caixa) e o investimento inicial realizado.

A TIR é considerado uma taxa de desconto que iguala todas as entradas e saídas de caixa, ou seja, iguala o VPL dos fluxos de caixa de um investimento a zero, e que é bastante utilizada como métrica para avaliar se um projeto tem retorno maior que o custo de oportunidade ou não (GITTMAN, 2010). E *Payback*, segundo Assaf Neto, Lima (2014), trata-se de um determinado período de tempo em que o capital investido retorna ao agente financiador, caso o projeto tenha gerado valor econômico.

Considera-se que, a utilização dos indicadores financeiros sugeridos, são formulados para decisões de longo prazo (ASSAF NETO, LIMA, 2014). Diante desta determinação, para este estudo, o fluxo de caixa foi projetado para sessenta meses (5 anos), e descontado a uma determinada TMA.

Este estudo justifica-se na contribuição teórica, pela ausência de estudos sobre a viabilidade financeira de adoção deste tipo de sistema em municípios de pequeno porte. E, na parte prática, por apresentar uma possível alternativa que permitirá a administração pública, o tratamento ambientalmente correto dos RSU produzidos dentro do seu limite geográfico.

1.1 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

De acordo com Del Bianco *et al.* (2017), as diversas atividades inseridas nos processos produtivos têm como característica comum, a geração de RSU. O indivíduo (e famílias), no desenvolvimento de suas atividades diárias, gera e descarta quantidade variável de resíduos (ABRAMOVAY *et al.*, 2013; ALM, 2015).

Os RSU constituem uma preocupação ambiental e um desafio nas agendas de políticas públicas (KLEIN *et al.*, 2018). Os problemas relacionados aos resíduos sólidos, na atualidade, estão ligados ao aumento na geração, à variedade de materiais descartados, e a dificuldade para a sua destinação final, de forma adequada (LEME, 2009).

A responsabilidade pós consumo sobrecarrega os municípios, especialmente, os de pequeno porte, seja no âmbito social, ambiental, econômico, quanto na definição de uma destinação adequada dos RSU (MONTEIRO *et al.*, 2017). E ainda, a realidade de dificuldades dos municípios de pequeno porte é complementada, pela ausência de estudos que apresentem a viabilidade financeira de sistemas que processam e transformam os resíduos sólidos em produtos de valor agregado, que poderiam contribuir ao poder público, em uma possível solução.

Neste sentido, centralizando as motivações do estudo para a avaliação da viabilidade financeira de uma usina de biomadeira, com foco na destinação adequada dos RSU em municípios de até 20.000 habitantes, tem-se como fonte, as seguintes perguntas norteadoras: **utilizando dos indicadores VPL e TIR, existe viabilidade financeira para a implementação de uma usina de biomadeira para municípios de até 20.000 habitantes, no Brasil?**

1.1.1 Pressupostos

A gestão dos RSU, especialmente, nos municípios de até 20.000 habitantes se tornou um dos grandes desafios de políticas públicas municipais (PERALTA, ANTONELLO, 2015). A destinação final ambientalmente adequada é a parte mais complicada e onerosa (MOREIRA, 2010).

Mediante a legitimidade instituída da autonomia municipal, a PNRS estabeleceu aos municípios, a responsabilidade por medidas que solucionem a problemática do descarte dos RSU (SOUZA, GUEDES, 2019), partindo de um dos eixos principais da legislação, que refere-se à ordem de prioridade – não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento ambientalmente correto dos resíduos (BRASIL, 2010).

Diante desse desafio, emerge a pedra angular que permeia o presente estudo, que poderá ser comprovado ou refutado no decorrer da pesquisa:

I) Avaliar se há viabilidade financeira da usina de biomadeira para o tratamento e o processamento dos RSU em municípios de até 20.000 habitantes.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Estimar, por meio deste estudo, a possibilidade de viabilidade financeira da usina de biomadeira, como alternativa para o tratamento ambientalmente correto dos RSU, com foco em municípios de até 20.000 habitantes.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Compreender o comportamento da geração de RSU no Brasil, entre os anos de 2010 e 2018, assim como, averiguar os modos de disposição final.

2. Entender as dificuldades que os municípios apresentam para destinação final dos RSU.

3. Analisar a Política Nacional dos Resíduos Sólidos como instrumento legal de gestão correta dos RSU, em particular, quanto à destinação final ambientalmente adequada.

4. Examinar a importância daecoinovação e economia circular para a gestão adequada dos resíduos sólidos.

1.3 JUSTIFICATIVA, RELEVÂNCIA E ADERÊNCIA AO ESCOPO DO PROGRAMA

O tema pesquisado, contribui para a apresentação de um sistema que visa tratar os resíduos sólidos de pequenos municípios. Nesse estudo, pretende-se demonstrar a viabilidade financeira da usina de biomadeira, como alternativa para o tratamento dos RSU, com foco em municípios de até 20.000 habitantes. Neste contexto, o trabalho justifica-se na concepção de conhecimento, a partir das seguintes perspectivas:

A) No aspecto teórico: o entendimento de que a Lei Federal nº 12.305/10, que versa sobre a PNRS, foi um marco legislativo frente aos desafios na gestão dos resíduos sólidos. E complementando esse tema, parte-se da compreensão das prováveis motivações para a geração dos RSU. E a partir daí, pode-se compreender

as possíveis dificuldades enfrentadas pelos pequenos municípios frente ao manejo dos resíduos. E por fim, pretende-se apresentar a análise da viabilidade financeira de uma usina de biomadeira.

B) No plano prático, o estudo se destaca como de grande relevância para todas as regiões brasileiras, pois a solução apresentada trabalha com qualquer tipo de resíduos sólidos, não fazendo distinção entre elas. A análise da viabilidade financeira por meio dos indicadores VPL e TIR para a implementação da usina de biomadeira se torna de grande valia, no intuito de avaliar essa opção como uma alternativa ao tratamento ambientalmente adequado dos RSU em municípios de pequeno porte, com até 20.000 habitantes, no Brasil. Comprovando a sua viabilidade financeira, permitirá apresentar os resultados dessa pesquisa, e posteriormente, a solução à algum município brasileiro que tenha interesse.

C) Na perspectiva do Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Governança Pública da UTFPR, o estudo se justifica por apresentar uma solução para o tratamento dos RSU em municípios de pequeno porte, com até 20.000 habitantes, no Brasil. Essa pesquisa alia à inovação tecnológica com a responsabilidade socioambiental, dentro de uma perspectiva de viabilidade financeira, que podem gerar resultados positivos, beneficiando à sociedade como um todo.

Assim, a pesquisa tem clara aderência ao Programa de Pós-Graduação da UTFPR, na linha de pesquisa “Governança Pública e Desenvolvimento”. Este estudo tem foco na inovação tecnológica e responsabilidade socioambiental, e apresenta uma alternativa à gestão pública municipal, frente à destinação ambientalmente adequado dos resíduos sólidos urbanos. A implementação de uma usina de biomadeira contempla à territorialidade, podendo se estender a qualquer município de pequeno porte, com até 20.000 habitantes, no Brasil.

1.4 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

Neste contexto, as contribuições resultantes desse estudo podem ser demonstradas a partir das seguintes perspectivas:

A) Para o meio acadêmico, além da imediata contribuição teórica, tem em seu bojo, a inovação e responsabilidade socioambiental. Pretende-se motivar e engajar

pesquisadores na elaboração de futuros trabalhos, com foco na gestão ambiental, desenvolvimento sustentável e inovação. Por se tratar de mestrado de cunho “profissional”, o estudo se mostra pertinente, com a intenção de apresentar uma solução para um determinado problema, cuja meta principal, é trazer benefícios para a sociedade em geral.

O estudo contribui, ainda, para despertar interesses sobre assuntos relacionados ao meio ambiente. Este trabalho adere à linha de “Governança Pública e Desenvolvimento”, entretanto, pode motivar e incentivar as pesquisas na linha de “Planejamento e Políticas Públicas”. A inovação e responsabilidade socioambiental está inserido num amplo escopo de pesquisa ligados à gestão pública. Este trabalho, em específico, permite que novas soluções para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos sejam apresentados, e novos paradigmas sejam quebrados a cada dia.

B) Para este mestrando, as contribuições da pesquisa, serão uma oportunidade de aliar os doutrinários adquiridos no curso de Mestrado Profissional em Planejamento e Governança Pública aos conhecimentos práticos. Por meio da práxis e holística, pretende-se aprimorar o desenvolvimento intelectual na busca do crescimento pessoal, profissional e acadêmico desejado.

C) No plano Institucional e Municipal, a contribuição faz-se no sentido de apresentar uma solução que venha, por meio de aliança junto ao setor público municipal, estabelecer uma proposta de tratamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos urbanos.

1.5 ESTRUTURA DE TRABALHO

Este estudo dissertativo usou a PNRS como bússola para a fundamentação teórica das pesquisas. A gestão dos RSU, por se tratar de uma política pública que engloba todo o universo que envolve o tema dos resíduos sólidos, foi necessário desmembrar em três temáticas fundamentais, que serviu de roteiro para o aprofundamento das análises compatíveis com a proposta deste trabalho. E na sequência, mostrou-se o entendimento sobre a economia circular e aecoinovação como introdução à apresentação de uma alternativa para o tratamento dos RSU de pequenos municípios, a chamada usina da biomadeira.

O horizonte temporal das pesquisas se inicia no ano de 2010 e se estende até 2018. Esse período é caracterizado por diversos eventos relevantes, tanto na economia brasileira, como em outras vertentes das políticas públicas, e nesse caso, destaca-se à temática da gestão dos resíduos sólidos, merecendo assim, uma exposição minuciosa das informações e dados da pesquisa no intuito de apresentar, de forma assertiva, a compreensão sobre os desdobramentos da PNRS frente aos desafios apresentados junto às políticas públicas, especialmente, no que diz respeito à destinação adequada dos RSU.

No dia 23 de agosto de 2010, foi promulgada a Lei Federal nº 12.305/10. Trata-se do mesmo ano que o país teve o maior crescimento econômico da década, tendo como um dos fatores, o impulsionamento do consumo nas famílias. Portanto, houve dois fenômenos importantes na mesma época, entretanto, que são antagônicos entre si. Diante disso, pretende-se a partir do desmembramento das três temáticas principais da PNRS e suas derivações, buscar entender o comportamento da geração de RSU ao longo do período proposto (2010 – 2018).

Dentro da ordem de prioridade da PNRS, para este estudo, o foco se deu na questão da geração dos RSU e a destinação ambientalmente adequada direcionado para o tratamento correto. Não será enfatizado o fator da reutilização e reciclagem, pois esse não é o escopo do trabalho, contudo, o tema foi abordado de forma sintética. A Lei Federal nº 12.305/10, observado no artigo 9º, preconiza a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos como observados nos seguintes artigos e incisos.

Art. 7º São objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

[...]

II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;

[...]

.....
 Art. 9º Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

[...]

.....
 Art. 15. A União elaborará, sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, com vigência por prazo indeterminado e horizonte de 20 (vinte) anos, a ser atualizado a cada 4 (quatro) anos, tendo como conteúdo mínimo:

[...]

III - metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;

[...]

.....
 Art. 17. O plano estadual de resíduos sólidos será elaborado para vigência por prazo indeterminado, abrangendo todo o território do Estado, com horizonte de atuação de 20 (vinte) anos e revisões a cada 4 (quatro) anos, e tendo como conteúdo mínimo:

[...]

III - metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;

[...]

.....
 Art. 30. É instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, consoante as atribuições e procedimentos previstos nesta Seção.

[...]

III - reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais;

[...]

O segundo tópico fundamental para um exame mais detalhado, refere-se aos pequenos municípios. A proposta desse diagnóstico pode levar ao complemento do estudo; de outra forma, a investigação desse tema pode revelar as possíveis problemáticas dos pequenos municípios para o tratamento ambientalmente adequado dos RSU. Deste modo, é de suma importância, por meio de um apontamento cronológico, compreender a trajetória legislativa no Brasil sobre a gestão dos resíduos sólidos, e identificar nesse cenário, se os pequenos municípios avançaram na sua agenda de políticas públicas no que se refere à gestão dos RSU.

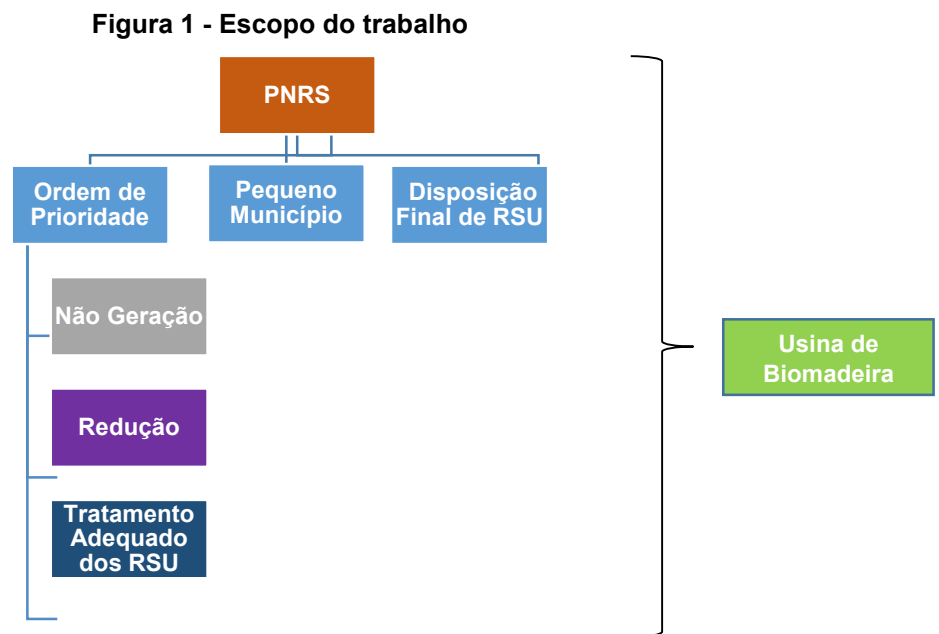
Continuando no item supracitado, pretende-se demonstrar os dados relativos aos pequenos municípios. É necessário compreender os principais problemas que essas municipalidades enfrentam frente ao desafio da gestão adequada dos RSU, especialmente, no aspecto orçamentário, bem como, na forma de arrecadação da chamada “taxa do lixo”.

Conjuntamente, de forma sintética, apresenta-se algumas alternativas para o tratamento dos RSU para os pequenos municípios. Apresenta-se como possibilidades, as rotas tecnológicas, que podem privilegiar o sistema de reciclagem, de compostagem e produção de CDR.

O terceiro tema atribui-se ao tratamento ambientalmente adequado dos RSU. Foi necessário entender os conceitos e as formas de disposição final de RSU. Nesse estudo, foi abordado, de maneira sinóptica, o formato de destinação final mais comumente utilizado pelos municípios brasileiros: lixão, aterro controlado, e aterro sanitário. E em seguida, foi realizado uma comparação entre a geração de RSU e a destinação final entre os anos 2010 e 2018, mostrando o aumento da relação entre a geração desses passivos e o descarte nessas alternativas.

E por fim, após a compilação dos estudos desses três pilares desmembrados da PNRS, foi exposto a parte do estudo que engloba os aspectos da inovação, como solução para o tratamento correto dos RSU para os pequenos municípios. Na parte introdutória, destaca-se uma abordagem sobre a economia circular e aecoinovação. A partir dessa etapa, de forma criteriosa, foi apresentado um estudo sobre indicadores financeiros, com ênfase em VPL, TIR, e o conceito da TMA, assim como, a simulação de Monte Carlo.

Conforme representado na figura 1, eis a síntese do escopo da pesquisa a ser desenvolvida. A Lei Federal nº 12.305/10 sob o manto das políticas econômicas. A partir da PNRS, desmembra-se as três principais temáticas desse estudo. A ordem de prioridade, com foco no fator geração de resíduos, em especial, os RSU, e no tratamento correto na destinação final.



Fonte: Autoria própria (2021)

Sustentando esses pilares, a usina da biomadeira que atende as três derivações da PNRS proposta dessa pesquisa. Dentro da ordem de prioridade, o projeto converge com todos os requisitos propostos pela Lei Federal nº 12.305/10. Trabalha de forma integrada e sinérgica com o município fomentando à economia circular. E atende, plenamente, às necessidades dessas municipalidades para o tratamento adequado dos RSU gerados.

A partir dessa seara que engloba a pesquisa, o presente estudo foi estruturado em 05 (cinco) capítulos. Iniciando como capítulo 01 (um), está a parte introdutória. O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica, que apresentando a trilha percorrida pelo pesquisador, traz à luz, os resultados das investigações bibliográficas.

O roteiro traçado na fundamentação teórica parte de um entendimento mais detalhado sobre o escopo que abrange o tema dos resíduos sólidos. E esse desdobramento inicia-se na apresentação dos conceitos, e passa pela compreensão das legislações vigentes, com destaque para a PNRS.

No caminho, ainda, propõe-se o entendimento das causas motivadoras da geração dos resíduos sólidos, e como esses passivos ambientais são destinados; os fatores que podem levar a um município, especialmente, o de pequeno porte a ter dificuldades na gestão dos RSU; a importância da compreensão daecoinovação e economia circular, e finaliza apresentando os temas relacionados à indicadores financeiros para avaliação de um projeto e sua análise de sensibilidade representada pela simulação de Monte Carlo.

No terceiro capítulo, o destaque fica para a descrição da metodologia de pesquisa empregada na pesquisa. Apresenta-se, como critério metodológico, o tipo de pesquisa realizado quanto à sua natureza, abordagem e finalidade, assim como, as suas características, quanto ao procedimento, gerais e tipos de instrumento. E por fim, o processo para a coleta dos dados.

Na sequência, o quarto capítulo apresenta os resultados e discussões. Divulga-se, a partir da coleta de dados realizada, a estrutura financeira que oferece subsídios informacionais à qual vão determinar se existe viabilidade financeira ou não, no projeto de usina da biomadeira.

E por derradeiro, como quinto capítulo, apresenta-se as considerações finais do autor. De maneira sucinta, discorre sobre os principais temas abordados neste estudo. E endossa para que estudos possam ser realizados, e novas alternativas para

o tratamento ambientalmente adequado do RSU sejam apresentadas. Inclusive, sugere-se que a alternativa anunciada nesta dissertação, possa servir de modelo comparativo em relação a outros trabalhos que venham apresentar possíveis soluções para essa questão.

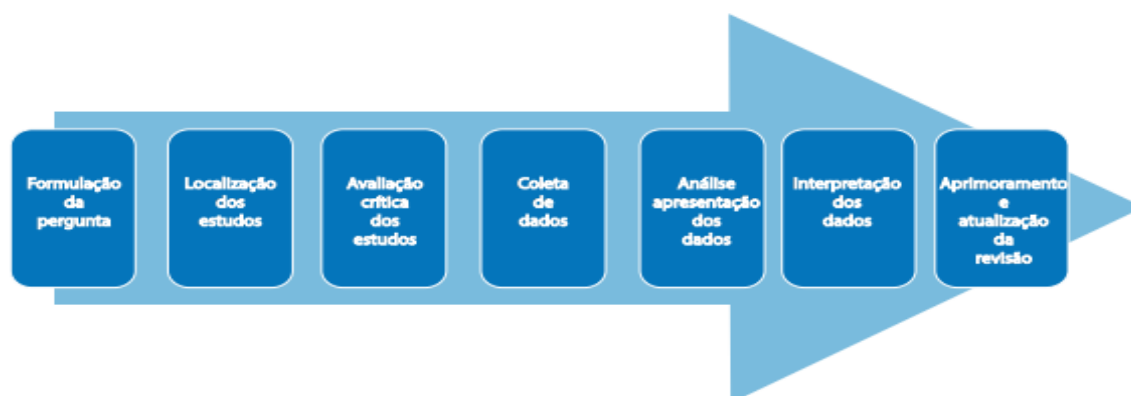
1.6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA (RBS)

A revisão bibliográfica pode ser considerada o marco inicial para qualquer pesquisa científica (WEBSTER, WATSON, 2002). Utiliza-se de material elaborado e publicado, como artigos científicos, livros e teses (GIL, 2008).

Com a pretensão de elevar o nível de propriedade de uma pesquisa científica, a revisão bibliográfica, para que seja bem fundamentada, deve ter precisão na execução, ser confiável, realizada de forma sistemática e de modo compreensivo (WEBSTER, WATSON, 2002; WALSHAM, 2006; LEVY, ELLIS, 2006). Deste modo, conduzi-la de forma criteriosa e disciplinada, contribui para o desenvolvimento de uma base sólida de conhecimento, gerando maior credibilidade na elaboração de teorias em áreas que existem pesquisas, assim como, perceber campos com possibilidades para novos (WEBSTER; WATSON, 2002).

Para Botelho *et al.* (2011), sua justificativa está na finalidade do tipo de pesquisa, que por meio da identificação, seleção e avaliação crítica da qualidade e validade de evidências científicas, possa responder a uma pergunta específica. E segundo os mesmos autores, outro tipo de finalidade é a possibilidade de aplicação dos resultados encontrados no contexto do qual originou a questão. A figura 2, apresenta os sete passos da revisão sistemática bibliográfica.

Figura 2 – Os sete passos para a revisão bibliográfica sistemática



Fonte: Botelho et al. (2011, p. 125)

¹Nesta etapa de Revisão Bibliográfica Sistemática, utilizou-se do conceito de BPMN- *business process model and notation*, que se refere à notação de modelagem de processos, uma ferramenta que permite a facilitação na busca de referências bibliográficas. A partir da escolha da notação, buscou-se uma ferramenta que oferecesse suporte de forma gratuita e, que a linguagem empregada, fosse o português, possibilitando, dessa forma, no final do relatório, documentar o processo. A ferramenta escolhida foi o *Bizagi Process Modeler*.

Para o início do processo, foi utilizado a metodologia *Business Model Canvas* (OSTERWALDER, 2004), ou simplesmente, *Canvas*. Em síntese, essa abordagem fornece um instrumento para melhor compreender, mapear e compartilhar a lógica de geração de valor ou redes formadas (AMIT, ZOTT, 2011; OSTERWALDER, 2004), especificamente, em um contexto ao qual os modelos requerem a articulação e integração de processos, sistemas de informação e pessoas.

Este tipo de ferramenta auxilia o pesquisador, a enxergar de maneira holística, a criação e entrega de valor realizado pelos diversos elementos da pesquisa modelada. ²Essa metodologia foi utilizada no processo de busca de documentos, livros, dados estatísticos, leis, teses, dissertações, e principalmente, artigos científicos, entre outros.

Para a realização da busca de artigos científicos alinhados com o tema deste estudo, foi definido o seguinte conjunto de *strings*:

- Tema 1: (“*Resíduos Sólidos Urbanos*” OR “*RSU*”);

¹ Ver em “Apêndice”: Conceitos de BPMN, *Bizagi Process Modeler* e *Canvas*

² Ver resultados da busca em “Apêndice”

- Tema 2: (“*Legislação Ambiental*”) AND (“*Política Nacional dos Resíduos Sólidos*” OR “*PNRS*” OR “*Lei 12.305/10*”);
- Tema 3: (“*Ecoinovação*” OR “*Inovação*” OR “*Tecnologia*”);
- Tema 4 (“*Indicadores Financeiros*” OR “*Finanças*”);
- Tema 5: (“*Estatística*” OR “*Monte Carlo*”).

A busca por esses termos foi realizada nos bancos de dados definidos: SciELO e Google Acadêmico, gerando assim, um portfólio bibliográfico inicial. Também foi aplicado nos artigos encontrados, os seguintes critérios de inclusão e exclusão:

- Tipo de documento definido: artigo;
- Idioma: Em qualquer;
- Área de pesquisa: economia, finanças e sustentabilidade;
- Presença das *strings* no título, resumo ou palavras-chave;
- Ano de publicação: 2000 até 2020;
- Classificação por relevância.

Quadro 1 – Resultado das buscas por artigos científicos

Tema	Resultado de busca	Resultado após o filtro
1	271.000	62.400
2	3.250	3.250
3	2.670.000	1.170.000
4	94.500	21.200
5	911.000	23.300

Fonte: Autoria própria (2021)

³Importante salientar, que esse período de 20 anos, constitui um prazo aceitável no que tange à atualização das informações e dados apresentados por essas outras pesquisas. Os temas que atendem ao propósito deste estudo, aceita trabalhos com esse período de tempo determinado.

Para a revisão bibliográfica sistemática deste estudo dissertativo, houve uma robusta variedade referências consultadas e utilizadas como fonte primária de pesquisa. A aplicação do mapeamento de processos usando o *Bizagi Modeler*,

³ Ver no “Apêndice”, os resultados da pesquisa bibliográfica, bem como, dos critérios, seleção e escolha dos artigos científicos.

facilitou a compreensão dos caminhos a serem percorridos na busca de artigos científicos aderentes aos temas propostos nesta pesquisa.

A predominância do idioma dos materiais consultados foi o português e o inglês. O primeiro, por abordar informações, dados estatísticos, assuntos de interesse, legislações e questões nacionais; o segundo, por ser um idioma universal amplamente aceito na comunidade acadêmica.

Partindo de um vasto repertório de referencial bibliográfico, a primeira fase dessa pesquisa que abarca sobre o método qualitativo está assegurado. Deste modo, fazendo uso dessa gama de materiais da literatura, pode-se avançar para a segunda etapa da pesquisa, que envolve o método quantitativo. Dessa forma, com a contribuição da revisão bibliográfica sistemática, consegue-se apresentar os resultados da pesquisa e sua colaboração com o meio científico, com a comunidade acadêmica, e a sociedade como um todo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica deste estudo dissertativo está estruturado em sete seções. Lastreada por uma criteriosa revisão bibliográfica, buscou-se desenvolver uma trilha programada que pudesse apresentar coerência entre a sequência dos temas. Por meio desta conexão, a intenção foi estabelecer um alicerce que pudesse apoiar as discussões, com o intuito de maximizar o caráter científico da pesquisa.

O capítulo está dividido em cinco seções. A seção 2.1 fala sobre os resíduos sólidos – conceito, classificação, caracterização e problemática. A seção 2.2 aborda sobre a legislação ambiental, Resoluções CONAMA, Normas Brasileiras e Decretos e considerações sobre a legislação ambiental. A seção 2.3 destrincha sobre a Lei Federal nº 12.305/10 – Política Nacional dos Resíduos Sólidos, e também, a sua ordem de prioridade, atribuições municipais e obrigações institucionais e planos de resíduos sólidos.

A seção 2.4 pormenoriza a questão da geração de RSU, trazendo os panoramas, e a destinação final, as considerações. A seção 2.5 discute a contextualização dos pequenos municípios, bem como, relata a problemática que esses possuem em relação a gestão adequada dos RSU.

A seção 2.6 conceitua aecoinovação e a economia circular, mostrando que podem ser fundamentais para equacionar o problema gerado pela produção desenfreada de resíduos e ser um canal de solução para amenizar a destinação inadequada dos resíduos, incentivando a valorização desses materiais por meio da circularidade. Por fim, a seção 2.8 traz determinados conceitos dos indicadores financeiros mais utilizados para avaliação da viabilidade financeira de projetos e apresenta algumas considerações sobre a simulação de Monte Carlo

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Primeiramente, é preciso compreender, de forma conceitual, o que são resíduos sólidos, a sua classificação, caracterização e a problemática, com enfoque nos RSU. Como ponto de partida da fundamentação teórica, trabalhar com esse tema

passa a se tornar imprescindível, pois a pedra angular deste estudo são os resíduos sólidos. Esta seção é uma preparação para os próximos tópicos.

2.1.1 Conceito, classificação e caracterização

Os resíduos sólidos são classificados por sua natureza física, pela sua composição química, podendo ser orgânico ou inorgânico, e pelo seu grau de risco. (EU, 2008; US-EPA, 2009; BRASIL, 2010). Ainda, avalia-se a origem (industrial, de saúde, da construção civil, urbano, comercial, mineral, agrícola entre outros) (NASCIMENTO *et al.*, 2015). Nesse escopo, os RSU que são, frequentemente conhecidos como “lixo”, podem receber destaque, seja pela quantidade gerada, quanto por sua variedade (gravimetria) e complexidade (FRACASSO *et al.*, 2017).

Pela definição da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, por meio da Norma Brasileira NBR 10.004, define os resíduos sólidos como:

“aqueles resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de 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 técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível” (ABNT, 2004, p.1).

De acordo com a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, regulamentada pelo decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010, que dispõe sobre a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil e conceitua resíduos sólidos como:

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

A PNRS trouxe uma inovação trivial. Na terminologia, a distinção do que é “lixo” e “resíduo sólido” permite uma discussão mais apurada à respeito do tema, capaz de mostrar um direcionamento que traduz em um melhor discernimento sobre os resíduos pós consumo, portanto, efetivando uma eficaz alocação do que seria a forma mais eficiente de tratamento ambientalmente adequado, visando à valoração econômica e social.

Dessa forma, essa diferenciação ajuda a fornecer um amparo legal importante para regulamentações nos estados e municípios, bem como, fundamento para trabalhos de mudança na concepção, de atitudes e hábitos pelos diversos atores social, ou seja, para a PNRS não existe lixo (MINÉU, 2017). O quadro 2 apresenta essa importante diferenciação dos conceitos.

Quadro 2 - Diferença entre lixo e resíduo sólido

Lixo	Resíduo Sólido
<ul style="list-style-type: none"> • Lixo é todo o material que uma sociedade produz e desperdiça que uma dada sociedade ou (CALDERONI, 1997). • O lixo é visto como algo que não tem mais utilidade, e que as pessoas desejam jogar fora, geralmente, vinculando à sujeira, imundície e mau cheiro (MUCELIN, BELLINI, 2008). • Lixo é o material que é produzido e descartado pela atividade humana, doméstica, social e industrial, considerando que ele não tem mais valor para o seu gerador (YOSHITAKE, 2010). • Lixo é tudo o que é descartado e que não possui valor de utilidade (AMORIM <i>et al.</i>, 2010). 	<ul style="list-style-type: none"> • Resíduos sólidos são materiais heterogêneos (recicláveis, orgânicos e inorgânicos), provenientes de toda a atividade humana e da natureza, as quais, de forma parcial, poder ser reutilizados, proporcionando proteção à saúde pública, geração de riquezas e conservação do meio ambiente (FUNASA, 2004). • Os resíduos sólidos podem ser classificados, de acordo com sua origem, como: resíduos domiciliares, industrial, agrícola, mineral, do serviço de saúde, comercial, da varrição, da prestação de serviços, entre outros, e que devem ser maximizados a sua reutilização, ou que seu destino final seja adequado no fim do seu ciclo (BRINGHENTI, 2004; FROTA <i>et al.</i>, 2015). • Segundo o “<i>Dictionary of Water and Waste Management</i>”, ratifica que a origem dos resíduos podem ser classificados em: resíduos comerciais, resíduos de construção e demolição, resíduos domésticos, resíduos de jardim, resíduos industriais, entre outros (SMITH, SCOTT, 2005). • Resíduo Sólido é passível de reaproveitamento e reciclagem (ROMANI, SEGALA, 2014).

Fonte: Aatoria própria (2021)

A geração de resíduos sólidos podem variar de acordo com a época e o lugar (HEMPE, NOGUERA, 2012). E ainda, de acordo com Calderoni (2008), fatores

econômicos, ambientais, sociais, tecnológicos, jurídicos e políticos tendem a influenciar a quantidade e o tipo de resíduos que são gerados.

Segundo Calderoni (2008), há uma carga depreciativa associada ao termo “lixo”. Isto implica em um pré conceito que as pessoas podem ser induzidas a ter, levando-as desprezar esses materiais e também, a querer se livrar deles, e esse comportamento, motiva-os a uma não reflexão sobre a forma de descarte correta. A importância desse novo conceito proposto pela PNRS traduz em conhecimento, proporcionando a interpretação do significado, a tomada de decisão e a reflexão da ação, podendo promover um repensar do significado e a reelaboração do conceito, bem como da interpretação e ações (MINÉU, 2017).

Na seara da conceituação, a PNRS dispendo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, traz a categorização dos mesmo. De acordo com o art. 13º: “Para os efeitos desta Lei, os resíduos sólidos têm a seguinte classificação”:

I - quanto à origem:

- a) Domiciliares;
- b) Limpeza urbana;
- c) Resíduos sólidos urbanos: englobados entre domiciliares e limpeza urbana
- d) Comerciais;
- e) Industriais;
- f) Institucionais;
- g) Serviços públicos;
- h) Construção civil e demolição;
- i) Saúde;
- j) Mineração;
- l) Agrícola (TCHOBANOGLIOUS, KREITH, 2002).

Segundo Monteiro (2001), a origem é considerada o principal componente para a caracterização dos resíduos sólidos. Sob essa premissa, podem ser elencados, àqueles que contribuem na geração de RSU, como: i) doméstico ou residencial; ii) comercial; iii) público; iv) domiciliar especial.

Esses critérios são relevantes, pois direciona para o fortalecimento das análises quanto a viabilidade financeira e técnica de um resíduo sólido quanto a sua

reutilização ou reciclagem. Se houver viabilidade, então esse passivo ambiental deverá ter como destinação final sua reutilização ou reciclagem, caso contrário, esse mesmo resíduo será considerado rejeito e deverá ter como disposição final os aterros sanitários, ou outras formas de aterros legais (CNM, 2015).

A diferenciação desses termos permite demonstrar quais as obrigações inerentes aos gestores públicos devem saber. Na PNRS, há a definição de que, somente os rejeitos, poderão ser dispostos em aterros sanitários. Mas o que são rejeitos? De acordo com o art. 3º da Lei 12.305/2010, inciso XV, são considerados rejeitos:

“Os resíduos sólidos 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”.

E na visão de Romani, Segala (2014), o rejeito refere-se à parcela de resíduo que será encaminhada para disposição final ambientalmente adequada após o vencimento de todas as etapas de reaproveitamento, reutilização e reciclagem. Outra categoria de resíduos são os orgânicos e recicláveis.

A PNRS não esclarece o que são “resíduos orgânicos”. Contudo, de acordo com Zago, Barros (2019), por convenção mundial, deve-se estimular e valorizar a fração orgânica (origem vegetal e animal), assim como, os resíduos recicláveis – considerados secos, e que são reconhecidos e aceitos no mercado (plásticos, metais, papeis, vidros, entre outros) por meio de tecnologias como compostagem e aproveitamento energético. Ao elaborarem seus Planos de Resíduos Sólidos, estados e municípios deverão estar sintonizados nos preceitos da PNRS (ZAGO, BARROS, 2019).

Em relação à classificação dos resíduos, considera-se as suas características físicas, origem e potencialidade de causar riscos ao meio ambiente e a saúde pública (LIMA, CATAPRETA, 2008). A ABNT (2004), por meio da NBR 10.004, define em três classes, conforme quadro 3.

Quadro 3 - Classes de resíduos

Classe I – Perigosos	São os resíduos que apresentam periculosidade ou pelo menos uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.
Classe II – Não perigosos	São os resíduos não perigosos e que não se enquadram na classificação de resíduos classe I e são divididos em: Resíduos classe II A - Não Inertes e classe II B - Inertes.
Classe II A – Não Inertes	Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – Perigosos - ou de resíduos classe II B – Inertes. Os resíduos Classe II A – Não Inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
Classe II B – Inertes	Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa [...] e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente [...] não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor [...].

Fonte: ABNT (2004)

Os resíduos sólidos possuem diversas composições, denominações, naturezas e origens diferenciadas (JACOBI, BESEN, 2011). E por essa heterogeneidade, há legislação específica para a gestão diversos tipos de resíduos, especialmente, naquele que se refere à forma de tratamento e destinação final adequada (JACOBI, 2006).

Esse é o dever do poder público, a responsabilidade da gestão adequada dos resíduos gerados no próprio município e a disciplina do fluxo desses passivos (JACOBI, BESEN, 2011). A partir do entendimento sobre o que são resíduos sólidos e sua classificação, o quadro 4, correlaciona as características, fontes geradoras, o responsável da sua gestão e o tipo de disposição final, destacando àqueles que refletem nos passivos ambientais urbanos.

Quadro 4- Características dos resíduos e o responsável da sua gestão

Resíduos Sólidos	Fontes Geradoras	Resíduos Produzidos	Responsável	Tratamento e Disposição Final
Domiciliar (RSD)	Residências, Edifícios, Empresas e Escolas	Sobras de alimentos, produtos deteriorados, lixo de banheiro, embalagens de papel, vidro, metal, plástico, isopor, longa vida, pilha, eletrônicos, bateria, fraldas e outros.	Município	1- Aterro Sanitário; 2- Central de Triagem de Recicláveis; 3- Central de Compostagem; 4- Lixão.
Comercial Pequeno Gerador	Comércios, Bares, Restaurantes, Empresas	Embalagens de papel e plástico, sobras de alimentos e outros.	Município define a quantidade	1- Aterro Sanitário; 2- Central de Triagem da Coleta Seletiva; 3- Lixão.
Gerador Grande (maior volume)	Comércios, Bares, Restaurantes, Empresas	Embalagens de papel e plástico, sobras de alimentos e outros.	Gerador	1- Aterro Sanitário; 2- Central de Triagem da Coleta Seletiva; 3- Lixão.
Público	Varrição e Poda	Poeira, folhas, papeis e outros	Município	1- Aterro Sanitário; 2- Central de Compostagem; 3- Lixão

Fonte: Adaptado de Jacobi e Besen (2011)

Mediante à definição, caracterização, classificação, fontes geradoras e responsabilidades, de acordo com Roviriego (2006), é possível estabelecer seis elementos que são interligados. A partir da geração, ou seja, a origem do resíduo sólido, pode-se acondicionar esses passivos, para posterior, realizar a coleta.

Na sequência, pode ser realizado a classificação, sendo essa, determinante para a logística, definindo o destino final que esses resíduos podem ter, seja para uma estação de transbordo, transferência, ou até mesmo, enviados à fase de processamento, reutilização e recuperação, para que assim, finalmente, seja encaminhada à sua disposição final.

2.1.2 Problemática

A não caracterização dos resíduos, contribuem para uma má alocação e disposição final dos mesmos. Quando esses passivos não são destinados a um local apropriado, acarretam a diversos problemas para a sociedade. Sua disposição

inadequada causa a degradação do meio ambiente e problemas de saúde, comprometendo a qualidade de vida.

A proliferação de doenças é uma das consequências, pois os vetores se alojam no lixo, fazendo deste seu habitat (CARVALHO, 2011). Esses ali encontram um ambiente propício para crescer e se desenvolver, podendo assim disseminar doenças que podem levar a morte, como leptospirose, dengue, amebíase, peste bubônica, diarreias infecciosas, botulismo, tétano (FUNASA, 2004). O quadro 5 exemplifica os fatores determinantes implicados pela má gestão dos resíduos.

Quadro 5 - Fatores determinantes e a caracterização dos resíduos

(continua)

Fatores Determinantes	Caracterização	Autor
Ambientais	<p>Os resíduos produzidos e descartados de forma inadequada, podem contaminar o ar, as águas superficiais e subterrâneas, e naturalmente, o solo.</p> <p>Os impactos de resíduos “jogados fora”, prática comum nas cidades, geralmente, vão parar em fundos e ao redor de canais, às margens de ruas ou cursos d’água. Conseqüentemente, tendem a contaminar corpos d’água e galerias pluviais, assoreamento, enchentes, transmissão de doença dos vetores, poluição visual, mau cheiro, contaminação do meio ambiente e riscos para a saúde humana.</p> <p>A lixiviação, percolação, arrastamento, solução, entre outros fenômenos naturais acontecem em decorrência da poluição das águas. Partículas emitidas para a atmosfera e efluentes gasosos são responsáveis pela poluição do ar.</p>	<p>MIRANDA, (1995); MUCELIM, BELLINI (2008); SIQUEIRA, MORAES, (2008); ARANTES, (2010); JACOBI, BESEN (2011).</p>
Saúde Pública	<p>A gestão inadequada dos RSU, dentro das políticas públicas municipais, vai além de ser apenas uma questão ambiental. É imperioso que deva ser tratada, conjuntamente, como um problema de saúde pública.</p> <p>O habitat perfeito para os vetores são os locais onde os resíduos sólidos estão descartados inadequadamente. Nessas condições, se proliferam, e podem ser fonte de transmissão de doenças.</p> <p>A disposição inadequada dos RSU e a falta do seu tratamento adequado resultam em riscos à saúde pública, na proliferação de doenças, pela ação dos vetores: moscas, baratas, ratos, pulgas, mosquitos.</p>	<p>SISINNO (2003); SIQUEIRA, MORAES, (2008); SILVA, LIPORONE (2011)</p>
Territorial	<p>Um aumento na geração dos RSU podem provocar um outro efeito deletério nos municípios: a segregação socioespacial urbana.</p> <p>As áreas menos nobres, as que têm menor preço de mercado, podem ser objeto de depósito de lixo e, portanto, de problemas.</p> <p>Fator de perecimento das condições de vida das minorias excluídas, imensamente desprotegidas e negligenciadas quanto às mazelas da coabitação com os resíduos</p>	<p>RODRIGUES (1998); WALDMAN (2010).</p>

(concluído)

Fatores Determinantes	Caracterização	Autor
Econômicos	<p>Os municípios são responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos sólidos, entretanto, essa responsabilidade pode gerar sérios problemas devido à falta de recursos financeiros e materiais para gerenciar os RSU.</p> <p>Por insuficiência de recursos financeiros, técnicos e operacionais, os municípios enfrentam uma série de dificuldades para operar o sistema de forma direta.</p> <p>O volume de resíduos gerados chegou a um patamar de insustentabilidade, devido a sua variedade, aumento na geração, destinação final incorreta e falta de tratamento.</p>	PUGA, CASTRO (2018); PERALTA, ANTONELLO (2015)
Sociais	<p>Pessoas de baixa renda que utilizam dos resíduos sólidos como fonte de sustento próprio ou familiar, são obrigadas a conviver de maneira quase sub-humana, pois estão suscetíveis à doenças, aos riscos e perigos (humanos, de animais, dos próprios resíduos – materiais cortantes, seringas, entre outros, e de contaminação) já que não há, praticamente, nenhum tipo de proteção, e isto, certamente, poderá contribuir para o agravamento de suas vidas</p> <p>No âmbito social, existem pessoas que sobrevivem da utilização do lixo. O lixo, quando é jogado a céu aberto, atrai populações de baixa renda, que por meio da captação de materiais recicláveis buscam obter alguma remuneração. Esse tipo de trabalho torna-se um problema para a sociedade, pois os catadores estão inseridos em um ambiente propício à disseminação de doenças e que apresenta condições sub-humanas de trabalho.</p>	CALDERONI, (1997); CAVALCANTE, FRANCO, (2007)

Fonte: Autoria própria (2021)

A dificuldade da quantificação dos RSU gerados per capita no Brasil, impactam, diretamente e indiretamente, que esses sejam alocados de forma correta. Com isso, contribui-se para a disposição irregular, coleta informal e insuficiência do sistema de gerenciamento dos resíduos, mediante a fragilidade de informações e dados centrais municipais, impedindo que parte dos resíduos sólidos gerados sejam coletados e contabilizados (IPEA, 2012; NASCIMENTO *et al.*, 2015).

Outro fator de contribuição da problemática da dificuldade de disposição final adequada desses passivos se reflete na quantidade de resíduos sólidos produzidos pelas populações. Esse desdobramento se relaciona com o nível de riqueza, a capacidade econômica do indivíduo, seus valores e hábitos de vida, parâmetros que são determinantes para o grau de disposição para a realização do consumo (GODECKE *et al.*, 2012). Com relação aos RSU, a partir dos volumes de geração,

associados ao nível de eficácia da gestão, pode ser observada a amplitude dos impactos ambientais e seus possíveis malefícios (GODECKE *et al.*, 2012).

2.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Nesta seção, espera-se apresentar às legislações ambientais relativas ao tema resíduos sólidos. A partir dessa etapa, inicia-se de um ponto de partida, a Portaria MINTER nº 053, de 1979, e de forma retrospectiva, expor a totalidade de legislações voltados à temática. Posteriormente, serão apresentados as Resoluções CONAMA, Normas brasileiras e Decretos específicos para os resíduos sólidos. Por mim, estabelece algumas considerações sobre as legislações ambientais brasileira

2.2.1 Uma breve retrospectiva

Anteriormente à aprovação da PNRS (Lei nº 12.305/2010), a normatização sobre os RSU se encontrava excessivamente pulverizado em diversas leis, decretos, portarias e resoluções, sobretudo, do CONAMA e ANVISA (NETO, MOREIRA, 2010). Conforme aponta Monteiro (2001, p. 20), até então, existia no Brasil:

“Uma coleção numerosa de leis, decretos, resoluções e normas que evidenciam enorme preocupação com o meio ambiente e, especificamente na questão da limpeza urbana, há ainda iniciativas do Legislativo municipal nas leis orgânicas e demais instrumentos locais”.

Com a publicação da Lei nº 6.938, que estabelece os objetivos, as ações e os instrumentos da política ambiental brasileira, um novo marco da política ambiental brasileira foi principiada, no ano de 1981 (FERREIRA, SALLES, 2016). Segundo os mesmos autores, “Esta fase é especificada pela gestão integrada dos recursos naturais, expressa pela primeira vez em uma Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) formalmente instituída”.

A Lei nº 6.938 trouxe diversas inovações. Nos aspectos institucionais, apresentou a relação entre a racionalidade e as práticas que estabelecem cada etapa entre a produção e o meio ambiente. Também foi criado o Conselho Nacional do Meio ambiente (CONAMA), propiciando a participação pública nas decisões relacionadas à

temática ambiental, e o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), para a finalidade de articular o conjunto de instituições com a função de criar uma relação entre a proteção e melhoria da qualidade ambiental nas três esferas de governo. (FERREIRA, SALLES, 2016).

Segundo Ferreira, Salles (2016), “A legislação específica inovou ao inaugurar uma nova etapa do modo de utilização e apropriação dos recursos naturais para atividade produtiva, lançando instrumentos de gestão ambiental no âmbito nacional”. E diante disso, destacam-se: o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, o zoneamento ambiental, a avaliação de impactos ambientais, e o licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras (IBAM, 2001).

Em 01 de março de 1979, a Portaria MINTER nº 053, que dispõe sobre o destino e tratamento de resíduos, foi aprovada pelo Ministério de Estado do Interior, acolhendo a proposta do Secretário do Meio Ambiente, e assim, constituiu-se a primeira legislação direcionada aos resíduos sólidos. De fato, entende-se a importância dos resíduos sólidos que são provenientes das atividades humanas, desde à produtiva como a consumidora, como o principal fator de poluição do solo, do ar e da água.

Outra vertente importante da Portaria MINTER nº 053, considera a destinação final, sanitariamente adequada e que essa, esteja de acordo com os padrões internacionais. Ressalta-se uma relevante observação: é destacado que o “lixo” (conceito outrora utilizado), de pelo menos 80% (oitenta por cento) da população urbana das cidades com mais de 20 mil habitantes, devem ser tratados e destinados de maneira correta, dentro das normas sanitárias vigentes.

Doravante, aqui há uma primeira evidência de que os pequenos municípios estão à margem dos interesses legislativos para uma proposta universal de tratamento dos resíduos. Ao passar dos anos, após a primeira legislação versar sobre o tema, pouca coisa mudou referente à cidades menores, permanecendo ausente do escopo das discussões que apresente, dentro das melhores práticas, a viabilização de soluções para destinar, de forma correta, esses passivos ambientais.

A Constituição Federal de 1988, trouxe um importante avanço referente à descentralização de competências entre as esferas de governo. Fato pertinente condiz sobre a autonomia dos municípios na gestão em determinadas matérias. Sobre o tema relacionado ao meio ambiente, observar-se no quadro 6, os arts. 23º, 30º, 196º

e 225º da CF/88, reforçando a autonomia dos municípios, a responsabilidade da gestão dos serviços públicos de interesse local e da qualidade ambiental.

Quadro 6 - Constituição Federal de 1988 e sua contribuição com as questões ambientais

⁴Constituição Federal de 1988- CF/88
<p>Art. 23. É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios:</p> <p style="text-align: center;">[...]</p> <p>VI - proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas;</p> <p>VII - preservar as florestas, a fauna e a flora;</p> <p style="text-align: center;">[...]</p>
<p>Art. 30. Compete aos Municípios:</p> <p style="text-align: center;">[...]</p> <p>V - organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, [...]</p> <p style="text-align: center;">[...]</p>
<p>Art. 196. A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação.</p>
<p>Art. 225. 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 presentes e futuras gerações.</p>

Fonte: Adaptado da Constituição Federal (1988)

O quadro 7, apresenta uma evolução das Leis Ordinárias sobre o escopo do meio ambiente, especialmente, que estão diretas ou indiretamente ligadas à gestão dos resíduos sólidos. Ao todo, foram encontradas quatro leis nessa temática, que contribuem de forma direta, sendo elas: i) Lei nº 14.026/2020, que atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico; ii) Lei nº 12.305, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos; iii) Lei nº 11.445/2007, estabelecendo as diretrizes nacionais para o saneamento básico; iv) Lei nº 6.938/1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente; e mais sete outras que colaboram, de forma indireta com o assunto.

⁴ Para consulta: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>

Quadro 7 - Leis Federais referentes ao tema dos resíduos sólidos

Lei nº	Ementa
14.026/2020	Atualiza o marco legal do saneamento básico, [...], a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, [...].
12.527/2011	Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal; altera a Lei no 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei no 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei no 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências.
⁵ 12.305/2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
12.187/2009	Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências.
11.445/2007	Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.
11.107/2005	Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências.
10.257/2001	Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.
9.795/1999	Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.
9.605/1998	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
8.666/1993	Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências.
6.938/1981	Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
6.766/1979	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, cria a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) e dá outras providências.

Fonte: A autoria própria (2021)

Nessa seara, duas Leis Ordinárias são destacadas. A primeira, refere-se à Lei nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; a segunda, é a Lei nº 12.305/10, que instituiu a PNRS, sendo esse, o arcabouço legislativo mais importante que o país promulgou sobre o tema.

⁵ Dentre os marcos de proteção ao meio ambiente no Brasil, a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, foi a primeira exclusivamente dedicada ao tema e se destaca como uma das mais importantes para a gestão de resíduos sólidos (MAIA *et al.* 2014).

2.2.2 Resoluções CONAMA, Normas Brasileiras e Decretos

O CONAMA é um órgão criado em 1982, pela Lei nº 6.938/81 - que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, com funções consultivas, e deliberativas do SISNAMA. De outra forma, o CONAMA assessora, estuda e propõe ao Governo, o direcionamento para uma melhor tomada de decisão frente às políticas governamentais para a exploração e preservação do meio ambiente, e dos recursos naturais. Ainda cabe à ele, dentro de sua competência, criar normas e resoluções que determinam padrões compatíveis com o meio ambiente equilibrado, proporcionando uma melhor qualidade de vida.

No quadro 8, apresenta-se as principais Resoluções CONAMA relacionados com à temática dos resíduos sólidos, dentro da cronologia brasileira. Ao todo foram identificadas sete Resoluções CONAMA, sendo a primeira, no ano de 1986, e a última, no ano de 2012.

Quadro 8 - A cronologia das Resoluções CONAMA sobre o tema resíduos sólidos

Resolução	Ementa
448/2012	Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA nas definições de: Aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros, área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, gerenciamento de resíduos sólidos, gestão integrada de resíduos sólidos.
420/2009	Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.
316/2002	Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Foi alterada pela Resolução 386/2006.
308/2002	Estabelece as diretrizes do Licenciamento Ambiental de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte.
275/2001	Estabelece código de cores para os diferentes tipos de resíduos
237/1997	Estabelece norma geral sobre licenciamento ambiental, competências, listas de atividades sujeitas a licenciamento, entre outros.
001/1986	Dispõe sobre definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental.

Fonte: Autoria própria (2021)

As NBR compõem um conjunto de normas e regras técnicas relacionadas a documentos, procedimentos ou processos aplicados a empresas ou determinadas situações. No quadro 9, serão informadas as Normas Técnicas Brasileiras (NBR)

referentes à questão dos resíduos sólidos, entre os anos de 1984 até 1999. Ao todo, foram identificadas oito normas durante esse período.

Uma NBR é criada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (⁶ABNT). Esta é uma entidade privada sem fins lucrativos, responsável pela normatização técnicas de diversos setores no Brasil, que abrangem desde à pesquisa acadêmica até documentos e procedimento especiais. Para tanto, a ⁷NBR, assim como outras normas, tem em sua finalidade, padronizar, organizar e qualificar a produção de documentos ou procedimentos.

Quadro 9 - As normas brasileiras voltadas para os resíduos sólidos, entre os anos de 1984 e 1999

Norma NBR	Ementa
14.283:1999	Resíduos em solos - Determinação da biodegradação pelo método respirométrico.
13.896:1997	Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.
13.894:1997	Tratamento no solo (landfarming).
12.245:1992	Armazenamento de resíduos sólidos perigosos – Procedimentos.
12.235:1992	Armazenamento de resíduos sólidos perigosos.
11.174:1990	Armazenamento de resíduos classes II - não inertes e III – inertes.
10.157:1987	Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação.
8.849:1985	Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos.

Fonte: Autoria própria (2021)

No quadro 10, destaca-se essa padronização por meio do cumprimento das normas técnicas sobre as questões dos RSU. O período informado foi de 2001 até 2008, e ao longo desses anos, seis normas foram criadas. Na somatória, entre os anos de 1984 (quadro 9) e 2008 (quadro 10), ao todo, 14 normas técnicas brasileiras foram originadas sobre à temática dos resíduos sólidos.

⁶ Para ter um melhor entendimento sobre o que é, e para que serve uma Norma Técnica; e sobre as funções da ABNT, ver: <<http://www.abnt.org.br/imprensa/releases/5698-normas-tecnicas-voce-sabe-o-que-e-e-para-que-servem>>.

⁷ De acordo com a própria instituição, a definição internacional de norma diz que é um: “documento estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece, para uso comum e repetitivo, regras, diretrizes ou características para atividades ou seus resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto”

Quadro 10 - As normas brasileiras voltadas para os resíduos sólidos, entre os anos de 2001 e 2008

Norma NBR	Ementa: 2001 - 2008
15.448-2:2008	Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis Parte 2: Biodegradação e compostagem - Requisitos e métodos de ensaio
15.051:2004	Laboratórios clínico - Gerenciamento de resíduos
10.004:2004	Resíduos Sólidos – Classificação
10.005:2004	Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos
10.006:2004	Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos.
10.007:2004	Amostragem de resíduos sólidos

Fonte: Autoria própria (2021)

De acordo com o ⁸*Interlegis* do Senado Federal, “decretos são atos administrativos da competência exclusiva do Chefe do Executivo”. Intenta-se em pormenorizar as disposições gerais e abstratas da lei, de modo expresso ou implícito. Seu amparo constitucional para o exercício dessa competência, segundo Ribeiro (2006), encontra-se no art. 84, inciso IV, da Constituição Federal de 1988, dando competência ao chefe do Poder Executivo “expedir decretos e regulamentos para fiel execução das leis”.

Aos ensinamentos de Meirelles (2013, p. 174 – 175):

“Decretos, em sentido próprio e restrito, são atos administrativos da competência exclusiva dos Chefes do Executivo, destinados a prover situações gerais ou individuais, abstratamente previstas de modo expresso, explícito ou implícito, pela legislação.”

Para ⁹Andrade (2020), os decretos são editados visando complementar a lei, em conformidade com determinação inserta expressamente. A lei estipula as regras e parâmetros amplos sobre determinado assunto, prevendo expressamente a edição de regulamento que disciplinará tais parâmetros.

⁸ Para consulta, ver: <<https://www.interlegis.leg.br/institucional/arquivo-morto/acervo-historico-do-portal/20040422153337/leis.htm#E38E15>>.

⁹ ANDRADE, A. C. G. P. **O poder regulamentar e a expedição de decreto autônomo no ordenamento jurídico brasileiro**. Conteúdo Jurídico, Brasília - DF: 21 jul 2020. Disponível em: <<https://conteudojuridico.com.br/consulta/Artigos/40123/o-poder-regulamentar-e-a-expedicao-de-decreto-autonomo-no-ordenamento-juridico-brasileiro>>. Acesso em: 21 jul. 2020.

Quadro 11 - Decretos executivos sobre resíduos sólidos

Decreto	Ementa
10.216/2020	Institui o Grupo de Trabalho Interinstitucional de Acompanhamento da Implementação do Plano Nacional de Saneamento Básico.
10.117/2019	Dispõe sobre a qualificação de projetos para ampliação da capacidade de recuperação energética de resíduos sólidos urbanos no âmbito do Programa de Parcerias de Investimentos da Presidência da República.
9.177/2017	Regulamenta o art. 33 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e complementa os art. 16 e art. 17 do Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010 e dá outras providências.
7.404/2010	Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências.
6.514/2008	Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências.
4.281/2002	Regulamenta a Lei no 9.795, de 27 de abril de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, e dá outras providências.

Fonte: Autoria própria (2021)

E dentro da temática, conforme quadro 13, a partir do ano de 1993 até 2020, foram identificados seis decretos executivos editados relacionados ao assunto RSU. O decreto 7.404/10 pode ser considerado um dos mais relevantes, uma vez que ele regulamenta a Lei Federal nº 12.305/10, que institui a PNRS.

2.2.3 Considerações sobre as legislações ambientais

Algumas considerações importantes podem ser feitas mediante aos quadros supramencionados. Após dez anos da promulgação da CF/88, foi aprovada a Lei de Crimes Ambientais, nº 9.605/1998, e seu Decreto nº 3.179/1999. Dentro do tema dos resíduos sólidos, a correlação dessa lei é grande, na medida em que a proteção à saúde pública e à qualidade ambiental muitas vezes encontra-se ameaçada pela gestão e o gerenciamento inadequados dos resíduos (ROMANI, SEGALA, 2014).

Uma outra lei importante aprovada, foi a ¹⁰Lei de Educação Ambiental, nº 9.795/1999, que dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA). Em seu art. 1º, define educação ambiental como sendo

¹⁰ De acordo com Coimbra (2000, p. 194): “educação Ambiental é um processo de efeitos socializantes; atinge os indivíduos, mas seu alvo principal são os grupos sociais, é a comunidade, com os quais pretende ‘repartir’ as preocupações e soluções para o meio ambiente”.

“os processos por meio do qual o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade”.

Com efeito, o meio ambiente é um bem de natureza social e transindividual (CAFFERATA, 2010). E a partir desse pensamento, a legislação da educação ambiental observa a necessária participação da coletividade na realização da proteção e do desenvolvimento ambiental sustentável, acentuada pelos atos de planejamento e da gestão ambiental que elevam a finalidade do sistema participativo, do conhecimento e da mobilização da coletividade (MIRALÉ, 2011).

O Estatuto das Cidades, referida pela Lei nº 10.257/2001, trouxe à garantia do direito a cidades sustentáveis, do ordenamento do plano desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade. Para isso, dentre inúmeras inovações, o art. 40 do Estatuto das Cidades definiu o “Plano Diretor” como “instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana”, regulamentando os arts. 182 e 183 da CF/1988. Os municípios com menos de 20 mil habitantes ficam dispensados de elaborar o “Plano Diretor”.

O Plano Diretor Municipal tornou-se um instrumento de planejamento e gestão de municípios, considerados, imprescindíveis. (REZENDE, ULTRAMARI, 2007). Segundo ainda Rezende, Ultramari (2007):

“Questões físico-territoriais, econômicas, financeiras, políticas, socioambientais e de gestão têm constantemente desafiado os municípios, requerendo um avanço nas técnicas de planejamento até então desenvolvidas pelo governo local”.

Diante desses desafios, compreendendo à problemática urbana, o “Plano Diretor” reúne diretrizes para o desenvolvimento municipal, bem como, a sua região de influência.

Os planos de resíduos sólidos, assim como os de saneamento básico, devem considerar as diretrizes dos planos diretores a fim de assegurar complementaridade das propostas e compatibilização das ações (ROMANI, SEGALA, 2014). E nesse

diapasão, “a administração pública municipal demanda competência e efetividade dos seus gestores que devem se atualizar e agir por meio de instrumentos técnicos, modernos e práticos de planejamento e de gestão” (REZENDE, ULTRAMARI, 2007), para equacionar os diferentes interesses que a temática apresenta.

A Política Nacional sobre a Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei Federal nº 12.187/2009, refere-se ao estabelecimento de compromisso voluntário nacional de redução de emissões de gases do efeito estufa. Dentre as fontes de emissão de gases do efeito estufa (GEE), estão os resíduos sólidos urbanos, contendo um elevado teor de carbono na sua composição orgânica.

Quando o resíduo pós consumo é produzido, e mediante à decomposição da matéria orgânica, o metano e o gás carbônico são liberados para a atmosfera, sendo considerados um poluente de grau elevado e perigoso, podendo causar explosões e mau cheiro. A partir da PNMC, o incentivo à reciclagem e o estímulo à criação de aterros sanitários com tratamento térmico dos resíduos para a produção de biogás, ajudam o Brasil à cumprir sua meta na redução da emissão desses gases.

A Resolução CONAMA nº 358/2005 aprofunda sobre a disposição final de resíduos sólidos em aterro sanitário de pequeno porte. Ela permite a destinação de resíduos domiciliares, de serviços de limpeza urbana, de serviços da saúde, de estabelecimentos comerciais, industriais e prestadores de serviços pequenos; entretanto, proíbe a destinação de resíduos perigosos em qualquer volume.

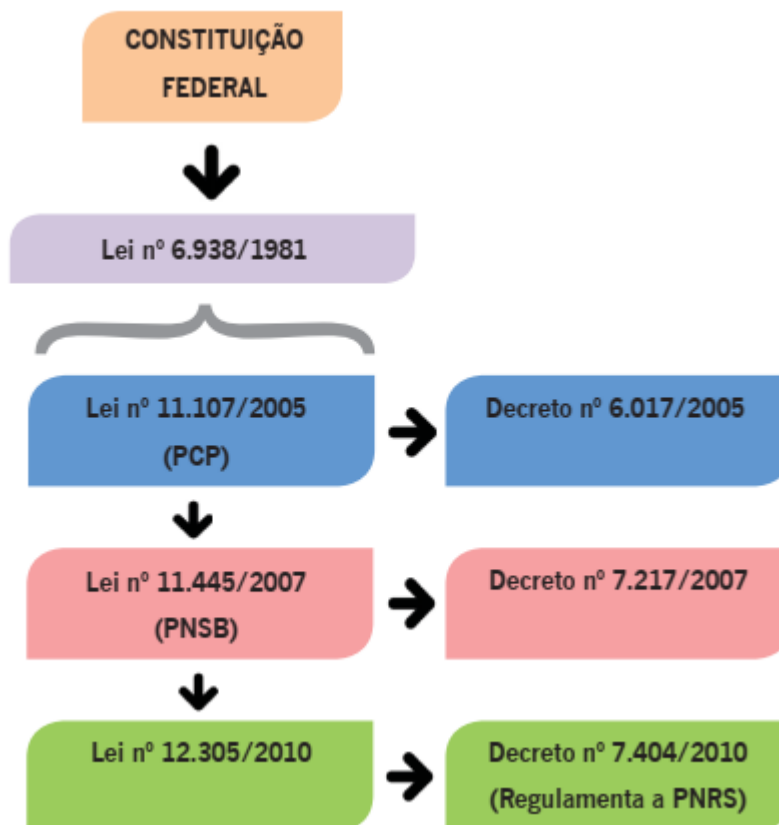
Os aterros sanitários que são considerados de pequeno porte, são aqueles com capacidade de recebimento de resíduos em até 20 toneladas por dia. Entretanto, a viabilidade financeira e econômica para um aterro sanitário, que ainda é considerado de baixo volume, tem capacidade para 100 toneladas por dia (FGV, 2015). A Resolução CONAMA nº 404/2008 dispõe sobre essa questão, e também, estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental para esse tipo de aterro sanitário.

De acordo com a FGV (2015), para os aterros sanitários de médio e grande porte, observa-se as diretrizes estaduais e elaborados os devidos estudos ambientais, conforme os impactos ambientais associados. Em relação aos aterros pequenos, os estados podem criar disposições mais restritivas.

Na área de RSU, os principais marcos legais na esfera federal, são a Lei de Consórcios Públicos (Lei nº 11.107/2005), a Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10).

Conforme figura 3, essas legislações são integradas e complementares para a gestão dos RSU dentro do âmbito federal, constituindo a base do sistema jurídico ambiental brasileiro (FGV, 2015).

Figura 3 - Tríade do Sistema Jurídico Ambiental brasileiro de RSU na esfera federal



Fonte: FADE (2014)

Embora existissem normas, decretos e Leis Federais que abordavam a temática, até 2010, não havia um instrumento legal que estabelecesse diretrizes gerais aplicáveis aos resíduos sólidos. Os estados e municípios estavam sem amparo e orientação em relação a gestão adequada desses passivos ambientais. Depois de mais de vinte anos de tramitação no Congresso Nacional, foi aprovada a Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a PNRS (PUGA, CASTRO, 2018), e que articula todos os níveis dos entes federativos, inseridos nos parâmetros de atribuição de competências estabelecidas pela Constituição Federal de 1988.

Segundo os estudos de Grisa, Capanema (2019), os serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos têm característica, predominantemente, local, atribuindo aos municípios, a responsabilidade legal do planejamento, gestão,

prestação e regulação desses serviços. Mediante à Lei Federal nº 11.445/2007, os serviços públicos de limpeza urbana pode ser delegada ou terceirizada pelo município para qualquer entidade capacitada dentro dos respectivos limites geográficos. A gestão dos RSU, em conformidade com o Poder Público, pode ser realizada nas formas descritas no quadro 12 (PPIAF, 2011).

Quadro 12 - Formas da gestão dos resíduos sólidos

<p>I. Diretamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Administração direta: todas as etapas dos serviços são executadas por órgãos da própria prefeitura. • Descentralizada: os serviços são realizados por autarquia, empresa pública ou sociedade de economia mista. • Contratação de terceiros: segundo parâmetros da Lei nº 8.666 (Lei das Licitações), de 21 de junho de 1993, por meio de contratos firmados com empresas prestadoras de serviço.
<p>II. Por terceiros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pessoa jurídica ou consórcio de empresas, com a transferência ao particular mediante concessão do serviço pelo prazo mínimo de vinte anos; • PPP- concessão patrocinada; PPP- concessão administrativa; PPP- concessão urbanística; • Permissão; • Autorização, sujeita à regulação setorial, caso não se relacione a serviço público.

Fonte: Adaptado de PPIAF (2011); FADE (2014); Grisa e Capanema (2019)

Diante desse cenário e definições, percebe-se no Brasil, uma mudança de paradigma, com a promulgação da Lei Federal nº 12.305/10, que instituiu a PNRS. E nesse relevo, ganha destaque, à importância e participação dos municípios, o que evidencia, a responsabilidade na gestão desses resíduos sólidos (DEUS *et al.*, 2015).

Essas modificações políticas são vitais, pois como parte das políticas públicas de infraestrutura municipal, a gestão dos resíduos sólidos exige planejamento, conhecimento, manutenção, estratégica, recursos e operação (ALM, 2015). No cenário de aumento da população, das demandas econômicas, ambientais e sociais, e da renda per capita, o gerenciamento dos materiais integrado ao desenvolvimento sustentável, passa a ter valor agregado e capacidade de gerar riquezas (CEMPRE, 2019). No Brasil, o investimento na gestão de resíduos sólidos é imprescindível para seu progresso e crescimento econômico (DEUS *et al.*, 2015).

2.3 LEI FEDERAL Nº 12.305/10

Concomitantemente, na seção 3, almeja-se abordar e aprofundar a compreensão sobre a PNRS. Nessa etapa, em voga do escopo e importância que esse tema tem para este estudo dissertativo, pretende-se apresentar o conceito, comparações, princípios, objetivos, ordem de prioridade, operacionalização, atribuições, obrigações, arranjos institucionais, modelo de gestão, sistema de incentivos, planos e pautas.

2.3.1 Política Nacional dos Resíduos Sólidos

A Lei Federal nº 12.305/2010 foi promulgada com intuito de regular os assuntos relativos aos resíduos sólidos, até mesmo, assuntos relacionados à destinação desses resíduos (PETRY *et al*, 2015). Aprovada em 02 de agosto 2010, e regulamentada pelo Decreto Federal nº 7.404/10, o Brasil se torna vanguarda dos países que possuem uma legislação robusta e contemporânea sobre a gestão dos resíduos sólidos, representando um marco na resposta a um dos principais desafios ambientais do País, com reflexos na qualidade de vida nas cidades.

Segundo Godoy (2013, p. 06), a PNRS é uma ferramenta que:

“Objetiva disciplinar, no seu conjunto, a questão dos resíduos sólidos. Ela estrutura todo um conjunto de andaimes sobre o qual se deve apoiar a reconstrução de todo o que diz respeito ao setor, até agora, matérias muito disseminadas na multiplicidade de entes oficiais. A PNRS está teoricamente alicerçada numa filosofia norteadora prática e coerente, a qual deverá dar as bases para o planejamento e gestão setorial que compreende, como razão de ser, a proteção do meio ambiente e seus recursos e a das comunidades, tudo dentro de um marco geossistêmico e integrado”.

A PNRS trouxe conceitos inovadores. Destaca-se a responsabilidade compartilhada dos resíduos pós consumo entre o poder público, a iniciativa privada e do cidadão, visando o aumento do ciclo de vida dos produtos. Ainda, estabeleceu um conjunto de modernos procedimentos de logística reversa, responsabilizando as indústrias a trazerem de volta, os resíduos pós consumo, com a finalidade do

reaproveitamento ou descarte ambientalmente correto (GRISA, CAPANEMA, 2019). O quadro 13, faz uma comparativo entre o antes e o depois da PNRS, trazendo à luz, as inovações e o que foi esperado frente ao desafio da gestão dos RSU.

Quadro 13 - Comparação do antes e depois (esperado) da PNRS (2010)

(continua)

	Antes	Depois
Poder Público	<ul style="list-style-type: none"> - Pouca prioridade para a questão do lixo urbano; - A maioria dos municípios destinava os desejos para lixões a céu aberto; - Pouco incentivo a uso de tecnologias ambientais limpas; - Sem aproveitamento dos resíduos orgânicos; - Coleta seletiva ineficiente e pouco expressiva; - Pouco incentivo para o PMGIRS. 	<ul style="list-style-type: none"> - Municípios devem traçar um plano para gerenciar os resíduos da melhor maneira possível, buscando a inclusão dos catadores; - Lixões passam a ser proibidos e devem ser erradicados até 2014, com a criação de aterros sanitários que sigam normas ambientais; - Mediante artigo 7º da PNRS – Parágrafo XIV, incentiva ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos incluindo a recuperação e o aproveitamento enérgico; - Municípios devem instalar a compostagem para atender a toda a população; - Prefeituras devem organizar a coleta seletiva de recicláveis para atender toda a população, fiscalizar e controlar os custos desse processos; - O PMGIRS passa a ser uma exigência para a gestão dos RSU.
Empresas	<ul style="list-style-type: none"> - Inexistência de regulação sobre investimentos privados na administração de resíduos; - Poucos incentivos financeiros; - Não há com a economia circular e logística reversa por parte das empresas; - Falta de mobilização com a reciclagem e reutilização, causando maiores desperdícios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Legislação prevê investimentos das empresas no tratamento dos resíduos; - Novos estímulos financeiros para a reciclagem; - A logística reversa e economia circular passa a ser uma responsabilidade obrigatória para as empresas; - A reciclagem estimulará a economia de matérias-primas e colaborará para a geração de renda no setor.

(concluído)

	Antes	Depois
Catadores	<ul style="list-style-type: none"> - Manejo do lixo feito por atravessadores; - Predominância da informalidade no setor; - Problemas na qualidade e quantidade de resíduos; - Catadores sem qualificação; - Catadores sem EPI e expostos à riscos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Catadores deverão se filiar a cooperativas de forma a melhorar o ambiente de trabalho, reduzir os riscos à saúde e aumentar a renda; - Cooperativas deverão estabelecer parcerias com empresas e prefeituras para realizar coleta e reciclagem; - Aumento do volume e melhora da qualidade dos dejetos que serão reaproveitados ou reciclados; - Os trabalhadores passarão por treinamentos para melhorar a produtividade; - Os trabalhadores estarão com equipamentos de proteção individual para minimizar os riscos do trabalho e dar-lhes mais segurança.
População	<ul style="list-style-type: none"> - Pouco incentivo para o consumo sustentável; - Não há incentivo para a não geração e redução da geração dos RSU; - Separação inexpressiva do lixo reciclável nas residências; - Não responsabilização da população no manejo dos RSU; - Falta de informações. 	<ul style="list-style-type: none"> - O consumo sustentável passa a ser incentivada na PNRS; - A ordem de prioridade da PNRS passa a ser a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento ambientalmente adequado dos RSU; - População separará o lixo reciclável na residência; - A questão dos RSU passa a ser de responsabilidade compartilhada, sendo que cada cidadão passa a ser responsável pelo seu lixo e o seu descarte correto; - Realização de campanhas educativas sobre o tema.

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

O principal objetivo da PNRS é a não geração, redução, reutilização, reciclagem, a destinação final ambientalmente adequada dos RSU, conforme art. 9º da Lei Federal nº 12.305. Assim, a PNRS determina que os resíduos tenham destinação final ambientalmente adequada e, com o mesmo rigor, os rejeitos sejam alocados em aterros sanitários (CEMPRE, 2013; CNM, 2015). O quadro 14 ilustra os

princípios e objetivos listados na PNRS, com o foco global na cadeia da gestão adequada dos resíduos.

Quadro 14- Princípios e Objetivos (Cap. II, Art.6 e Art. 7, Lei 12.305/10)

Princípios	Objetivos
I - Proteção da saúde Pública	I - Proteção da saúde pública
II - Poluidor-pagador e o Protetor-recebedor	II - Não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento adequado
III - Visão Sistêmica	III - Estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo
IV - Desenvolvimento Sustentável	IV - Adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas
V - Ecoeficiência	V - Redução do volume e da periculosidade
VI - Cooperação entre diferentes Esferas do governo	VI - Incentivo à indústria de reciclagem...
VII - Responsabilidade compartilhada Pelo ciclo de vida do produto	VII - Gestão integrada de resíduos sólidos
VIII - Reconhecimento do resíduo sólido Reutilizável como um bem econômico	VIII - Articulação entre diferentes esferas do setor público
IX - Respeito às diversidades locais e Regionais	IX - Capacitação técnica
X - Direito à informação	X - Regularidade, continuidade, funcionalidade...
XI - Razoabilidade e a proporcionalidade	XI - Prioridade nas aquisições e contratações governamentais para: (a) produtos reciclados e recicláveis; (b) bens, serviços e obras que considerem...
	XII - Integração dos catadores de materiais reutilizáveis
	XIII - Implementação da avaliação do ciclo de vida do produto
	XIV - Incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental empresarial
	XV - Estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável

Fonte: Vital et al. (2014)

Dessa forma, quando se fala em resíduos sólidos, deve-se pensar em destinação final ambientalmente adequada, que seja técnica e economicamente viável. Em relação aos rejeitos, a possibilidade é fazer a disposição final em aterros sanitários, ou usar de alternativas tecnológicas (CNM, 2015).

2.3.2 Ordem de Prioridade

A principal ordem de prioridade da Lei Federal nº 12.305/10, tratado nos diversos artigos e incisos nesse dispositivo, objetiva-se à não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos (ABRELPE, 2013; MMA, 2015; REIS *et al.*, 2018), como demonstrado na figura 4. E para atender essa cronologia de prioridades, o consumo sustentável¹¹ será estimulado por meio de políticas públicas, que incentivem à educação e a consciência ambiental por parte de toda à sociedade, por meio do estímulo à responsabilidade compartilhada.



Fonte: Grisa e Capanema (2019)

O Decreto nº 7.404, tem no seu artigo 35º, que regulamenta a Lei Federal nº 12.305/10 a citação referente à ordem de prioridade. Trata-se do Título IV, das Diretrizes Aplicáveis à Gestão e Gerenciamento dos Resíduos Sólidos, que diz:

Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deverá ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

¹¹ Para um melhor entendimento sobre o consumo sustentável, ver: Agenda 21 Global, Capítulo 4. Também, é possível ler à respeito no site do Ministério do Meio Ambiente, disponível em: <<https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/conceitos/consumo-sustentavel.html>>.

No quadro 15, é demonstrado a importância da ordem de prioridade destacado nos diversos artigos da PNRS. A Lei Federal nº 12.305/10 é abrangente, e engloba todas as vertentes da gestão dos resíduos sólidos. Entretanto, sua base fundamental sustenta-se na ordem de prioridade, que visa, em uma ponta, a não geração de resíduos, até a outra, referente ao tratamento ambientalmente adequado dos mesmos. E todo esse cronograma, parte do princípio do incentivo ao consumo sustentável, mais consciente, visando em uma redução na produção desses passivos.

Quadro 15 - Ordem de prioridade da Lei Federal nº 12.305/10

Ordem de Prioridade da Lei Federal nº 12.305/10	Referência na Lei, especialmente, quando refere-se à não geração e redução de RSU
São objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.	Art. 7º, II
Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.	Art. 9º
III - metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada.	Art. 15º, III
III - metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada.	Art. 17º, III
III - reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais;	Art. 30º, III

Fonte: Adaptado de PNRS (2010)

Para que a finalidade da prioridade da PNRS seja cumprida, algumas ações devem ser executadas. De acordo com Moura (2011) e Grisa, Capanema (2019), para evitar a produção de resíduos sólidos, deve-se diminuir a demanda por matérias primas; reduzir o uso de materiais não recicláveis; substituir materiais descartáveis pelos reutilizáveis; maximizar a vida útil dos materiais (garrafas de cervejas e refrigerantes, pilhas e baterias recarregáveis, (entre outros); reduzir embalagens;

minimizar a geração de lixo de jardins e o que ainda sobrar deve ser depositado em aterros sanitários que causem o mínimo impacto ambiental.

Por parte dos governos, o estímulo à conscientização ambiental é a forma mais promissora de atingir resultados mais proeminentes. Deve-se incentivar o uso de tecnologias ambientais para os tratamento ambientalmente dos RSU (GRISA, CAPANEMA, 2019). Em conjunto, necessita-se estimular a coleta seletiva e reciclagem; desburocratizar os departamentos que lidam com as questões da gestão de resíduos; dar agilidade no licenciamento ambiental; obter facilidade em linhas de créditos e financiamentos; oferecer treinamento e preparo dos seus servidores; estimular a criação de mercados locais e regionais para os produtos da economia circular; regular o imposto verde, gerar benefício fiscal ecológico para as empresas que contemplam a boa gestão dos passivos ambientais; entre outras ações.

2.3.3 Atribuições municipais e obrigações institucionais

A operacionalização da Lei nº 12.305/2010 é facilitada pela possibilidade dos municípios se associarem ou consorciarem entre si, ou até mesmo, de estabelecer parcerias com a iniciativa privada, conforme propõem as leis nº 11.079/2004 e nº 11.107/2005. De acordo com Godecke *et al.* (2012), “são muitos os exemplos dessas parcerias em diversos estados brasileiros, principalmente para a construção de aterros sanitários de uso compartilhado”.

A possibilidade da escolha entre as formas de associação, que vinham sendo discutidas para as obras de saneamento previstas na Lei nº 11.445/2007, foram ampliadas para o cumprimento dos prazos estabelecidos na Lei nº 12.305/2010 e ratificada pelo Decreto nº 7.404/2010 (GODECKE *et al.*, 2012; BRASIL, 2004; 2005; 2007). O quadro 16 demonstra as atribuições municipais frente aos desafios impostos pela PNRS sobre a gestão dos resíduos sólidos.

Quadro 16 - Atribuições municipais estabelecidas pela PNRS

Atribuições municipais estabelecidas pela PNRS (Lei nº 12.305/10)	Referência na Lei
Elaborar os Planos Municipais da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	Art. 18 e art. 55
Encerrar lixões e aterros controlados	Art. 54 e art. 36, VI
Remediar lixões e aterros controlados	Art. 19, XVIII
Implantar coleta seletiva com inclusão social	Art. 36, II, §1º
Implantar sistema de compostagem	Art. 36, V
Dispor apenas os rejeitos em aterros sanitários	Art. 54 e art. 36 VI
Articular a logística reversa	Art. 36, III

Fonte: Reis *et al.* (2018)

A PNRS estabelece diversas obrigações, convenientemente, chamado de responsabilidade compartilhada, conforme sintetizadas no quadro 17. Das ações, complementa a Política Nacional do Meio Ambiente, estabelecendo um conjunto de princípios, metas, mecanismos, critérios e atividades aplicadas pela Esfera Federal, isoladamente, ou em conjunto com Estados, Distrito Federal, Municípios ou sociedade no geral, focando no gerenciamento ambientalmente correto dos resíduos sólidos (MAIA NETO, 2011).

Quadro 17 - Obrigações Institucionais**(continua)**

Obrigações da União
<p>A Política Nacional de Resíduos Sólidos, em seu art. 15, determina que a União elaborará o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, com vigência por prazo indeterminado e horizonte de 20 (vinte) anos, a ser atualizado a cada 4 (quatro) anos.</p> <p style="text-align: center;">Diretriz</p> <p>De acordo com o plano, a Diretriz 1 é “Eliminar os lixões e aterros controlados e promover a Disposição Final Ambientalmente Adequada de Rejeitos” (CNM, 2015, p. 14).</p> <p style="text-align: center;">Estratégias da União para a Diretriz:</p> <p>Estratégia 1: aportar recursos visando a contribuir para o encerramento dos lixões e aterros controlados em todos os Municípios do território nacional;</p> <p>Estratégia 2: aportar recursos visando à elaboração de projetos (básico e executivo) e à implantação de unidades de disposição final de rejeitos (aterros sanitários);</p> <p>Estratégia 3: aportar recursos destinados à capacitação técnica de gestores das três esferas de governo;</p> <p>Estratégia 4: aportar recursos voltados para o desenvolvimento institucional, principalmente no que se refere à elaboração de planos de resíduos sólidos por parte dos demais entes federados e consórcios públicos.</p>

(concluído)

Obrigações do Estado
<ul style="list-style-type: none"> • Promover a integração da organização, do planejamento e da execução das funções públicas de interesse comum relacionadas à gestão dos resíduos sólidos nas regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões; • Controlar e fiscalizar as atividades dos geradores sujeitas a licenciamento ambiental pelo órgão estadual do Sisnama; • Estados deverá apoiar e priorizar as iniciativas dos Municípios de soluções consorciadas ou compartilhadas entre 2 (dois) ou mais Municípios.
Obrigações do Município
<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos; • Encerrar e remediar lixões e aterros controlados; • Implantar coleta seletiva com inclusão social; • Fazer compostagem; • Dispor apenas os rejeitos em aterros sanitários; • Articular a logística reversa; • Disseminar informações, educando e fiscalizando para a efetiva transformação de hábitos da sociedade.
Obrigações das Empresas
<ul style="list-style-type: none"> • Elaboração de planos de gerenciamento às responsabilidades elencadas no art. 31, que abrange: obrigações dos Entes federados, setor empresarial e sociedade; • Investimento no desenvolvimento, na fabricação e na colocação no mercado de produtos que sejam aptos, após o uso pelo consumidor, à reutilização, à reciclagem ou a outra forma de destinação ambientalmente adequada; • Investimento no desenvolvimento, na fabricação e na colocação no mercado de produtos cuja fabricação e uso gerem a menor quantidade de resíduos sólidos possível; <ul style="list-style-type: none"> • Divulgação de informações relativas às formas de evitar, reciclar e eliminar os resíduos sólidos associados a seus respectivos produtos; • Recolhimento dos produtos e dos resíduos remanescentes após o uso, assim como sua subsequente destinação final ambientalmente adequada, no caso de produtos objeto de sistema de logística reversa na forma do art. 33; • Compromisso de, quando firmados acordos ou termos de compromisso com o Município, participar das ações previstas no plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, no caso de produtos ainda não incluídos no sistema de logística reversa; • Fabricação de embalagens com materiais que propiciem a reutilização ou a reciclagem.
Obrigações da Sociedade
<ul style="list-style-type: none"> • Não jogar lixo no chão e separar os resíduos de acordo com a coleta seletiva municipal até contribuir com a não geração, redução, reutilização e reciclagem de resíduos sólidos; • A população deve contribuir e separar os resíduos recicláveis previamente, descartando-os adequadamente; • Separação especial, mais criteriosa sobre os resíduos da logística reversa; • Compostagem de resíduos orgânicos domiciliares nos domicílios.

Fonte: CMN (2015)

Segundo Baptista (2015, p. 3), a PNRS:

“[...] denuncia ser um marco no que tange à gestão eficiente dos resíduos sólidos, [...] justamente pelo fato de que a gestão [...] muitas das vezes não foi planejada por meio de planos e, na maioria dos municípios brasileiros, com a utilização de lixões sem as mínimas condições”.

A governança pública e a esfera pública promovem ações conjuntas e cooperativas entre atores da sociedade civil, do Poder Público e do setor privado (TENÓRIO *et al.*, 2008; KISSLER, HEIDEMANN, 2006). Lastreado nessa sinergia, a PNRS oferece aos municípios, os elementos normativos necessários, que em conjunto com a participação dos diversos atores sociais, podem realizar a gestão integrada dos resíduos sólidos (SILVA *et al.*, 2016).

Segundo Silva *et al.* (2016), “o modelo de gestão proposto pela PNRS, evidencia a orientação para a cooperação entre os diferentes atores envolvidos e a participação social”. O quadro 18 apresenta como se integra esses arranjos institucionais e o sistema de incentivos ao modelo de gestão preconizado pela PNRS.

Quadro 18 - Arranjos Institucionais, Modelos de Gestão e Sistema de Incentivos propostas pela PNRS

(continua)

Arranjos Institucionais	Modelos de Gestão	Sistema de Incentivos
<ul style="list-style-type: none"> - Estabelece a criação dos Planos Nacional, Estaduais e Municipais de resíduos sólidos. (Art. 15, 16 e 18); - Integra a Política Nacional do Meio Ambiente e articula-se com a Política Nacional de Educação Ambiental, com a Política Federal de Saneamento Básico, e com a Lei dos Consórcios. (Art. 5º) 	<ul style="list-style-type: none"> - Prioriza a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. (Art. 9º). 	<ul style="list-style-type: none"> - Constitui incentivos fiscais, financeiros e creditícios. Estabelece prioridade nas aquisições e contratações governamentais para produtos reciclados e recicláveis, e para bens, serviços e obras. (Art. 7º, XI); - Incentivos para os estados e municípios elaborarem seus planos como condição para obtenção de recursos financeiros federais. (Art. 16 e 18). Prioridade para Municípios que forem consorciados e que tenham adotado a coleta seletiva. (Art. 18);

(concluído)

Arranjos Institucionais	Modelos de Gestão	Sistema de Incentivos
<p>- A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios devem organizar e manter, de forma conjunta, o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), como forma de avaliação das metas no Plano. (Art. 12º);</p> <p>- Acordo setorial: firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, com abrangência nacional, regional, estadual ou municipal. (Art. 34º).</p>		<p>- Estabelece que o poder público municipal pode instituir incentivos econômicos aos consumidores que participam do sistema de coleta seletiva, na forma de lei municipal. (Art. 35);</p> <p>- Incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis. (Art. 8, inciso IV).</p>

Fonte: FADE (2014)

Para a ocorrência dessa sinergia participativa, deve-se ter, muito bem definido, quais são os arranjos institucionais envolvendo os entes público e privado. E ainda, quais são os incentivos para o cumprimento das obrigações. Importante constatar que, os entes cooperativos respondem à estímulos que devem ser muito bem definidos para que a resposta seja de forma mais imediata, e conglomerar um maior número de envolvidos possível (SILVA *et al.*, 2016).

2.3.4 Planos de resíduos sólidos

Partindo do pressuposto da transparência, da governança pública e da descentralização, a PNRS desempenha uma função moderadora ao delegar às esferas públicas, a constituição de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Com essa medida, busca-se mensurar o desempenho de toda a cadeia gerencial da limpeza urbana, tanto do ponto de vista operacional, como também, do legal, econômico, do social e do ambiental. No arcabouço dos objetivos impostos pela PNRS, pode ser destacado à que se refere aos planos de Resíduos Sólidos e suas características, conforme demonstrado no quadro 19.

Quadro 19 – Planos de resíduos sólidos

Planos	Características
Plano Nacional de Resíduos Sólidos	- elaborado pela União sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente; - vigência: prazo indeterminado; - atualização: a cada 4 (quatro) anos.
Planos Estaduais de Resíduos Sólidos	- gestão no espaço territorial de cada Estado; - vigência: prazo indeterminado; - atualização: a cada 4 (quatro) anos.
Planos Microrregionais de Resíduos Sólidos e os Planos de Resíduos Sólidos de Regiões Metropolitanas ou Aglomerações Urbanas	- elaboração e implementação pelos Estados com a participação obrigatória dos Municípios; - estabelecer soluções integradas para a coleta seletiva, a recuperação e a reciclagem, o tratamento e a destinação final dos resíduos sólidos urbanos.
Planos Intermunicipais de Resíduos Sólidos	- consórcio entre municípios para gestão dos resíduos sólidos;
Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	- atualização: concomitante com a elaboração dos planos plurianuais municipais; - pode ser inserido no plano de saneamento básico; - condição necessária para o Distrito Federal e os municípios terem acesso aos recursos da União
Planos de gerenciamento de resíduos sólidos	- ações exercidas nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada.

Fonte: Rodrigues, Menti (2016)

A gestão compartilhada e integrada de resíduos contempla a cooperação dos diferentes agentes sociais, identificando os papéis por eles desempenhados, no intuito de promover um gerenciamento mais assertivo desta política pública (KLUNDER *et al.*, 2001; BRASIL, 2010; CEZAR *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2016). A PNRS é pautada por princípios integrativos, promovendo à proatividade, sinergia, cooperação, incentivos, circularidade, autonomia, descentralização, responsabilidade e gestão compartilhada.

2.4 GERAÇÃO DE RSU E DESTINAÇÃO FINAL

Na seção 4, o foco é direcionado para à geração dos RSU e a destinação final. Nessa etapa da pesquisa, planeja-se demonstrar a relação do consumo com a geração dos resíduos. De forma cronológica, mostra-se à evolução da geração dos RSU no Brasil, dentro do horizonte temporal estabelecido. Ainda, deseja-se realizar

as considerações da destinação final. Almeja-se fazer uma comparação da destinação por unidade de destino, entretanto, nos anos mais emblemáticos, que sofreram de alguma forma, uma oscilação mais abrupta na economia, sendo eles: 2010, 2013, 2016; e foi escolhido o período de 2018 por ser o ano limite dessa pesquisa.

Para finalizar a parte 4, apresenta-se a geração total de RSU (ton/ano) pela disposição final, mas apenas no ano de 2018. E partir daí, mostra-se a relação de diferença entre o que foi gerado de RSU e àqueles que são destinados nos três tipos de modalidades para disposição final.

2.4.1 Geração de RSU: panoramas

A evolução da geração de RSU no Brasil, decorre do crescimento populacional, do processo de industrialização, da variação da renda e do consumo, da rápida urbanização e industrialização onde maior volume gerado se situam em regiões de maior desenvolvimento econômico (SINGH, SHARMA, 2002; PARO *et al.*, 2008; MELO *et al.*, 2009; MINGHUA *et al.*, 2009; GODECKE *et al.*, 2012; FADE, 2014). O consumo está interligado com a época, e relacionado às atividades econômicas e culturais (HEMPE, NOGUERA, 2012), e está diretamente conectada ao modo de vida, cultura, hábitos, trabalho, alimentação, higiene e padrões de consumos (AMORIM *et al.*, 2010), e portanto, a primeira etapa da gestão de resíduos sólidos diz respeito à sua geração (IPEA, 2012).

A gestão dos RSU constituem uma preocupação ambiental, econômica e social. O consumo de bens materiais aumentou, expressivamente, nas últimas décadas e como resultado, produziram-se mais resíduos (PARO *et al.*, 2008). Os problemas relacionados a esses passivos ambientais, na atualidade, estão ligados ao aumento na geração em proporções maiores que o crescimento populacional, à heterogeneidade de materiais descartados, e a dificuldade em encontrar áreas disponíveis para seu depósito, visto que a geração e a deposição são atividades diárias da população (RENOU *et al.*, 2008; LEME, 2009).

Os panoramas de resíduos sólidos anuais da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) mostram que a quantidade de “lixo” no Brasil cresce mais que a taxa de crescimento da população. A produção de resíduos tem se elevado, anualmente pela população brasileira, tanto em

termos nominais como per capita (ABRAMOVAY *et al.*, 2013; NASCIMENTO *et al.*, 2015). Em nível nacional, a diversidade da economia brasileira resulta em múltiplos padrões para a geração de RSU (DIAS *et al.*, 2012).

De acordo com Del Bianco *et al.* (2017), na atualidade, o volume de resíduos gerados não se sustenta, dada a sua composição gravimétrica, disposição incorreta e falta de tratamento. Os mesmos autores, ainda observam, que os processos produtivos nas mais variadas têm como característica comum, a geração de RSU.

Segundo Dias *et al.* (2012):

“O desenvolvimento econômico, a urbanização e o aumento dos padrões de consumo apontam para crescimento na quantidade e complexidade dos RSU [...], favorecendo graves problemas sanitários, principalmente nos países em desenvolvimento”.

Neste cenário, com a globalização e a integração comercial entre os países, o avanço do consumo e industrialização em localidades outrora isoladas, apontam para um aumento mundial na geração de RSU, inclusive, no Brasil (DEL BIANCO *et al.*, 2017).

Para o caso brasileiro, a geração de RSU ao longo dos anos, tem registrado considerável elevação, incrementada pela crescente migração para as cidades, resultando em uma evolução da urbanização (IPEA, 2018), aumento da população e mudança de comportamento (GODECKE *et al.*, 2012; FRACASSO *et al.*, 2017), e pelas políticas econômicas de incentivo ao consumo que incentivaram à população à consumir mais (TRUJILLO *et al.*, 2020). A tabela 1 traz os dados referente à geração de RSU entre os anos de 2009 e 2018. A partir dos números demonstrados, pode-se destacar o ano de 2010, 2013 e 2016, e as variações percentuais do período todo.

Tabela 1 - Geração de RSU (t/ano), a variação percentual e a taxa de crescimento da população no Brasil, entre os anos de 2009 e 2018

Ano	¹² Geração de RSU (t/ano)	Variação Percentual ($\Delta\%$) – ano a ano	Taxa de crescimento da população
2009	66.695.720	-	0,90%
2010	71.207.850	6,77%	1,00%
2011	72.457.610	1,76%	0,90%
2012	73.386.170	1,28%	0,90%
2013	76.387.200	4,09%	3,70%
2014	78.583.405	2,88%	2,90%
2015	79.889.010	1,66%	0,80%
2016	77.654.845	-2,80%	0,80%
2017	78.426.820	0,99%	0,75%
2018	79.069.585	0,82%	0,40%
Variação no período	18,55%	-	13,05%

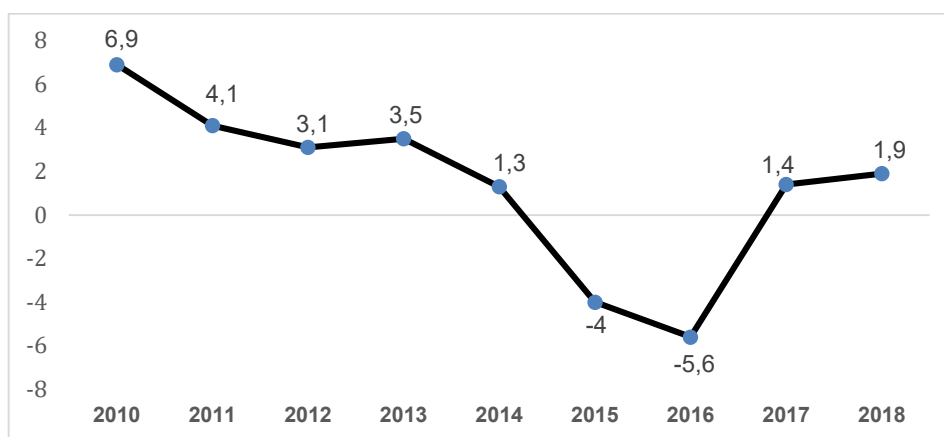
Fonte: Adaptado de ABRELPE (2009 – 2018)

O ano de 2010 foi atípico. O país experimentou um crescimento virtuoso, fomentado pelas políticas econômicas de incentivo ao consumo (HORTA, GIAMBIAGI, 2018). O padrão de renda influencia o consumo, e isso foi percebido pelas famílias que tiveram o seu poder de compra ampliado (TRUJILLO *et al.*, 2020), o que pode ter contribuído o aumento expressivo da geração de RSU.

Quando se observa o comportamento do ano de 2013, a variação percentual de expansão na geração dos RSU em comparação com 2012, foi consistente. Isso pode estar associado aos fatores econômicos que, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE (2013), houve um aumento de 2,3% da despesa do consumo das famílias.

Conforme apresentado no gráfico 1, em 2010, o consumo das famílias chegou a 6,9, e para o ano de 2013, esse índice chegou a 3,5%. Quando comparado ao ano de 2012, houve um aumento de 0.4 p.p. O ano de 2016 deve ser observado de perto. O consumo das famílias sofreu uma queda significativa de - 5,6 p.p, o que pode ter refletido na diminuição da geração total de RSU.

¹² Para os dados da Geração de RSU (toneladas/ano), foi calculado: Geração total (toneladas/dia) x 365 (dias/ano).

Gráfico 1 - Consumo das famílias, entre os anos de 2010 e 2018

Fonte: Autoria própria (2021)

Por fim, cabe ressaltar uma constatação pertinente, ao mesmo tempo, preocupante. Baseando-se nos dados da tabela 1, a geração total de RSU (t/ano) teve uma variação de 18,55% no período, em comparação com a taxa de crescimento da populacional, que foi de 13,05%, no mesmo momento observado. Para a realidade brasileira, o aumento da produção de RSU proporcionalmente maior que a taxa de elevação da população podem gerar efeitos deletérios na gestão dos resíduos. (IPEA, 2018).

Por esse resultado, pode-se constatar que, o incentivo a principal ordem de prioridade da PNRS, que é a não geração e a redução dos RSU, por meio do incentivo do consumo sustentável, não surtiu efeito na prática, ou a decorrência dessa prática foi menor do que o esperado (TRUJILLO *et al.*, 2020). Possivelmente, a pedra angular que catalisou o aumento da geração total de RSU foi a política econômica de incentivo ao consumo, que sobrepôs ao principal preceito da PNRS, demonstrando que o país foi no caminho inverso daquilo proposto na sua Lei Federal nº 12.305/10.

2.4.2 Destinação Final: considerações

A gestão municipal de RSU é um dos principais desafios de políticas públicas da atualidade (REIS *et al.*, 2018). O gerenciamento responsável e adequado dos resíduos é imprescindível para que se evite riscos para a população, e atenuar possíveis impactos econômicos, ambientais e para a saúde pública (SHARHOLY *et al.*, 2008; HOORNWEG, BHADA-TATA, 2012).

Um outro fator de preocupação são os desperdícios. À medida que a renda per capita se eleva, e padrões de consumo se modificam, *pari passu*, sem uma reeducação e conscientização, mais resíduos são produzidos e descartados, constituindo em um dos problemas mais graves da sociedade contemporânea, que estão relacionados à disposição final e ao tratamento ambientalmente adequado desses passivos (RUSSO, 2003).

Apesar dessa revolução paradigmática que o Brasil se encontra na gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos, ainda o cenário é de grandes dificuldades. Na maioria dos municípios brasileiros a disposição do lixo é feita inadequadamente (MUCELIN, BELLINI, 2008).

Para isso, a Lei nº 12.305/10 estabeleceu algumas metas quantitativas, dentre elas, a eliminação total dos lixões, prevista para agosto de 2014. Infelizmente, na realidade atual, foi não cumprida em boa parte do país (REIS *et al.*, 2018). Diante desse fato, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, conhecido como ¹³Planares, propõe novas metas que visa melhorar as regras para a gestão dos resíduos sólidos (PLANARES, 2020). No quadro 20, de forma sintética, a descrição das metas previstas.

Quadro 20 - Metas da PNRS

Meta (nº)	Descrição da Meta	Ano de atingimento da meta
1	Encerrar todos os aterros e lixões	2024
2	Acesso de 72,6% da população à coleta seletiva	Até 2040
3	Atingir a universalização da coleta de lixo	Até 2036
4	100% dos municípios tenham alguma forma de cobrança para a prestação de serviços de manejo dos resíduos	Até 2040
5	95% das cidades que tenham serviços prestados por catadores, formalizem contratos com cooperativas e associações	Até 2040
Metas Quantitativas		
i) ampliação em 10 vezes, a quantidade de reciclagem dos resíduos secos nos próximos 20 anos;		
ii) redução na geração de lixo de 1,1 kg/hab./dia para 0,6 kg/hab./ dia.		

Fonte: Adaptado de PLANARES (2020)

¹³ Previsto em lei, propõe metas para a melhoria da gestão de resíduos sólidos no Brasil, fornecendo diretrizes a serem seguidas e alcançadas com a responsabilidade compartilhada. É uma ferramenta fundamental para operacionalizar os direcionamentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), lançada há 10 anos por meio de lei. Ver em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/meio-ambiente-e-clima/2020/11/audiencia-publica-debate-plano-nacional-de-residuos-solidos>>.

Segundo Veiga (2013), as etapas da gestão dos RSU considera as etapas de coleta convencional e seletiva, transporte (transbordo), disposição final e tratamento ambientalmente adequado. Segundo Peralta, Antonello (2015), é de responsabilidade do município, dentro do seu território limítrofe, tomar as medidas que visam solucionar os problemas da gestão de resíduos, especialmente, àqueles referentes a disposição final.

Entretanto, para a CNM (2016), gerir adequadamente os RSU passou a ser um problema para a gestão pública municipal brasileira, devido aos problemas enfrentados atualmente, como a carência dos variados tipos de recursos, assim como, a dificuldade para obter recursos financeiros. Ainda, como alternativa de destinação final, os custos de implantação e operação de um aterro sanitário passa a ser incompatível com a disponibilidade de caixa da maior parte dos municípios brasileiros, especialmente, o de menor porte (PERALTA, ANTONELLO, 2015).

Os municípios brasileiros, em sua maior parte, apresentam dificuldades de geração de receitas para custear a sua gestão de RSU (CNM, 2016). Essa situação se torna mais evidente em municípios considerados de pequeno porte (PERALTA, ANTONELLO, 2015).

No Brasil, em particular, observa-se cada vez mais, a transferência para o setor privado, por meio de concessões ou de contratação de serviços (terceirização), a provisão dos diversos serviços de saneamento (FADE, 2014). Os municípios, em sua maioria, terceirizam à gestão privada, os serviços que até outrora eram realizadas pela administração pública (DEMARCO, 2018). A gestão pública municipal, por meio de contrato na forma de prestação de serviços, delegam à empresas privadas, a execução, com seus próprios recursos (equipamentos, pessoal e investimentos), as atividades como coleta de resíduos, a limpeza de logradouros, a destinação final, assim como, a possibilidade do tratamento ambientalmente dos resíduos inservíveis (FRICKE *et al.*, 2015).

Após o consumo estes materiais são encaminhados para o descarte em “lixões”, aterros controlados ou sanitários, ficando sob a responsabilidade do poder público municipal. Contudo, a disposição inadequada decorrente da produção excessiva de resíduos de consumo, os transformam em um dos principais problemas urbanos nos últimos anos (FRACASSO *et al.*, 2017).

A tabela 2 representa a Destinação Final de RSU (t/ano), por sua unidade de destino, ora representado pelo Aterro Sanitário, Aterro Controlado, e Vazadouro à Céu Aberto (popularmente conhecido como Lixão). A faixa de tempo dos dados analisados vão de 2010 até o ano de 2018 para efeitos de comparação.

Tabela 2- Destinação final de RSU (t/ano) por unidade de destino, entre os anos de 2009 e 2018, no Brasil

Ano	Destinação final de RSU (t/ano), por unidade de destino					
	Aterro Sanitário	Aterro Controlado	Vazadouro à céu aberto	Δ%- Aterro Sanitário	Δ%- Aterro Controlado	Δ%- Vazadouro
2009	33.406.260	14.037.535	11.351.865	-	-	-
2010	36.470.435	15.414.315	11.473.045	9,17%	9,81%	1,07%
2011	37.717.275	15.706.680	11.544.220	3,42%	1,90%	0,62%
2012	38.365.515	16.009.265	11.788.040	1,72%	1,93%	2,11%
2013	40.234.680	16.804.905	12.025.290	4,87%	4,97%	2,01%
2014	41.600.875	17.254.280	12.404.890	3,40%	2,67%	3,16%
2015	42.570.315	17.498.830	12.474.605	2,33%	1,42%	0,56%
2016	41.678.985	17.269.975	12.391.020	-2,09%	-1,31%	-0,67%
2017	42.267.365	16.381.565	12.909.320	1,41%	-5,14%	4,18%
2018	43.300.315	16.727.940	12.720.250	2,44%	2,11%	-1,46%
Variação (Δ%)- 2009-2018	18,73%	8,52%	10,87%			

Fonte: Adaptado de ABRELPE (2009- 2018)

Percebe-se que, ao visualizar os dados da tabela, podem ser observados algumas nuances relevantes. Referente aos anos de 2010 e 2013, os dados percentuais revelam que houve um aumento expressivo no volume de RSU destinados para aterros sanitários e aterros controlados; no entanto, para lixões, esses números se elevaram, entretanto, com menos força do que as outras unidades de disposição final.

O destaque negativo, fica para 2014. Nesse ano, todos os percentuais se elevaram, especialmente, àqueles voltados para a disposição ambientalmente incorreta. Em relação a 2017, se trata do mais controverso dos anos. Houve uma queda significativa da destinação dos RSU para aterros controlados (-5,14%); no entanto, para os lixões, teve uma acentuada elevação (4,18%), caracterizando a maior

variação percentual, tanto negativa como positiva, nas unidades de tratamento de resíduos ambientalmente incorretas.

O ano de 2016 também reserva as suas particularidades. Segundo Horta, Giambiagi (2018), tratou-se de um período de recessão econômica, e diversos indicadores foram negativos, atingindo diretamente, o consumo da família (-4,30%) e o PIB Nominal (-3,5%); e não foi diferente no quesito destinação final dos RSU, com recuo em todas as unidades de disposição.

Por fim, vale salientar a variação percentual do período, do ano de 2010 até 2018. No total de destinação final de RSU para aterro sanitário teve um acréscimo de 18,73%.

O fato de haver um maior volume destinado para aterros sanitários é positivo, e que está em conformidade com a Lei Federal nº 12.305/10 (BRASIL, 2010). Em contrapartida, de acordo com Suzuki, Gomes (2009), a implantação de mais aterros sanitários não soluciona o problema, inclusive, àqueles que são construídos e operados com recursos públicos, pode facilmente, tornar-se um novo lixão, caso a sua gestão não seja feita de forma profissional e adequada, criando um nó crítico no gerenciamento da destinação final do RSU.

Entretanto, quando olha-se para a legislação, há uma meta imposta. A PNRS determina a diminuição da quantidade de RSU destinados para aterros sanitários com o tempo, e que apenas, os resíduos inorgânicos (que não é passível de tratamento) seja de fato, aterrado, diminuindo assim, o montante de resíduos destinados para essa modalidade (BRASIL, 2010).

No entanto, pelo lado negativo, refere-se ao aumento da disposição de RSU para aterros controlados (8,52%) e lixões (10,87%). Infere-se aqui, uma reflexão pertinente, e até mesmo, preocupante, acerca do dados demonstrados.

Na tabela 8, os dados são reveladores. Enquanto na tabela 2, os dados mostraram um aumento da destinação de RSU nos três módulos de disposição final (aterro sanitário, aterro controlado, e lixão); na tabela 3, os números mostram que entre os anos de 2010 e 2018, houve um aumento no número de aterros sanitários, variando em 18,71% no período. Em relação ao aterro controlado, houve uma diminuição de 14,32%, e para o lixão, a redução foi de 9,02% na mesma época observada, o que pode ser considerado positivo.

Doravante, o que pode ser considerado preocupante, implica que ao mesmo tempo em que o número de aterros controlados e lixões reduziram no país, o montante de RSU destinado à essas unidades, elevaram-se, sensivelmente. De forma mais explícita, para efeitos de comparação, enquanto houve uma redução de 14,32% no número de aterros controlados no Brasil, a destinação de RSU para essas unidades foram de 8,52%; enquanto nos lixões, houve um aumento de depósito desses resíduos em 10,87%, com uma queda no número dos mesmo em 9,02%.

Tabela 3 - Disposição final e suas variações percentuais entre os anos de 2010 e 2018, no Brasil

Disposição Final	Brasil								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Aterro Sanitário	2.164	2.194	2.216	2.226	2.236	2.244	2.239	2.218	2.569
Aterro Controlado	1.760	1.764	1.173	1.175	1.775	1.774	1.772	1.742	1.508
Lixão	1.641	1.607	1.579	1.569	1.559	1.552	1.559	1.610	1.493
Variação Percentual ($\Delta\%$) de Aterro Sanitário: 2010 - 2018									+18,71
Variação Percentual ($\Delta\%$) de Aterro Controlado: 2010 - 2018									-14,32
Variação Percentual ($\Delta\%$) de Lixão: 2010 - 2018									-9,02

Fonte: Adaptado de ABRELPE (2010-2018)

Esses dados demonstram que mais RSU estão sendo destinados à essas unidades remanescentes de disposição ambientalmente inadequada. De acordo com Besen *et al.* (2014), esses fatores podem estar associados aos desafios diários enfrentados pelos municípios, em especial, os pequenos, para promover a limpeza pública, fiscalizar, coletar, tratar e encaminhar os RSU de forma correta para tratamento, que são de sua exclusiva responsabilidade. A disposição final adequada dos resíduos sólidos, continua, ainda, sendo uma das maiores dificuldades enfrentadas pela administração pública (GONÇALVES *et al.*, 2019).

2.4.3 Relação de diferença entre a geração de RSU e a destinação final

Percebe-se que, a produção de 79.069.585 toneladas de RSU produzidas em 2018, 72.748.505 toneladas tiveram destinação final para as três unidades de descarte (ABRELPE, 2018). Essa diferença de 8,69% (6.321.080 toneladas) entre o valor integral gerado e o destinado, deve-se ao fato de que esses resíduos foram

direcionados para outras modalidades de tratamento, como sugerido por FADE (2014): reciclagem, compostagem, incineração, tratamento térmico, entre outros.

A relação de diferença entre o valor gerado de RSU e àqueles que são destinados nas três modalidades de disposição final pode ser visualizado na tabela 4. No ano de 2010, a variação percentual foi de 12,39%, entendendo que essa quantidade de resíduos foram destinados para outras formas de tratamentos. No ano de 2018, chega a menor diferença entre as variáveis quando comparados aos anos anteriores.

Tabela 4 - Geração de RSU (t/ano), destinação final de RSU (t/ano), diferença entre geração final e destinação final de RSU, e a variação entre os anos de 2010 - 2018, no Brasil

Ano	Geração de RSU (t/ano)	Destinação Final de RSU (t/ano)	Diferença entre Geração Final e Destinação Final	Δ%
2010	71.386.170	66.162.820	7.850.055	12,39
2011	72.457.610	64.968.175	7.486.435	11,53
2012	73.386.170	66.162.820	7.223.350	10,92
2013	76.387.200	69.064.875	7.322.325	10,60
2014	78.583.405	71.260.045	7.323.360	10,28
2015	79.889.010	72.543.750	7.345.260	10,13
2016	77.654.845	71.339.980	6.314.865	8,85
2017	78.426.820	71.558.250	6.868.570	9,60
2018	79.069.585	72.748.505	6.321.080	8,69

Fonte: Adaptado de ABRELPE (2010 – 2018)

Destaca-se, nessa seara, a diminuição da relação entre geração de RSU, e a menor quantidade possível desses passivos ambientais serem descartados nas alternativas de disposição final. Percebe-se que, o descarte em opções ambientalmente inadequadas ainda é elevado (PERALTA, ANTONELLO, 2015); e não obstante, houve um aumento na forma de disposição final via aterros sanitários, que ao passar dos anos, ao invés de diminuir o volume de RSU destinado, elevou-se. Para que as metas estabelecidas pela PNRS, especialmente, frente à destinação final de RSU sejam cumpridas, o incentivo às alternativas tecnológicas se fazem urgente e necessário (FRICKE *et al.*, 2015).

2.5 PEQUENOS MUNICÍPIOS: CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMÁTICA

Na sequência, na seção 5, trata-se de um tópico que tem abordagem sobre os pequenos municípios. Nesse escopo, define-se a contextualização e a problemática. Representa-se a quantidade de municípios de até 20.000 habitantes e o total de destinação final, por unidade de disposição, em termos percentuais. Com isso, será abordado as dificuldades enfrentadas por essas municipalidades de pequeno porte para a gestão dos RSU.

2.5.1 Pequenos Municípios: contextualização

A gestão adequada dos RSU nos últimos anos, passou a ser um grande desafio de políticas públicas para os países em desenvolvimento (HENRY *et al.*, 2006; SAIKIA, NATH, 2015). No Brasil, apesar da responsabilidade ser compartilhada na gestão dos resíduos, contudo, ainda são os municípios, os principais encarregados pelo seu gerenciamento (BRASIL, 2010). Constitucionalmente, o poder público municipal para a ser obrigado a gerenciar os resíduos sólidos, desde a limpeza pública, até a coleta e destinação final (BRASIL, 2010; PETRY *et al.*, 2015).

Os RSU são um tipo de resíduo particularmente complicado de se gerenciar por se tratar de um resíduo muito heterogêneo na sua composição, variando muito de acordo com o local de produção, os hábitos e a cultura da população urbana geradora (CALDERONI, 2008). A variação na quantidade de matéria orgânica, na quantidade de umidade presente, na quantidade de materiais como o plástico, com alto poder calorífico, entre outras variações, são os maiores desafios no momento de destinar e tratar este tipo de resíduo (SANTOS, 2011).

Devido à dificuldade do gerenciamento dos RSU, muitos municípios enfrentam problemas na sua gestão (GUEDES *et al.*, 2019). Há problemas que são habituais a municípios de qualquer porte, como dificuldades financeiras, fontes de receitas e da obtenção de créditos para a viabilização dos investimentos (ABRAMOVAY *et al.*, 2013). Nos pequenos municípios, os obstáculos são agravados pelo desconhecimento da administração pública, de alternativas que poderiam ser viabilizados para a gestão dos resíduos, especialmente, a que se refere à destinação

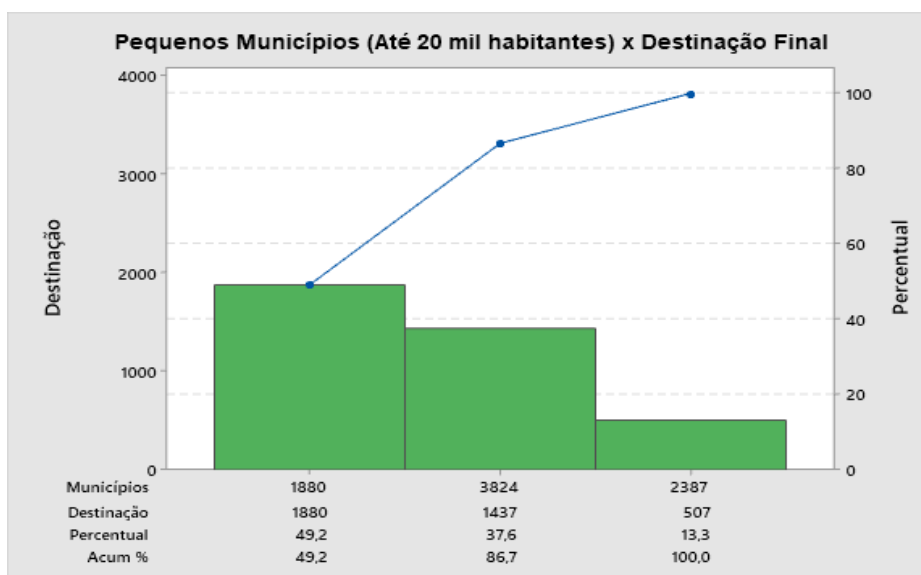
ambientalmente adequada, e pela falta de escala para a implantação de soluções que maximizem o aproveitamento econômico (FRICKE *et al.*, 2015).

Observando o panorama geral dos municípios, entende-se que o problema é ainda mais crítico nos pequenos municípios. A existência de déficits na capacidade financeira, administrativa e de capital humano nas cidades em prover infraestrutura e serviços adequados de destinação final dos RSU, somados à pouca aplicação prática corroboram que a solução desse problema está longe de ser alcançado. (FRICKE *et al.*, 2015).

Como pode ser notado na sequência, o gráfico 2 na forma de Pareto, representa a quantidade de municípios de até 20.000 habitantes e o percentual total de destinação dos RSU por unidade de disposição final. Os lixões refletem 49,2% da totalidade de destino desses passivos ambientais, um valor considerado bastante significativo.

Em relação ao aterro controlado, soma-se 13,3% do total de municipalidades que usam desse fim. Os aterros sanitários representam 37,6% do total de destinação de RSU dessas cidades.

Gráfico 2 – Pequenos municípios no Brasil x destinação final em 2018



Fonte: Adaptado de SEEG (2018)

A tabela 5 apresenta os dados estratificados em faixa populacional, se os municípios possuem o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGRIS) e

fragmenta a disposição final dos RSU em unidades de categoria. Para análise numérica, o foco será na primeira linha de habitantes (até 20.000 habitantes).

Tabela 5- Faixa populacional, PGIRS e disposição final no Brasil, em 2018

Faixa Populacional (Habitantes)	O Município Possui PGIRS?		Total	Disposição Final (Onde é depositada a maior parcela dos RSU coletados)		
	Não	Sim		Aterros Sanitários	Aterros Controlados	Lixões
¹⁴ Até 20.000	2.223	1.601	3.824	1.437	507	1.880
De 20.001 a 100.000	833	559	1.442	570	122	770
De 100.001 a 500.000	119	144	263	193	20	50
Acima de 500.001	20	21	41	35	4	2
Brasil	3.195	2.325	5.570	2.235	653	2.702

Fonte: SEEG (2018)

Ao observar as informações da tabela 5, pode-se compreender que, há uma relação entre o elevado número de municipalidades que destinam de forma inadequada os seus RSU e de não possuírem o PGIRS. Com isso, é natural perceber, a soma impactante da destinação final de RSU para lixões e aterros controlados, estabelecendo um total de 2.387 cidades. É válido notar uma tendência, pois dos 2.387 municípios que destinam seus passivos ambientais de forma inadequada com o número de municípios que não possuem PGIRS (2.223), indica uma pequena diferença, na casa de 7,37%, indicando uma premissa de relação entre as causas.

O envio dos RSU para os aterros sanitários significam um total de 1.437 municípios (até 20 mil habitantes). O que a tabela não informa, é forma da destinação desses RSU, ou seja, trata-se de aterro sanitário no próprio município, ou de envio desses passivos ambientais para uma outra localidade que possui essa unidade. De acordo com Maiello *et al.* (2018), a gestão de resíduos sólidos e sua destinação final adequada estão interligadas também, com a expansão do espaço urbano, das condições financeiras, técnicas, operacionais, e muitos municípios encontram

¹⁴ Destaque realizado pelo autor.

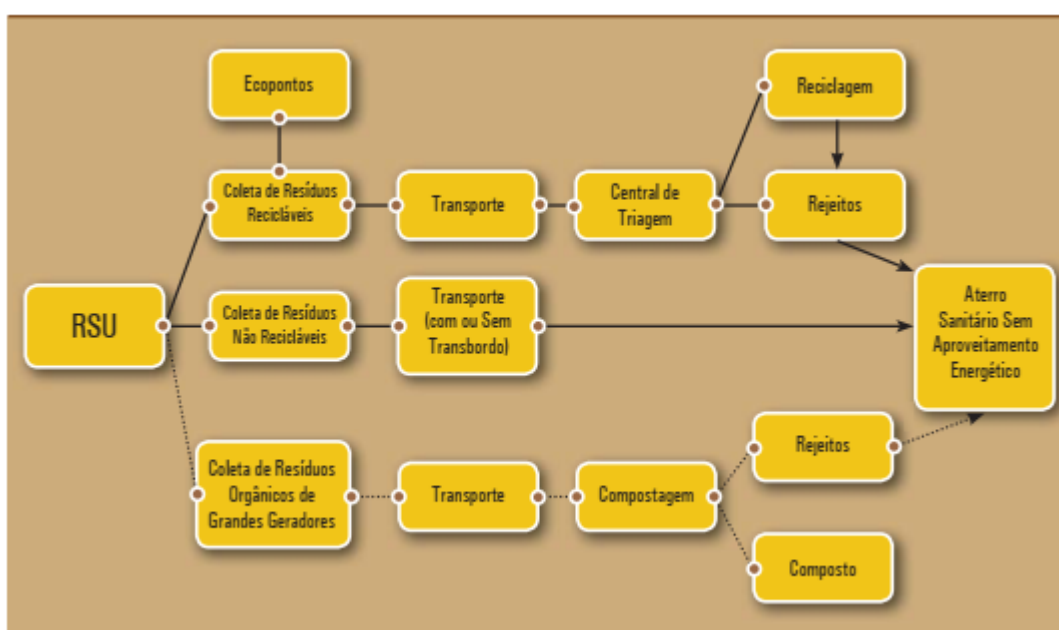
dificuldades quase insolúveis para enfrentar, de forma isolada, a prestação adequada dos serviços de manejo dos RSU.

Para efeito didático, ampliando o foco nessa parte específica, de forma reflexiva, a maioria dos municípios (3.355 municípios), descartam, inadequadamente, os seus resíduos sólidos. É trivial mencionar, os municípios na faixa 1 (até 20.000 habitantes) e faixa 2 (de 20.001 – 100.000 habitantes) como os mais problemáticos.

Conforme dados da tabela 5, a maioria dos municípios, especialmente, os pequenos, encontram dificuldades em capital humano qualificado (técnico) e financeiro para o bom desenvolvimento de um planejamento que possa gerir o manejo de resíduos sólidos (GONÇALVES *et al.*, 2019). Para isso, essas cidades menores buscam alternativas para à viabilização do gerenciamento desses resíduos, com o menor impacto possível, seja nas finanças (caixa) do município, ou até mesmo, no aspecto ambiental (BESEN *et al.*, 2009).

Para isso, surge a necessidade de busca de soluções tecnológicas para contribuir junto ao município, no manejo adequado dos resíduos sólidos. É nessa situação, que a rota tecnológica pode ser uma alternativa interessante e viável, pois se tratam de um conjunto de tecnologias, processos, fluxos e transição dos resíduos, desde à sua etapa geradora, até a sua disposição final (PROTEGEER, 2019). A figura 5 apresenta o modelo de rota tecnológica para pequenos municípios.

Figura 5 – Rota tecnológica para municípios pequenos



Fonte: FADE (2014)

Para a rota tecnológica nos municípios de pequeno porte, o fluxo é limitado. Sua composição é feita pela coleta domiciliar dos resíduos, reciclagem dos recicláveis, transporte e disposição dos resíduos não recicláveis em aterros sanitários. Contudo, segundo Puga, Castro (2018), tradicionalmente, em pequenas cidades, a gestão do RSU vem sendo realizada pela Administração Municipal Direta.

O arranjo institucional indicado para estes municípios é simplificado. Ela pode ser restrita a um único município, ou a uma associação, bem como, consórcio de municípios, com a responsabilidade de articulação com todos os órgãos licenciadores e fiscalizadores, assim como, lidar com as condicionantes da implantação e empreendimentos referentes ao manejo adequado dos resíduos (PROTEGEER, 2019).

A partir desse arranjo, municípios com melhores condições econômicas, têm condições de avaliar outras possibilidades a serem inseridas na rota tecnológica. Será possível, por exemplo, considerar a viabilização de um projeto para a coleta seletiva de resíduos orgânicos de grandes geradores, e com isso, gerar compostos como adubos e fertilizantes (PROTEGEER, 2019). Podem, em conjunto implementar unidades que aproveitem resíduos que possuem elevado poder calorífico para produção de outros subprodutos (FRICKE *et al.*, 2015).

Com isso, o tratamento dos RSU é uma alternativa. Esta pode ser compreendida, de acordo com FADE (2014, p. 46), como:

“Uma série de procedimentos físicos, químicos e biológicos que têm por objetivo diminuir a carga poluidora no meio ambiente, reduzir os impactos sanitários negativos do homem e o beneficiamento econômico do resíduo”.

Para pequenos municípios, pode-se implementar a triagem e reciclagem, compostagem, e a produção do CDR, e por fim, a própria usina da biomadeira.

Após a coleta dos resíduos, os materiais recuperados secos, considerados como recicláveis, são transportados para as unidades ou centrais de triagem (cooperativas). Nesse momento, naturalmente, ocorrerá a separação dos materiais, enfardamento, lavagem e moagem de resíduos plásticos, acondicionamento e em alguns casos, trituração de outros resíduos com a finalidade da comercialização (FADE, 2014).

Esta é uma etapa intermediária da cadeia produtiva. Ela está entre a coleta (seletiva) e a reciclagem, pois são fornecedoras de materiais segregados, limpos, beneficiados e com bom valor agregado, beneficiando como um todo, a economia circular (FADE, 2014).

Outra forma de tratamento é a composição de resíduos orgânicos. Segundo Baptista *et al.* (2019), a compostagem é um processo biológico, promovendo a decomposição anaeróbica dos compostos orgânicos presentes nos RSU, com a presença do oxigênio. Para Prates *et al.* (2019), são necessárias condições propícias de temperatura, umidade e pressão para que se garanta a efetividade da compostagem, resultando assim, em um material que pode servir como adubo. E a Resolução CONAMA nº 481, de 03 de Outubro de 2017, define compostagem como:

“Processo de decomposição biológica controlada dos resíduos orgânicos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições aeróbias e termofílicas, resultando em material estabilizado, com propriedades e características completamente diferentes daqueles que lhe deram origem”.

A NBR 13591/2010 da ABNT define Usina ou Unidade de Compostagem como uma instalação dotada de pátio de compostagem e conjunto de equipamentos eletromecânicos destinados a promover e/ou auxiliar o tratamento das frações orgânicas dos resíduos domiciliares (FADE, 2014). A Resolução nº 481, foi criada com a finalidade de estabelecer critérios e procedimentos que garantam a qualidade operacional, técnica e ambiental na compostagem dos resíduos orgânicos (BAPTISTA *et al.*, 2019). A figura 6 mostra uma unidade de compostagem.

**Figura 6 - Vista superior da Unidade de Compostagem do Condado de Montgomery, Maryland
– EUA**



Fonte: FADE (2014)

De acordo com Siqueira, Assad (2015), para que haja sucesso no sistema de compostagem, é fundamental que a separação de resíduos orgânicos na fonte seja acompanhada da coleta seletiva. Outro fator que contribui para a sustentabilidade de programas de compostagem refere-se ao incentivo da adubação orgânica e sua integração ao fluxo dos sistemas agrícolas (INÁCIO, MILLER, 2009).

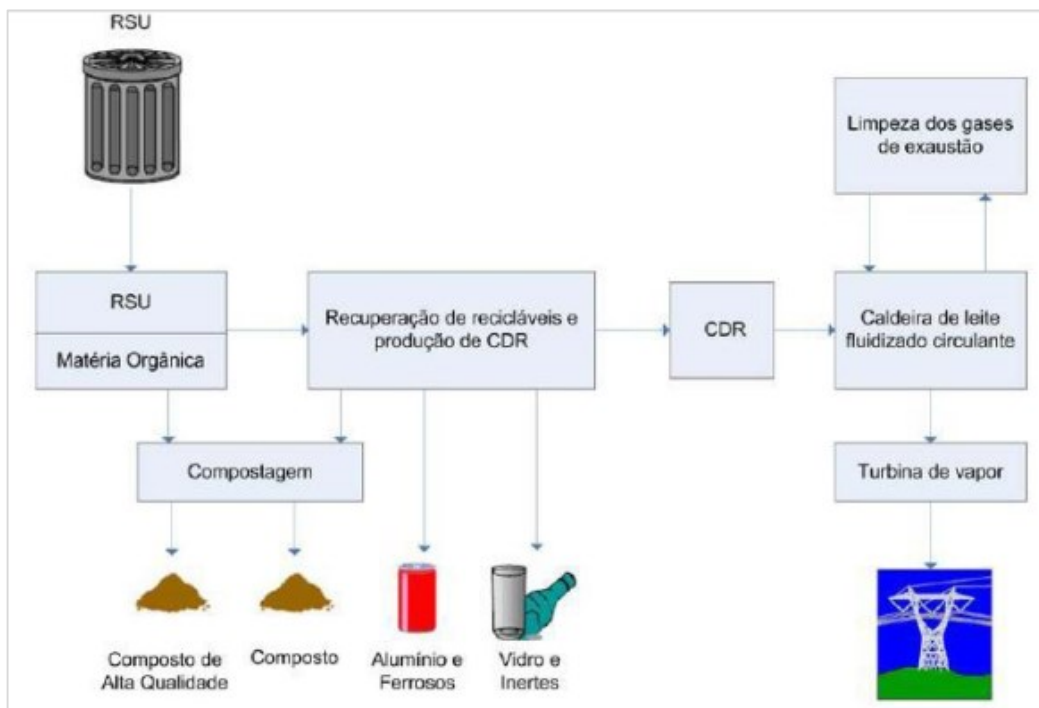
E por fim, a produção de CDR aparece como alternativa para tratamento dos resíduos em municípios pequenos. O ¹⁵CDR é produzido por trituração de RSU recuperados da coleta de resíduos para utilização como combustível e se aplica a materiais com um valor calorífico elevado (normalmente, cerca de 18 megajoules por quilograma) (FADE, 2014), e que sua utilização serve para fornos de cimenteiras, indústrias de cerâmicas, e centrais de energia elétrica.

Contudo, a qualidade do resíduo, da coleta e separação dos mesmo é fundamental. A quantidade de rejeitos gerada por este tratamento, é cerca de 20% a 80%, e está interligada com esse primeiro processo (BAPTISTA *et al.*, 2019). E ainda, deve ter composto orgânico com baixa umidade, e não possuir frações de contaminação crítica, nem substâncias orgânicas críticas, pois esses elementos

¹⁵ Para uma melhor entendimento sobre CDR, bem como, sua aplicação, ver a Resolução SIMA nº 47/2020 de 06 de agosto de 2020, da CETESB, que pode ser consultado em: “<<https://cetesb.sp.gov.br/blog/2020/08/06/resolucao-estabelece-diretrizes-para-licenciamento-de-unidades-e-atividades-que-envolvem-cdr/>>”.

geram um CDR com baixo poder calorífico e de má qualidade (FADE, 2014). Abaixo, segue a figura 7 sobre o esquema de produção de CDR.

Figura 7 - Esquema de Produção de CDR



Fonte: PROTEGEER (2019)

As principais etapas de produção do CDR são as seguintes, de acordo com FADE (2014, p. 59):

“1. Remoção dos componentes indesejados dos resíduos, no momento da coleta ou imediatamente após, nos centros de triagem; 2. Trituração, para a otimização das fases sucessivas, conforme a instalação de combustão para a qual o CDR se destina; 3. Secagem para evitar possíveis processos de fermentação e para melhorar o poder calorífico do CDR; 4. Refino, para qualquer nova redução de frações indesejáveis; 5. Peletização, para aumentar a densidade de energia como uma função do transporte ou armazenamento”.

As etapas (1 a 3) são mandatórias na produção. As últimas etapas (4 e 5) são opcionais e dependem da qualidade final desejável para o produto, das condições de armazenagem, e como será realizado o transporte (FADE, 2014). O processo adotado está em convergência com o que é estabelecido pela PNRS (BRASIL, 2010), onde se

atribuem valores em termos de energia aos materiais que estão inseridos nesses resíduos, com a finalidade de serem aproveitados antes de sua disposição final, que neste caso, serão apenas os rejeitos (BARROS, 2012).

2.5.2 Pequenos Municípios: problemática

A Lei nº 10.257/2001, denominada Estatuto das Cidades, que foi assinado em 2001, obriga cidades com mais de 20 mil habitantes a fazer Planos Diretores para gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2001). A motivação desta obrigação foi estimular pequenas cidades a implantarem aterros sanitários, já que o crescimento na implantação deste tipo de instalação, o destino final mais seguro para os resíduos sólidos, se deu exclusivamente em algumas grandes cidades – onde o volume de lixo por habitante é mais alto (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Além disso, segundo o CONAMA (2002), existe uma dificuldade adicional por parte dos municípios de pequeno porte em implementar sistemas de disposição final de resíduos sólidos: o Licenciamento Ambiental que é emitido por órgãos competentes. Na resolução nº 308 de 21 de março de 2002, este estabelece os critérios de licenciamento ambiental para instalação de aterros sanitários, seleção de área e recuperação de áreas degradadas (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Dessa forma, compreende-se que o problema do custo de implantação de aterros sanitários é uma das principais restrições a empreendimentos desse tipo, especialmente em municípios pequenos.

Um município, isoladamente, pode não ser capaz de cumprir todas as metas definidas pela legislação, como, por exemplo, a construção de aterro sanitário para a destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos (OLIVEIRA, GALVÃO JUNIOR, 2014). E no caso dos municípios menores, podem implicar em dificuldades financeiras e institucionais (PUGA, CASTRO, 2018).

Eles podem terceirizar, parcial, ou integralmente, a prestação de serviços – exceto, fiscalização (PERALTA, ANTONELLO, 2015) ou promover a gestão compartilhada, como a formação de consórcios intermunicipais (MAIELLO *et al.*, 2018). Doravante, é de fundamental importância, criar mecanismos, formas, instrumentos e tecnologias para otimizar a capacidade de coleta, tratamento,

aproveitamento e disposição final destes resíduos sólidos urbanos (DEL BIANCO *et al.*, 2017).

Os serviços de manejo dos resíduos sólidos compreendem a coleta, a limpeza pública e a disposição final desses passivos ambientais, e exercem uma forte influência no orçamento das administrações municipais, podendo compreender de cinco a quinze por cento dos gastos da municipalidade (BRANDÃO, SILVA, 2011). Essa fatia do orçamento é mais comprometida quanto menor for o município (CEPIS, 2005). Já municípios de até 20.000 habitantes, gastam em média 2,7% em relação às suas despesas correntes em gerenciamento dos RSU (SONTAG *et al.*, 2015).

É fator notório que, os custos operacionais de um aterro sanitário, é uma causa relevante para a inviabilização da sua implementação nos municípios, especialmente, nos pequenos (SONTAG *et al.*, 2015). O estudo de Brandão, Silva (2011), apresenta um resultado preocupante sobre o impacto da disposição de resíduos sólidos em aterros em função do PIB Municipal.

Nessa pesquisa, caso o município opte por uma solução individualizada, isto é, descartando a possibilidade de um consórcio público intermunicipal, o impacto médio dos custos do aterro sanitário sobre o PIB municipal é de pouco mais de 6%. O custo máximo de um aterro sanitário chega a 23% do PIB municipal.

Os municípios que utilizam até 12% do seu PIB com o tratamento dos resíduos sólidos em aterro sanitário, devem ser considerados como parcialmente viáveis. Àqueles que gastam mais de 12% do seu PIB devem ser considerados como pouco viáveis ou até mesmo, inviáveis, necessitando de soluções consorciadas para reduzir os custos.

Outro resultado pertinente que o estudo apresenta, é que apenas 810, ou cerca de 14% dos municípios brasileiros teriam condições de manter aterros sanitários de forma individualizada, na proporção de 12% do PIB. Com isso, para que haja viabilidade na implementação dessa solução, os municípios são compostos por capitais estaduais, pertencentes à regiões metropolitanas, ou até mesmo, sendo polo regional com mais de 40 mil habitantes.

Se, por ventura, todos os municípios optassem por possuir aterros sanitários, o impacto dessa solução representaria o consumo médio de, aproximadamente, 55% do PIB Municipal, o que classifica tal cenário como inviável. Quase 20% dos

municípios teriam de gastar mais do que arrecadam para manter seus aterros sanitários em funcionamento.

Destaca-se aqui, que os resultados consideram apenas a operação de aterros sanitários, desconsiderando, portanto, os custos de implementação, de limpeza urbana e transporte. Em síntese, a adoção de aterros individualizados é inadequada para a maior parte dos municípios, pois consome uma parcela relevante de seus orçamentos.

Outros fatores são atribuídos a dificuldade na gestão do RSU, especialmente, no que tange à destinação correta. O Índice de Sustentabilidade de Limpeza Urbana – ISLU (2019, p. 8), apresenta “quatro dimensões que fornecem uma base adequada para avaliar a situação dos municípios no que diz respeito à limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos”. Por meio da tabela 6, é demonstrado o indicador “ISLU” médio por região e faixas populacionais, derivado das variáveis: i) cobertura média do serviço; ii) reciclagem média; iii) destinação correta; iv) arrecadação específica.

Tabela 6 – ISLU médio por região e faixa populacional, no Brasil, em 2019

(continua)






ISLU 2019						
Região	Faixa populacional	Cobertura média do serviço	Reciclagem média	Destinação correta	Arrecadação específica	ISLU médio
 Norte	Acima de 250 mil	92%	0,44%	33%	44%	0,620
	Entre 100 e 250 mil	81%	0,43%	29%	36%	0,599
	Entre 50 e 100 mil	69%	0,79%	7,7%	15%	0,514
	Abaixo de 50 mil	64%	0,93%	11%	12%	0,553
 Nordeste	Acima de 250 mil	95%	1,30%	90%	60%	0,643
	Entre 100 e 250 mil	95%	0,82%	35%	25%	0,588
	Entre 50 e 100 mil	80%	0,80%	16,4%	12%	0,547
	Abaixo de 50 mil	64%	0,55%	9%	3%	0,535
 Centro-Oeste	Acima de 250 mil	99%	1,49%	67%	67%	0,660
	Entre 100 e 250 mil	96%	0,48%	55%	36%	0,642
	Entre 50 e 100 mil	90%	1,40%	55%	45%	0,637
	Abaixo de 50 mil	77%	1,83%	14%	19%	0,570

Tabela 6 – ISLU médio por região e faixa populacional, no Brasil, em 2019
(conclusão)

ISLU 2019						
Região	Faixa populacional	Cobertura média do serviço	Reciclagem média	Destinação correta	Arrecadação específica	ISLU médio
 Sudeste	Acima de 250 mil	99%	1,04%	96%	68%	0,675
	Entre 100 e 250 mil	97%	1,93%	82%	60%	0,673
	Entre 50 e 100 mil	95%	2,98%	76%	58%	0,669
	Abaixo de 50 mil	82%	4,65%	51%	41%	0,637
 Sul	Acima de 250 mil	99%	3,49%	92%	85%	0,695
	Entre 100 e 250 mil	98%	3,75%	100%	92%	0,709
	Entre 50 e 100 mil	93%	5,04%	94%	85%	0,697
	Abaixo de 50 mil	71%	8,20%	88%	78%	0,671

Fonte: ISLU (2019)

Observa-se na tabela 6, que os municípios menores, da última faixa, são os que apresentaram o “ISLU” médio menor do que as outras faixas populacionais. De acordo com o ISLU (2019), a parcela contendo a média das cidades brasileiras com menos de 50 mil habitantes apresentou, além das menores notas quando comparadas à outros extratos, o fator custos da destinação adequada é o que provocou maior impacto dentre as variáveis analisadas, portanto, confirma a necessidade de buscar soluções para a diluir esses gastos.

Contudo, outra variável que provoca impacto direto para a manutenção de atividades e serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólido nos municípios brasileiros, especialmente, nos pequenos, é a receita arrecadada (SNIS, 2019). O SNIS, conforme relatório, aponta o “indicador IN005” – autossuficiência financeira da prefeitura com o manejo de RSU – como critério de cálculo para apurar 1.662 municípios, à qual, a figura 8, apresenta o seu resultado. A faixa 1, se encontra os municípios de menor porte, àqueles entre 5 e 30 mil habitantes.

Figura 8 – Autossuficiência financeira do órgão gestor com o manejo de RSU dos municípios participantes do SNIS, segundo faixa populacional

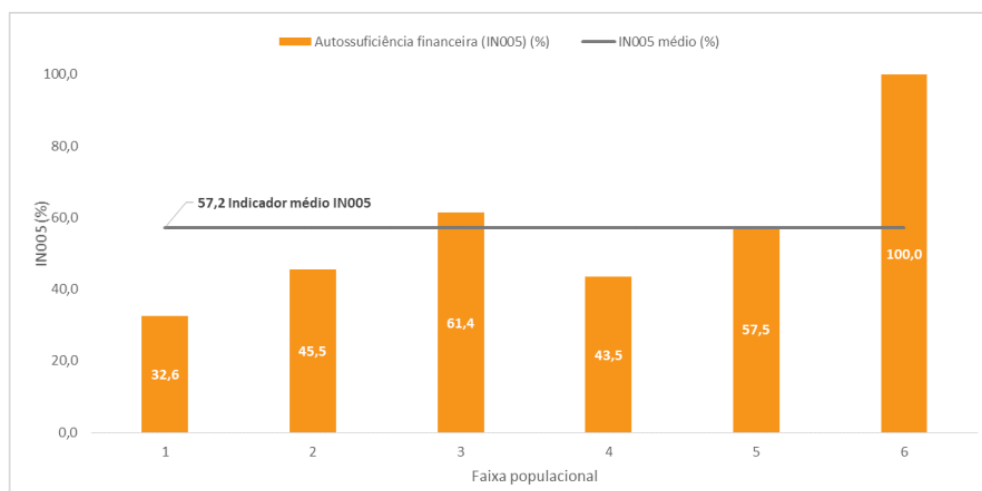
Macrorregião	Quantidade de municípios	Autossuficiência financeira (IN005) (%)
Norte	44	25,9
Nordeste	67	34,0
Sudeste	631	64,7
Sul	837	66,1
Centro-Oeste	83	31,2
Total - 2019	1.662	57,2
Total - 2018	1.504	54,3
Total - 2017	1.195	54,6

Fonte: SNIS (2019)

Os dados acima apresenta é que, conforme a maior faixa de população, maior a autossuficiência financeira do município, de acordo com os municípios avaliados (SNIS, 2019). No entanto, o maior número de municipalidades se encontram, exatamente, na primeira faixa, com o menor percentual de autonomia.

Na figura 9, demonstra que, na primeira faixa de população (entre 5 e 30 mil habitantes), verifica-se baixa autossuficiência (32,6%). Isto indica que esse valor, é um pouco mais da metade do indicador médio nacional, reforçando a menor capacidade arrecadatória desses pequenos municípios (SNIS, 2019).

Figura 9 - Autossuficiência financeira do órgão gestor com o manejo de RSU (IN005) dos municípios participantes do SNIS, segundo faixa populacional



Fonte: SNIS (2019)

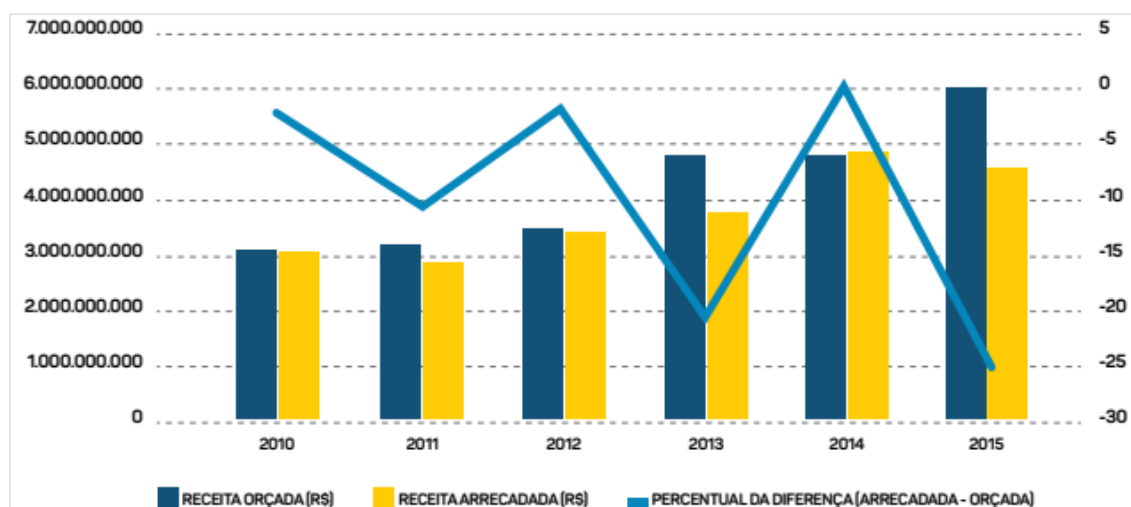
Uma das causas que podem ser atribuídas a baixa autossuficiência é a cobrança da taxa de lixo. Segundo Abramovay *et al.* (2013, p. 31), esta taxa é cobrada no Brasil junto ao imposto predial e territorial urbano (IPTU), anulando o efeito da cobrança, e que “o efeito é importante, pois deixa visível o financiamento público da coleta e não o dissolve, ao contrário do que ocorre quase sempre no caso brasileiro [...] no interior do imposto territorial, tornando-o completamente opaco”.

De acordo com o SNIS (2014), a receita arrecadada não equivale nem a metade do que é necessário para custear esses serviços, e ainda, municípios de pequenos porte são os que menos cobram por estas taxas. Segundo PLANARES (2020), “a cobrança de taxa ou tarifa pelos Municípios é indicadora da capacidade institucional para o cumprimento dos contratos firmados e empenho destes com o serviço”.

Conforme o PLANARES (2012), existe uma dificuldade ao ente público na construção de possíveis metas e ações mediante a forma como a taxa de limpeza está vinculada ao IPTU. Isso se deve ao fato dos custos serem repartidos, igualmente, entre os geradores, colocando-os no mesmo patamar de responsabilidades e obrigações, dissipando o entendimento da origem destas fontes geradoras, e com isso, a impossibilidade de redução do volume de resíduo gerado (PLANARES, 2020).

De acordo com o Planares (2020), é importante destacar a relação entre a receita orçada e a receita arrecada nos municípios que usam do mecanismo da cobrança pelos serviços de limpeza urbana. A figura 10, demonstra as receitas no país.

Figura 10 - Receita orçada e arrecadada com a cobrança de taxas e tarifas



Fonte: PLANARES (2020)

O que a figura 10 denota é que a diferença entre receita arrecadada e orçada demonstra um baixo poder de arrecadação dos municípios. Atribuem-se a esse fato, a não capacidade de poder fiscalizatório sobre os contribuintes frente as suas obrigações tributárias; e a falta de mecanismos de controles eficientes, devido à não modernização e aprimoramento desses instrumentos de controle na esfera municipal que garanta a efetividade da arrecadação (PLANARES, 2020).

2.6 ECOINOVAÇÃO E ECONOMIA CIRCULAR

A seção 6 versa sobre a ecoinovação e economia circular. Nesse tópico é desenvolvido os conceitos, reforçando a importância desse tema com a área estudada.

A ecoinovação e a economia circular são temas preparatórios para se ter uma melhor entendimento sobre a alternativa de tratamento dos RSU apresenta neste estudo. A circularidade e a inovação tecnológica com foco em sustentabilidade, inserção social, governança e geração de valor econômico são os pilares que fundamentam o projeto da usina de biomadeira.

Ainda, tem o potencial de promover a sinergia colaborativa entre todas as partes interessadas da sociedade. Com isso, pode se enquadrar nas premissas que norteiam a ecoinovação e a economia circular, de acordo com que será minuciado nesta seção.

2.6.1 Ecoinovação: um breve conceito

A inovação é mais do que nunca, uma possibilidade de elevar a competitividade de empresas e até de países. Pode-se dizer que há um movimento mundial para incentivar a inovação, e, conseqüentemente, uma procura por ações que propiciem o estímulo de novas ideias, criatividade e novos projetos. O termo inovação se apresenta como um “agente” fundamental para determinar o quão competitiva e diferencial é uma empresa, um setor econômico ou um país (PASSOS *et al.*, 2004).

A inovação provoca uma ruptura no processo pelo qual, uma organização transforma trabalho, capital, matéria-prima, informação, conhecimento, dados, em produtos ou serviços de alto valor agregado. Países que incentivam o desenvolvimento científico e tecnológico tendem a criar mais riquezas, alavancando o seu crescimento econômico e gerando uma melhor condição de vida para a população (PEREZ, 2010).

De acordo com Perez (2010), inovação é definida como um processo coletivo que envolve cada vez mais outros agentes de mudança: fornecedores, distribuidores e muitos outros, incluindo os consumidores, sendo que a tecnologia ocupa um lugar central no novo modelo de gestão, uma vez que a competição é cada vez mais global e mais baseada em vantagens dinâmicas associadas ao domínio tecnológico. Segundo Christensen (2012, p. 14), “a prosperidade só é duradoura, quando as inovações criam mercados”.

Schumpeter (1961) liderou, a partir de suas ideias sobre inovação, o debate sobre a relevância do tema para o desenvolvimento econômico. Para ele, o “innovar”, proporcionava dinamismo às atividades produtivas, e trazia, de forma implícita, a ideia de as firmas produzirem novos produtos ou os mesmos produtos, de diferentes maneiras e com combinações de recursos e fatores de produção.

Complementarmente, no mesmo caminho dessas mudanças provocadas pela inovação em um ambiente cada vez mais global, há um debate intenso e considerável a respeito do que chamam de modernização ecológica na economia (YORK, ROSA, 2003). O desafio para a inovação não depende mais apenas do potencial econômico, mas também, das mudanças sociais induzidas pela atividade inovadora e das suas conseqüências para a sustentabilidade ambiental e social (SMITH *et al.*, 2010).

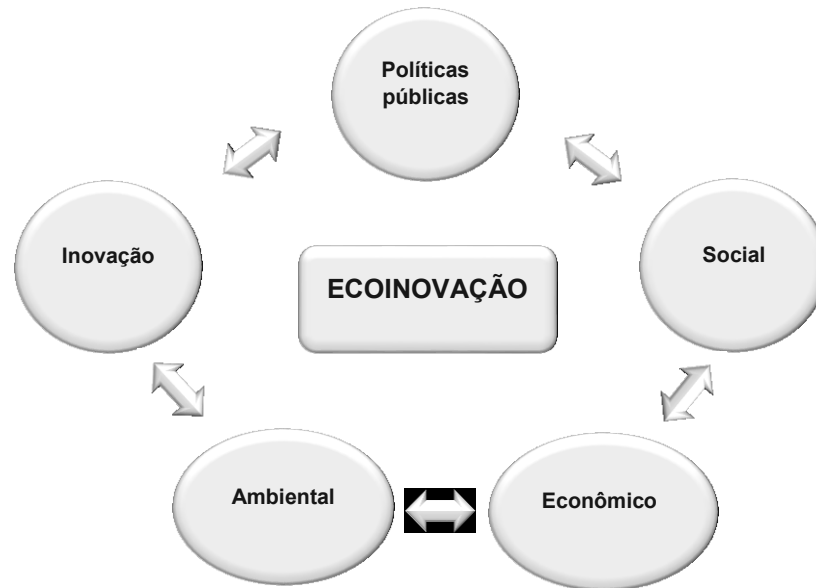
Nesse diapasão, a ecoinovação surgiu da união da Inovação e da Sustentabilidade, pela necessidade de observar nas organizações esses dois fenômenos em conjunto (VAZ *et al.*, 2017). Nesse contexto, no meio científico internacional, as inovações de caráter sustentável, passaram a ser denominadas de ecoinovações ou inovações ecológicas (REID, MIEDZINSKI, 2008; WAGNER, 2010), inovações ambientais, inovações sustentáveis ou inovações verdes (ALOISE *et al.*, 2016).

A inovação é uma condição *sine qua non* da ecoinovação, pois segundo Barbieri *et al.* (2010), ecoinovação refere-se à ecoeficiência, um conceito que resulta da interseção de três dimensões da sustentabilidade: a ambiental, econômica e social. Ainda, segundo os autores, os benefícios sustentáveis são refletidas pela introdução (produção, assimilação ou exploração) de produtos, processos produtivos, métodos de gestão, novos, ou significativamente adaptados para a organização, que resultam na implantação ou ajuste de um método integrador de melhoramentos por intermédio da inovação.

A preocupação com a conservação do meio ambiente passa a ser uma constante. Por meio do processo gerencial, estimulam-se ações para a minimização de riscos ambientais, redução da emissão de passivos poluentes e diminuição dos impactos negativos da utilização dos recursos (materiais, insumos, matérias-primas, entre outros). Para mitigar os efeitos ambientais, incentiva-se à gestão dos resíduos sólidos por meio da reciclagem, introdução de novas tecnologias e desenvolvimento de ações que visam a ecoeficiência (JACOMOSSI *et al.*, 2019).

Nesse sentido, a partir deste viés e corroborando com a abordagem de Maçaneiro, Cunha (2010), tem-se que os pilares do desenvolvimento da gestão da ecoinovação, envolve: políticas públicas, quadro regulatório, mecanismos financeiros, consciência pública, participação de *stakeholders*, e a escolha da tecnologia. A figura 11 representa a integração dos principais setores que compõem a ecoinovação.

Figura 11 - EcoInovação



Fonte: Elaborado pelo autor

A ecoinovação pode ser entendida a partir de fatores determinantes que caracterizam os seus principais aspectos. Ela abrange todas as áreas e setores de uma determinada empresa, de maneira integrada, focando no benefício ao consumidor, oferecendo melhores produtos e/ou serviços, de forma que não agrida ao meio ambiente.

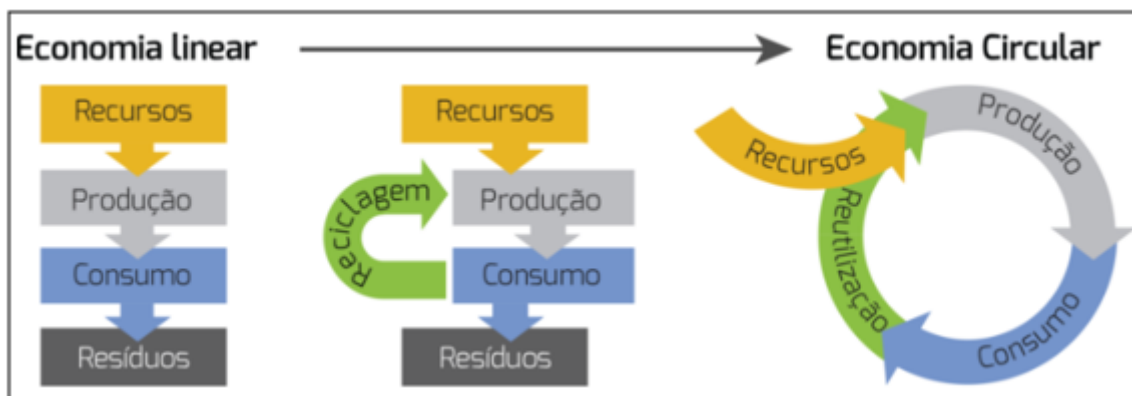
2.6.2 Economia Circular: tendência para a gestão dos resíduos

Pela importância, a ecoinovação possui variadas vertentes. A economia circular está inserida nesse conceito e método. Na seara da gestão dos resíduos sólidos, a circularidade se torna relevante para o aumento da vida útil dos recursos naturais utilizados no meio produtivo. Portanto, trata-se de uma nova tendência que visa integrar as relações entre o mercado, clientes, recursos naturais e a sociedade (WBCSD, 2017).

A economia circular está inserida em um sistema econômico amplo. Ela substitui o conceito de material inservível, em final de ciclo, pela transformação de bens, por meio da redução, reutilização inteligente, reciclagem e recuperação energética de materiais nos processos de produção, distribuição e consumo, operando em diversas escalas, com a finalidade de conquistar o desenvolvimento sustentável, o que implica na criação de qualidade ambiental, equidade social,

governança visando a prosperidade econômica, em benefício das gerações atuais e futuras (STAHEL, 2016; KIRCHHERR *et al.*, 2017). A figura 12 demonstra o modelo de transição da economia, ora considerada ¹⁶linear, para a circular.

Figura 12 - Modelo de transição da economia linear para a circular



Fonte: Portal da Circular Economy Portugal (2019)

Para Lemos (2018, p. 15), a economia circular se baseia em processos produtivos: “o que a natureza faz, há milhões de anos, em linha com a constatação do famoso químico francês, Antoine Lavoisier, para o qual, ‘na Natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma’”. De acordo com a Ellen MacArthur Foundation-EMF, (2015), são três princípios básicos para o entendimento e execução do modelo circular na economia:

1) Preservar e aumentar o capital natural. Este princípio reflete na forma de como deve se pensar os produtos e serviços. O foco está em não degradar o sistema, por meio da utilização de recursos renováveis, ajudando dessa forma, a manter e até, aumentar o capital natural. Incentiva a redução de gasto com a extração de recursos, e maximizando-os da melhor forma possível.

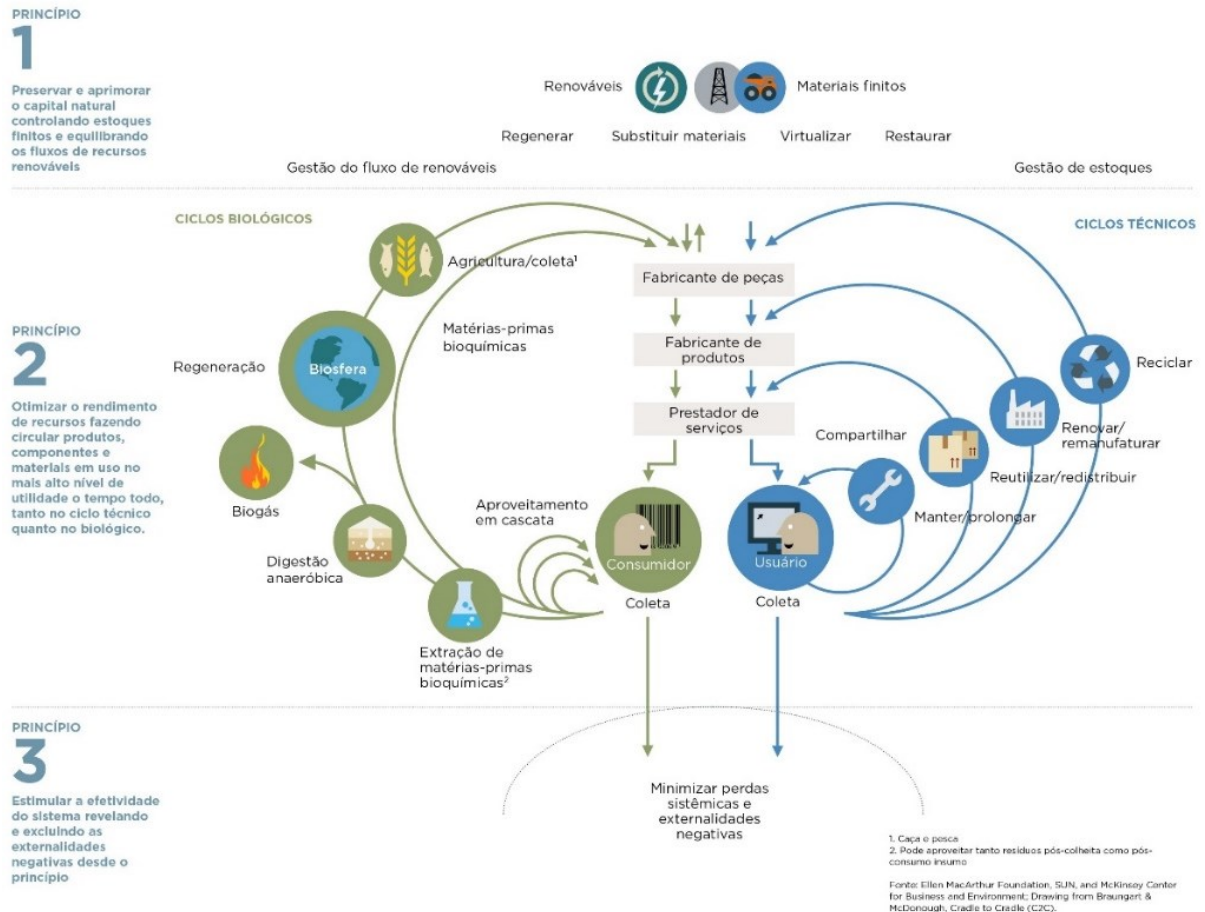
2) Otimizar a produção de recursos. Nesse item, entra o ideal da transformação dos recursos, e assim, evitar perdas. O processo produtivo é estimulado para a remanufatura, reforma e reciclagem, contendo os desperdícios, e com isso, aumentar a vida útil de peças, máquinas, e equipamentos. Essa ação visa que produtos e recursos possam circular de forma a sempre serem úteis.

¹⁶ Segundo Andrews (2015), o modelo linear mecanizado, veloz e variado por *take-make-use-dispose* favoreceu as indústrias, as empresas fornecedoras de energia elétrica e os produtores de insumos; em contrapartida, houve um acentuado aumento na degradação do meio ambiente, por causa do extrativismo de materiais finitos que eram retirados em volumes elevados, e com isso, grandes quantidades de resíduos eram produzidas e sem a destinação ou tratamento correto.

3) Fomentar a eficácia dos processos. Para essa questão, a gestão *Lean Manufacturing* passa a ser uma aliada na avaliação de processos e implementação de melhorias contínuas. Integra-se a boa gestão de recursos que evitem externalidades negativas ambientais, além de intensificar ações para manter o círculo contínuo.

A economia circular se caracteriza pela sua estrutura regenerativa e restaurativa, e tem como objetivo, manter produtos, componentes, materiais, serviços no máximo nível de utilidade e valor (EMF, 2015). A figura 13 demonstra um modelo econômico capaz de reconstruir capital (fixo, financeiro, humano, social e natural), e ilustra o fluxo contínuo do materiais dentro do “círculo de valor”.

Figura 13 – Diagrama sistêmico da economia circular



Fonte: EMF (2015)

Sendo capaz de mudar a lógica econômica, substituindo a produção por suficiência (STAHEL, 2006), os modelos produtivos se voltam cada vez mais para os ideias da sustentabilidade. De acordo com Oliveira *et al.* (2019), para que se tenha o

aumento do ciclo de vida, é necessário um adequado planejamento de produtos e processos, que por meio de ações efetivas, resultem em produtos cujo a vida útil seja alongada, ou mesmo, estimulando o reprocessamento e reaproveitamento de subprodutos, reintegrando-os à cadeia de valor.

A economia circular, nesse sentido, representa uma importante oportunidade para as empresas, obrigando-as a repensar além do seu planejamento estratégico convencional, e inserir no seu escopo, as responsabilidades frente à sustentabilidade ambiental e social (LEITÃO, 2015). Nesse cenário, se propõe uma transição para um sistema de valoração dos produtos, materiais e recursos perdurem o máximo de tempo possível, com a mínima geração de resíduos, eficiência energética, e propiciando novas formas de inovação e desenvolvimento local (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

2.7 INDICADORES FINANCEIROS E SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Sendo a última da fundamentação teórica, a seção 7 apresenta os conceitos da análise de investimentos para projetos de investimentos, bem como, os indicadores mais utilizados (VPL, TIR e *Payback*), que vão servir de base para avaliação da viabilidade financeira da usina de biomadeira. E por fim, este estudo proporciona uma abordagem acerca da simulação de Monte Carlo, como forma de avaliação estatística dos indicadores estudados e análise de sensibilidade.

2.7.1 Análise de Investimentos: Viabilidade Financeira

Para análise de viabilidade financeira do projeto de implantação da usina de biomadeira, foram considerados alguns dos principais indicadores, sendo: VPL, TIR e *Payback*, partindo de uma análise do Fluxo de Caixa e Fluxo de Caixa Descontado, e usando como taxa de desconto, a TMA. Ensina Hoji (2014), que a avaliação do projeto será mais assertiva se for utilizada uma combinação dos diferentes métodos apresentados e quando usadas em conjunto, apresentando um resultado mais eficaz que dará mais segurança para um melhor tomada de decisão.

A metodologia utilizada baseou-se nas decisões de longo prazo. Segundo Assaf Neto, Lima (2014), em virtude do maior rigor conceitual, e da importância nas decisões de longo prazo, prefere-se métodos que consideram o valor do dinheiro por meio do critério do Fluxo de Caixa Descontado.

Em relação ao Fluxo de Caixa, Sá (2008), informa que a Demonstração do Fluxo de Caixa (DFC) é uma ferramenta de apuração das variações de entradas e saídas e interpretação dos saldos do disponível de uma empresa. Para Marion (2003), a DFC configura-se no regime de Caixa, apropriando-se das receitas e despesas no momento do seu efetivo recebimento ou pagamento, e indica a origem do dinheiro que entrou no Caixa, assim como, a forma de aplicação desses recursos no momento de saída.

Para Zdanowicz (2002), o objetivo do Fluxo de Caixa é equilibrar as entradas e saídas dos recursos, e com isso, propor ao gestor financeiro, uma visão sistêmica financeira e contábil em relação a situação da empresa. Pode ser ainda, uma ferramenta prática de simples laboração, desenvolvimento e compreensão, comprovando as operações financeiras que serão realizadas pela empresa, provocando a tomada de decisão (NETO, 2009).

A Taxa de Mínima Atratividade (TMA) pode ser entendida como a melhor taxa, àquela que conjuga um baixo grau de risco e disponibilidade para aplicação do capital em análise (HOJI, 2014). A Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) e a Taxa do Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC), a Taxa Referencial (TR) e a Taxa Básica Financeira (TBF), são exemplos de TMA (NETO, 2009). Na decisão de investir, haverá pelo menos duas alternativas a serem avaliadas: empregar no projeto ou aplicar na TMA. A hipótese básica é de que o capital para o investimento não fica no caixa, mas é remunerado pela TMA (COELHO, COELHO, 2012).

Para Fonseca, Bruni (2003), o VPL é o critério mais recomendado para decisão de investimento, pois expressa o resultado econômico atualizado (riqueza). E portanto, estabelece-se um critério de decisão de investimento (ASSAF NETO, LIMA, 2014). Então, entende-se que “VPL é a diferença entre o investimento inicial e os benefícios líquidos de caixa gerados pelo projeto” (HOJI, 2014, p. 172).

A fórmula de cálculo do VPL é, de acordo com a equação 1:

$${}^{17}VPL = FC0 + \frac{FC1}{(1+TMA)^1} + \frac{FC2}{(1+TMA)^2} + \frac{FCn}{(1+TMA)^n} \quad (1)$$

Onde:

FC0: Valor do investimento inicial;

FC (1,2...n): Valor de entrada ou saída do caixa em cada período de tempo;

TMA: Taxa Mínima de Atratividade (taxa de desconto do projeto);

n: Períodos de tempo.

¹⁸A fórmula do VPL também pode ser entendida da seguinte forma, como demonstrado na equação 2:

$$VPL = \sum_{n=0}^N \frac{FCn}{(1+TMA)^n} \quad (2)$$

Existem os critérios para avaliação do indicador VPL em um projeto. De acordo com o Assaf Neto, Lima (2014), se o VPL for maior do que zero e que seja um valor de relevância, toma-se a decisão de investimento, pois cria-se valor econômico, traduzindo em riqueza para os acionistas; ii) se o VPL for igual a zero, a depender do perfil do investidor, ele pode até arriscar em aplicar seus recursos no projeto, uma vez que este indicador será remunerado pelo custo de oportunidade, no entanto, não é criado valor econômico; iii) caso o VPL seja menor que VPL, a riqueza do acionista é reduzida, e o projeto não gera valor econômico.

A TIR corresponde à taxa de desconto que faz com que o VPL seja igual a zero em um projeto (MOTTA *et al.*, 2009). Para Assaf Neto, Lima (2014), a TIR representa a taxa de desconto, que em determinado período de tempo, iguala as entradas e saídas de caixa. Ela pode equivaler à taxa de juro em determinado momento, com as entradas e saídas de caixa, ou seja, é a taxa de retorno que define o VPL igual a zero (ROSS *et al.*, 2013).

A TIR pode ser encontrada igualando a equação do VPL à zero, de acordo com a equação 3, ficando:

¹⁷ ¹⁹ Para ter um melhor entendimento sobre a fórmula de cálculo do VPL, ver: < <https://cienciaenegocios.com/o-que-e-vpl-valor-presente-liquido/>>

$${}^{19}0 = FC0 + \frac{FC1}{(1+TIR)^1} + \frac{FC2}{(1+TIR)^2} + \frac{FCn}{(1+TIR)^n} \quad (3)$$

Onde:

FC0: é o fluxo de caixa inicial

FC (1, 2,...,n)- é o fluxo de caixa do período (valor presente das entradas de caixa).

TIR: é considerada a taxa de desconto do projeto, sendo o custo do capital n: tempo de desconto de cada entrada de caixa.

Em conjunto, toma-se a decisão de investimento, baseado na avaliação do indicador TIR. Como ensina GITMAN (2010), se a TIR for maior que a taxa do custo de oportunidade, aceita-se o projeto; caso o a TIR for menor que o custo de oportunidade, rejeita-se o projeto.

O *Payback* é denominado como o tempo de recuperação do capital investido mais a sua remuneração – caso leve em consideração, o dinheiro no tempo (MOTTA *et al.*, 2009). É uma medida auxiliar nas decisões financeiras de longo prazo, sendo indispensável, o uso de outros métodos para que a decisão de investir não seja baseada no período de *Payback* (GITMAN, 2010).

Contudo, o *Payback* pode ser simples ou descontado. Segundo Assaf Neto, Lima (2014), na modalidade simples, não leva em consideração, o dinheiro no tempo, e por isso, trata-se de um método simplificado, que apenas leva em conta, o tempo requerido para o retorno do investimento. Contudo, no *Payback* descontado, os fluxos de caixa gerados no período são descontados a uma determinada taxa (custo de capital) e trazidos à valor presente, o que tende a provocar uma extensão do prazo para a recuperação do capital investido (NETO, 2009).

2.7.2 Simulação de Monte Carlo

A escolha da Simulação de Monte Carlo para este estudo, deve-se à, conforme Moore, Weatherford (2005), ser um modelo que, na avaliação de projetos, pode ser utilizada de forma ampla. É uma técnica que pode ser usada amplamente

¹⁹ Para entender melhor a metodologia do cálculo, ver: < <https://cienciaenegocios.com/o-que-e-tir-taxa-interna-de-retorno/>>

para analisar a viabilidade financeira de um projeto (GRECA *et al.*, 2014). Os riscos envolvidos no projeto, podem ser expressos de maneira clara, simples, proporcionando uma fácil leitura, pois as simulações auxiliam na decisão. Portanto, os indicadores deixam de ser determinísticos e passam a ser estocásticos, probabilísticos (GÁLVEZ, 2015).

Trata-se de uma metodologia matemática para um experimento amostral, que estima a distribuição de variáveis de saída, a partir de diferentes amostras aleatórias de variáveis de entrada (EVANS, OLSON, 1998). De acordo com Titman, Martin (2010), a simulação de Monte Carlo é frequentemente utilizada para resolver problemas muito complexos de opções reais que envolvem fontes de incerteza múltiplas e interativas. Para Hammersley, Handscomb (1964, p. 3), o Método de Monte Carlo é considerada como “a parte da matemática experimental que está preocupada em experiências com números aleatórios”.

Enumera Andrade (2000) algumas razões para se utilizar a simulação de Monte Carlo. São elas: a) a impossibilidade de se observar determinados processos em um ambiente real; b) a complexidade do sistema que impossibilita a descrição através de conjuntos de equações matemáticas; c) mesmo com o desenvolvimento de um modelo matemático, a solução do mesmo poderá ser muito trabalhosa. É uma ferramenta flexível que simplifica os inúmeros detalhes da vida real, e que trabalha com o Intervalo de Confiança, na maioria das vezes, em 95% (ROSS *et al.*, 2013).

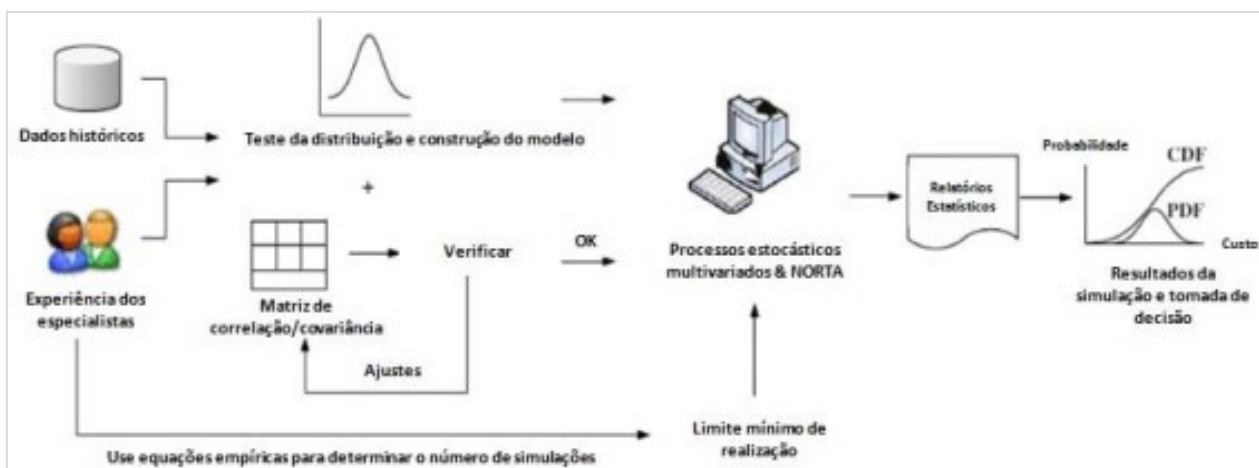
De acordo com Patino, Ferreira (2015), “o tamanho do efeito e seu intervalo de confiança representam valores plausíveis para os dados de origem”. E, ainda, segundo os mesmos autores, quando maior for o intervalo de confiança (próximo a 100%), mais significativa é a estimativa baseada nas informações de estudo, representando o real tamanho do efeito nos elementos de origem.

Uma das vantagens da simulação de Monte Carlo é a sua simplicidade e flexibilidade. A figura 14 representa um processo de simulação de Monte Carlo proposto por Chou (2011). De acordo com o modelo ilustrativo desenvolvido pelo autor, o primeiro passo refere-se à entrada dos dados, a partir de uma base histórica ou banco de dados das informações que se quer apurar.

A próxima etapa, deve-se ter o entendimento de qual distribuição que esses dados se aproximam, e partir disso, construir os modelos em conjunto com a análise de variância e correlação, para verificação da necessidade de ajuste ou não (CHOU

2011). Caso não seja necessário o ajuste, com o sistema computadorizado, segue-se para a utilização do processo estocástico, para gerar, na sequência, os relatórios estatísticos. Apresentando o resultado da simulação, será realizado à tomada de decisão.

Figura 14 - Processo de simulação de Monte Carlo



Fonte: CHOU (2011)

Os processos de simulação primária incluem coleta de dados, geração de números aleatórios, modelo formulação, análise e apresentação visual. (CHOU, 2011). E, para o sistema computadorizado, dentre os instrumentos disponíveis destacam-se os softwares @Risk for Excel® e o Crystal Ball®, que possibilitam rodar a simulação de Monte Carlo (GRECA *et al.*, 2014).

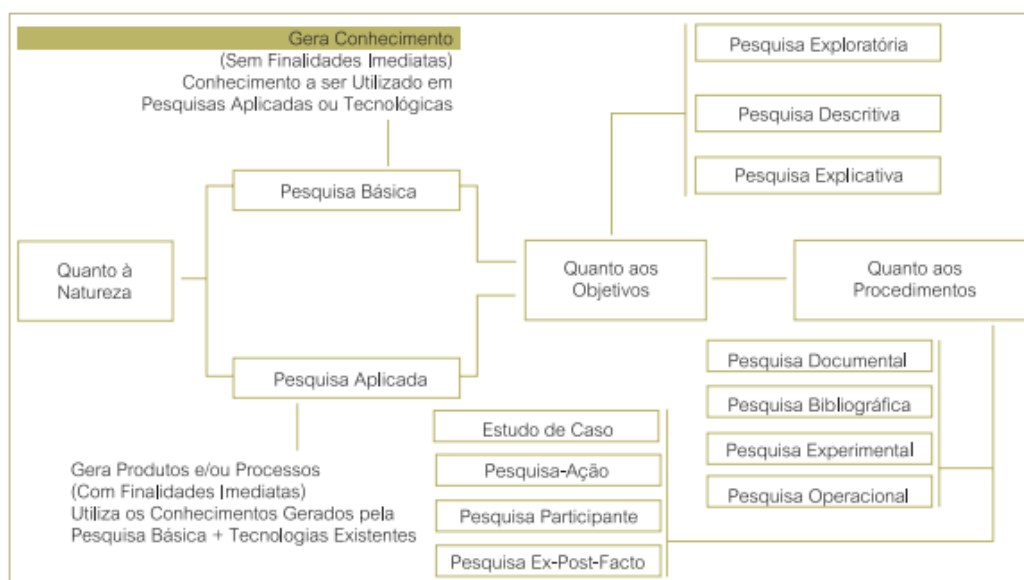
3 METODOLOGIA DE PESQUISA

O aspecto mais elementar em um processo de desenvolvimento de um estudo é a pesquisa. Para Gil (1999, p. 42), a pesquisa é “processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos”.

Segundo Prodanov, Freitas (2013), quando se fala de pesquisa, refere-se a um conjunto de ações e propostas, cujo objetivo é buscar a solução de um problema. Trata-se de uma atividade que tem proximidade com a realidade, e que utiliza-se da combinação entre teoria e dados (MINAYO, 2015).

No entanto, a pesquisa científica é derivada da atividade humana, e fazendo uso do conhecimento, compreensão e explicação dos fenômenos, oferecer respostas frente às questões expressivas, com o intuito de compreender a natureza dos dados (PRODANOV, FREITAS, 2013). E de acordo com os mesmos autores, existem várias formas de classificar as pesquisas. Na figura 15, estão representadas as formas clássicas de classificação que são mais comumente utilizadas.

Figura 15 – Tipos de pesquisa científica



Fonte: Prodanov e Freitas (2013)

A partir desse panorama, a metodologia apresentada sugere apontar os caminhos que a pesquisa pretende percorrer para chegar nos resultados, com a finalidade de atingir os objetivos deste estudo. A caracterização da pesquisa objetiva

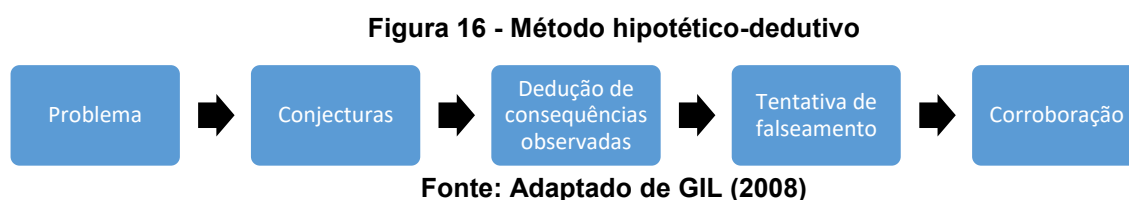
demonstrar o método, a abordagem, a finalidade os procedimentos, e o tipos de instrumentos utilizados.

Posteriormente, será exibido o mapa do processo metodológico do estudo dissertativo. E por fim, propõe-se apresentar os procedimentos para a coleta dos dados, que vão embasar a criação da estrutura que permitirá atender o pressuposto deste estudo.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Para continuar a jornada da pesquisa, deve-se compreender qual é o método que se encaixa com o tema observado. Os métodos que fornecem as bases lógicas à investigação são: dedutivo, indutivo, hipotético-dedutivo, dialético e fenomenológico (GIL, 1999; LAKATOS; MARCONI, 1993). Para este estudo dissertativo, o método científico que corrobora com à temática é o hipotético-dedutivo.

Pode-se apresentar o método hipotético-dedutivo a partir do seguinte fluxograma (GIL, 2008):



Partindo do método Hipotético-Dedutivo, e como apresentado no quadro 21, será definido para este estudo dissertativo, a forma de abordagem do problema, inicialmente. A pesquisa tem abordagem qualitativa e quantitativa, e divide-se em duas fases. Na primeira fase, que é qualitativa, os objetivos são exploratórios. Na etapa quantitativa, à finalidade da pesquisa é explicativa.

Na fase qualitativa, os procedimentos metodológicos são bibliográficos e documentais para coletas de dados e informações para o desenvolvimento da fundamentação teórica e dos resultados apresentados. Para a pesquisa bibliográfica, utilizou-se de artigos científicos, livros, publicações em Congressos, dissertações e teses, entre outros.

No processo documental, foram usadas como fontes: estatísticas e documentos oficiais, leis federais, sites governamentais, documentos públicos, entre outros. Para a abordagem quantitativa, os procedimentos metodológicos é o *ex-post-facto*, que buscou, em simulação estatística, analisar um possível evento que possa ocorrer em uma variável observada, e como esta pode impactar outras variáveis referenciadas.

Para o desenvolvimento dos indicadores financeiros clássicos, que na pesquisa, trata-se do VPL, TIR e *Payback*, partiu-se da análise dos números e dados registrados em planilha eletrônica da Microsoft Excel®, tendo como fonte, dados e informações descritas em Plano de Negócios. Ao concluir essa etapa de levantamento de dados e a análise qualitativa das informações levantadas, iniciou-se à fase quantitativa da pesquisa, que a partir do uso da ferramenta estatística, por intermédio da Simulação de Monte Carlo, pode-se avaliar se à possibilidade de oscilação da variável testada pode impactar, diretamente, os indicadores financeiros, comprometendo uma possível viabilidade financeira do projeto da usina de biomadeira.

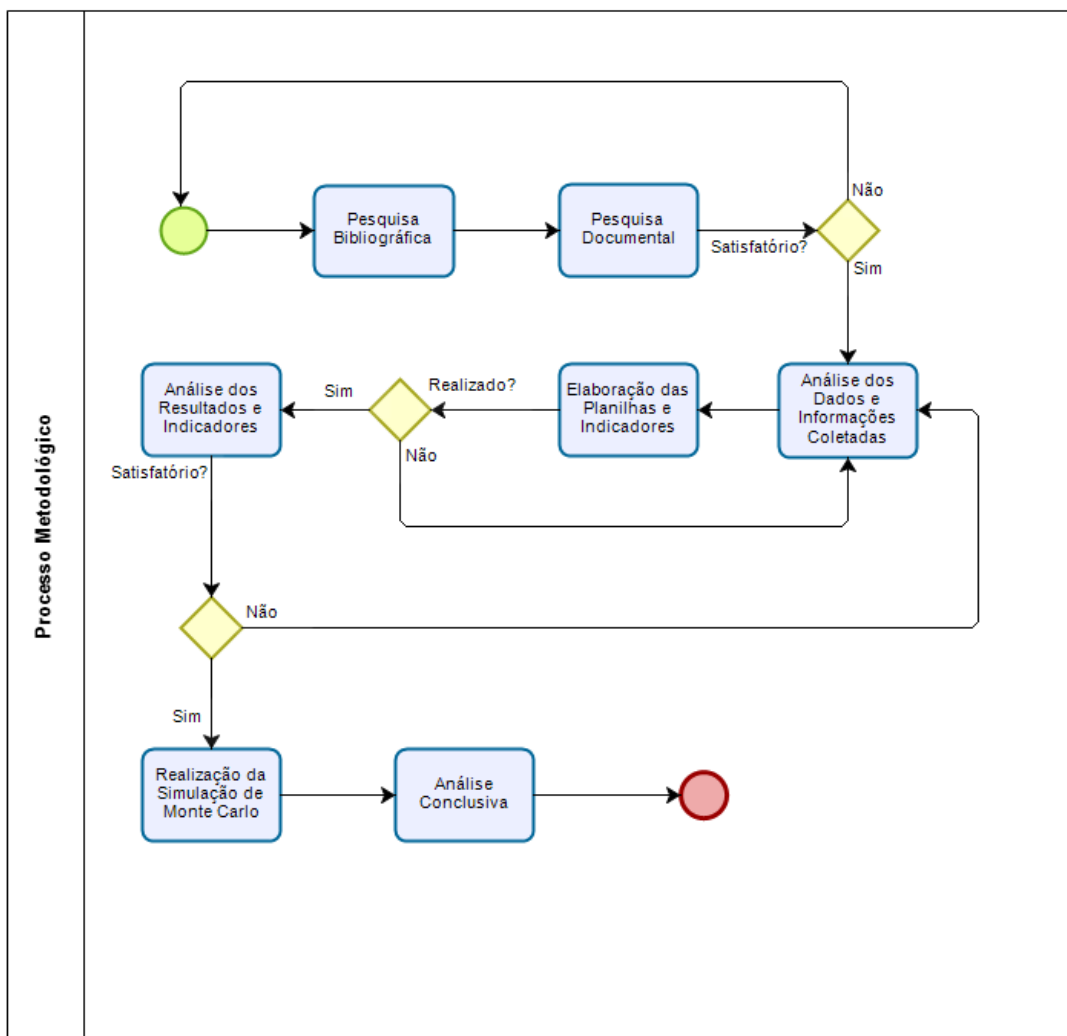
Quadro 21 – Tipos de pesquisa e suas características

TIPO DE PESQUISA			CARACTERÍSTICAS			FASE
Quanto à Natureza	Quanto à Forma de Abordagem do Problema	Quanto aos Fins da Pesquisa	Quanto aos Procedimentos	Gerais	Tipos de Instrumento	
APLICADA	QUALITATIVA	EXPLORATÓRIA	Bibliográfica	- Base em material já elaborado.	- Fontes Bibliográficas	1ª FASE
			Documental	- Materiais que não receberam tratamento analítico ou podem ser reelaborados. - Efeitos de variável – forma de controle.	- Fontes Secundárias de Dados	
BÁSICA	QUANTITATIVA	EXPLICATIVA	<i>Ex-Post-Facto</i>	- Investigar possíveis relações de causa e efeito.	- Observação, Dados Coletados, Procedimentos Comparativos, Teste e Validação	2ª FASE

Fonte: Adaptado de Prodanov e Freitas (2013)

A proposta do estudo dissertativo está na abordagem mista, ou seja, *quali-quantitativa*, e o seu processo metodológico é representado na ilustração 17. Em uma pesquisa científica, os tratamentos quantitativos e qualitativos dos resultados podem ser complementares, agregando valor na análise e as discussões finais (MINAYO, 2015). Nos últimos anos, inúmeros pesquisadores de diversas áreas corroboram em suas pesquisas as relações, combinações possíveis e também, as distinções entre a pesquisa quantitativa e a qualitativa (FLICK, 2009).

Figura 17 – Processo metodológico do estudo dissertativo



Fonte: Autoria própria (2021)

Desse modo, mesmo com suas especificidades, as abordagens quantitativas e qualitativas não se excluem. Segundo Creswell (2010), o desenvolvimento e a legitimidade relacionada aos dois métodos provocou uma maior disseminação da pesquisa de métodos mistos, abrangendo os pontos fortes de cada abordagem no intuito de proporcionar uma maior compreensão dos problemas estudados.

As abordagens quantitativas e qualitativas utilizadas em uma mesma pesquisa são pertinentes para a minimização da subjetividade, e *pari passu*, aproximar o pesquisador do objeto, confiando dados de maior credibilidade (FLICK, 2009; CRESSWELL, PLANO-CLARK, 2013; SAMPIERI *et al.*, 2013; MILES *et al.*, 2014). Em suma, observa-se que as abordagens qualitativas e quantitativas se complementam e são compatíveis entre si. Para esta pesquisa dissertativa, o uso

conjunto desses métodos demonstrou confiabilidade quanto aos dados apresentados, proporcionando a minimização da subjetividade.

Diante disso, a finalidade e o procedimento de pesquisa foi separado por abordagem metodológica utilizada em cada fase do processo do estudo. Na etapa qualitativa, a pesquisa foi exploratória que, segundo Andrade (2017), os fenômenos são observados, registrados, analisados e interpretados não havendo interferência do pesquisador nos fatos estudados para que não se crie viés. Para Prodanov, Freitas (2013), a ideia é facilitar a delimitação do tema de pesquisa, ou se for o caso, descobrir um novo foco para o assunto.

Os procedimentos metodológicos, nesse caso, é a pesquisa bibliográfica e a documental. No caso da pesquisa bibliográfica, a base de dados se torna fundamental para um bom levantamento das referências teóricas que já foram publicadas e revisadas no meios escritos e eletrônicos, como: livros, artigos científicos, páginas de web sites, bases acadêmicas, entre outros (FONSECA, 2002). Na pesquisa bibliográfica, é imprescindível que o pesquisador se atenha a veracidade dos dados coletados, para que não lhe escape, quaisquer incoerências ou contradições que as obras possam apresentar (PRODANOV, FREITAS, 2013).

Segundo Fonseca (2002), a pesquisa documental pode dispensar o tratamento analítico, recorrendo a fonte mais diversidades e heterogêneas, tais como: jornais, revistas, relatórios, documentos oficiais, cartas, filmes, fotografias, pinturas, tapeçarias, relatórios de empresas, vídeos de programas de televisão, entre outros (FONSECA, 2002). Comparativamente, a pesquisa bibliográfica tem a contribuição de vários autores sobre um determinado assunto, enquanto a pesquisa documental é lastreada por materiais que não receberam um tratamento analítico (PRODANOV, FREITAS, 2013).

Para a fase quantitativa, a finalidade deste estudo dissertativo foi explicativa, de procedimento *ex-post-facto*. De acordo com Prodanov, Freitas (2013), a pesquisa explicativa incentiva o pesquisador a buscar explicação para os porquês das coisas e suas causas, validadas por meio de registro, análise, classificação e interpretação dos fenômenos observados. Busca identificar suas causas, seja por meio da aplicação de método experimental e matemático, seja na interpretação possibilitada pelos métodos qualitativos (SEVERINO, 2016).

Segundo Gil (2019), as pesquisas explicativas têm como pressuposto, identificar e explicar as causas que determinam e contribuem para a ocorrência de fenômenos. Por essa condição, o conhecimento científico é fundamentado pelos resultados apresentados (ANDRADE, 2017), e “aprofunda o conhecimento da realidade porque explica a razão, o porquê das coisas” (GIL, 2010, p. 28).

O estudo *ex post facto* se dá quando o fenômeno já aconteceu e não se pode controlar as variáveis. Sua finalidade é investigar possíveis relações de causa e efeito entre um determinado fato e um fenômeno que ocorre, *a posteriori*, a partir da identificação do pesquisador (FONSECA, 2002).

Pode-se definir pesquisa *ex-post-facto* “como uma investigação sistemática e empírica na qual o pesquisador não tem controle direto sobre as variáveis independentes, porque já ocorreram suas manifestações ou porque são intrinsecamente não manipuláveis” (GIL, 2008, p. 54). Segundo Prodanov, Freitas (2013, p. 65) “a pesquisa *ex post facto* analisa situações que se desenvolveram naturalmente após algum acontecimento”.

Na pesquisa dissertativa, a variável que será testada não é de controle do pesquisador. Trata-se de um fenômeno aleatório não controlável que pode implicar, dentro de uma distribuição triangular, uma oscilação do valor proposto para um limite mínimo e máximo; e se essa variação tem força suficiente para impactar, de forma significativa, as outras variáveis comparativas.

3.2. PROCEDIMENTOS PARA A COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados em visita técnica na empresa ²⁰EKT, detentora das patentes e tecnologia, no dia 09 de outubro de 2019, em rodada de reuniões junto à diretoria, contabilidade e departamento de engenharia. Foi realizada uma segunda visita, no dia 21 de janeiro de 2021 para atualização dos dados e informações.

Após a juntada de informações, documentos, dados numéricos e financeiros, entre outros, foi realizada uma estrutura compilatória que serviu de base fundamental para a confecção de um Plano de Negócios. A partir deste documento, e da estrutura

²⁰ As informações técnicas e financeiras foram coletadas junto à diretoria, contabilidade e departamento de engenharia, em visita técnica realizada nos dias 09 de Outubro de 2019 e 21 de Janeiro de 2021, na sede da empresa, localizada na Rua Miranda, 253, Industrial, Novo Hamburgo/RS.

financeira que a compôs, foram utilizados a composição informacional desse material, no intuito de estruturar a análise da viabilidade financeira da usina de biomadeira. E adiante, foi possível rodar a Simulação de Monte Carlo.

Em paralelo, fontes secundárias de informação foram coletadas. Nesse diapasão, entram as legislações federais, principalmente, a PNRS, dados do Ministério do Meio Ambiente, da Confederação Nacional de Municípios, da Fundação Nacional de Saúde, Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, dentre outros.

A partir destas fontes de dados e informações, no escopo da pesquisa bibliográfica, pôde-se pesquisar em outras vertentes, como: artigos científicos, livros, teses e dissertações, entre outros. E com este repertório, foi possível dilapidar e estruturar as informações de acordo com o tema proposto desta pesquisa, bem como, tabular os dados utilizados como referência, tanto na abordagem qualitativa, como quantitativa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos derivados da coleta de dados, com o intuito de fundamentar as análises a serem realizadas. A pedra angular da avaliação dos resultados alcançados, é atender, de forma assertiva, a proposição estabelecida pelo pressuposto e objetivos da pesquisa.

Partindo da apreciação dos resultados, este estudo caminha para a abertura das discussões, com base em informações e respostas apresentadas por este capítulo. Por fim, diante do escopo informacional, será fornecido, os elementos da base de preparação que embasará as considerações finais da presente dissertação.

4.1. USINA DE BIOMADEIRA: CONCEITO E APRESENTAÇÃO

A partir da promulgação do PNSB, instituída na Lei nº 11.445, de 2007 – e, especialmente, da PNRS – constituída pela Lei nº 12.305, de 2010, e posteriormente, regulamentada pelo Decreto nº 7.404, de 2010 –, trouxeram modernização e segurança jurídica, proporcionando mudanças expressivas no setor (FRICKE *et al.*, 2015). As iniciativas legislativas buscam romper paradigmas de caráter inovador, passando a se concentrar em técnicas e alternativas de tratamento e valorização de resíduos, possibilitando elevar o nível das discussões para um outro patamar, que visa a congregar o potencial de geração de riquezas que outras alternativas possibilidades de manejo dos passivos ambientais podem gerar (FRICKE *et al.*, 2015).

Compreendendo a mecânica do tema, entende-se que à PNRS incentiva o tratamento dos resíduos utilizando tecnologias inovadoras que visam à transformação e valoração desses passivos pós consumo (JACOBI, BESEN, 2011). Desta forma, a inovação na indústria de RSU poderá ser aplicada diretamente na resolução dos gargalos de infraestrutura e também em aumento de produtividade, adotando tecnologias apropriadas para minimizar os impactos gerados pelo manejo inadequado dos resíduos (FRICKE *et al.*, 2015). Com isso, permite um motivador de geração de renda, advinda do meio de produção, integração e comercialização dos subprodutos.

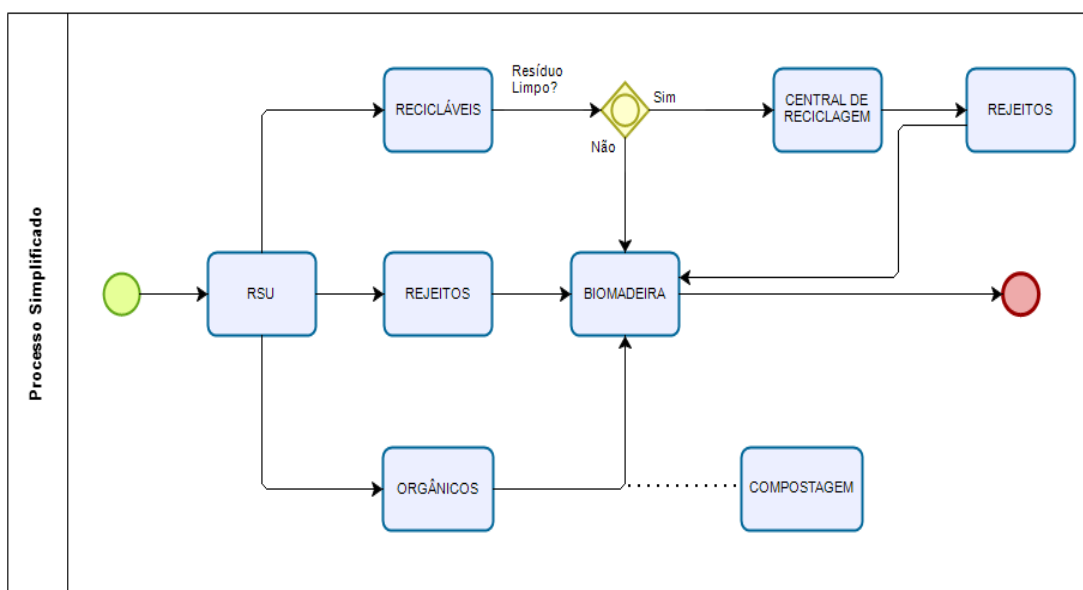
Com essa consciência, apresenta-se uma alternativa como solução para o tratamento ambientalmente correto de RSU para pequenos municípios (até 20 mil

habitantes) (TRUJILLO *et al.*, 2019). Por meio de tecnologia inovadora nacional, de processo industrial limpo e ecológico, possuindo alto desempenho termodinâmico, promove à transformação desses RSU em produto de alto valor comercial, convenientemente chamado de ²¹biomadeira.

Importante destacar, que a biomadeira não é uma *commodity*. Trata-se de um produto derivado do processamento dos RSU, que têm características e aplicações similar à madeira natural, mas que não é madeira.

As máquinas e equipamentos desenvolvidas no próprio país, transformam os RSU (e juntamente, os resíduos agrícolas e industriais), em biomadeira, sem gerar resíduos indesejáveis ou prejudiciais ao meio ambiente (EKT, 2019). Ainda, de acordo com a empresa, por meio de processo produtivo simultâneo, capaz de tratar e transformar toda a composição residual (orgânicos, rejeitos e recicláveis), *in loco*, e em tempo real, em um produto de valor agregado considerado. Esse processo é demonstrado na figura 18, de forma simplificada.

Figura 18 – Processo simplificado da usina de biomadeira



Fonte: Adaptado de FADE (2014)

²¹ As informações referente as informações da biomadeira são provenientes do *Business Plan* do projeto a partir dos dados coletados junto à empresa EKT. O nome do produto refere-se a sua forma de utilização e aplicação, já testada e validada no mercado consumidor, como alternativa à madeira natural.

Quando trata-se de processos tecnológicos, a forma de relacionamento com os municípios é por meio da oferta de prestação de serviços (MAIELLO *et al.*, 2018). Importante salientar que, cada caso, demanda um estudo (pesquisa) específico sobre à gravimetria dos RSU gerados pela localidade, com o objetivo de compreender a melhor forma de atendê-lo, bem como, os aspectos financeiros, geográficos e econômicos (PRATES *et al.*, 2019).

A oferta da matéria-prima é rica, heterogênea e abundante. Fica a fonte geradora obrigada a dar o correto destino final dos resíduos pós consumo (BRASIL, 2010). Analiticamente, essa modalidade tecnológica, apesar da característica industrial, ela se torna prestadora de serviços para os municípios, que nesse caso, se origina uma gestão híbrida de empreendimento (CONFORTO, AMARAL, 2016).

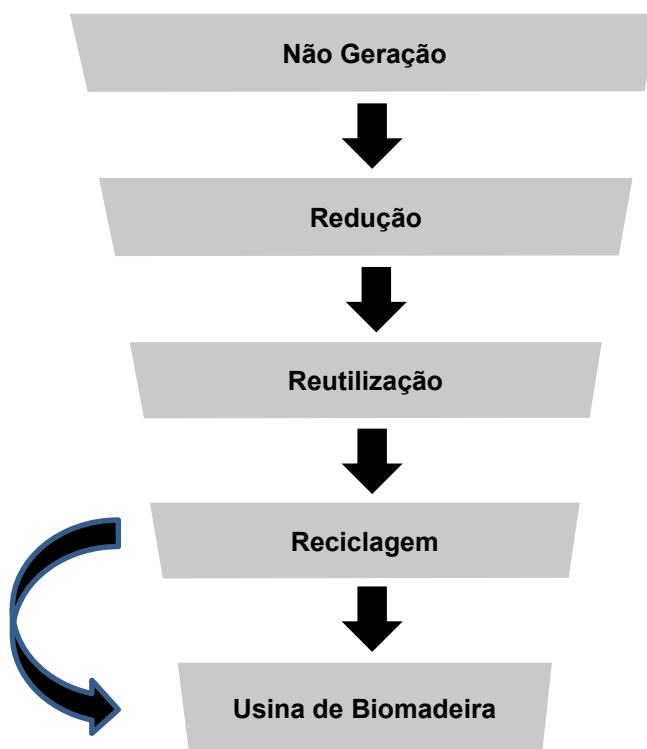
O projeto de implantação de uma usina de biomadeira em pequeno município será norteado pelos princípios da colaboração, integração e cooperação entre os entes municipais (município, setor privado, usina e sociedade). A ilustração 19 representa o que, convenientemente, denomina-se de “Sinergia Cooperativa”, cujo o cerne dessa relação, será motivado pelo social, para que com essa contribuição, consiga-se conquistar uma sociedade mais sustentável.



Fonte: Autoria própria (2021)

E por essa sinergia, há o respeito pelas prioridades. A reutilização e a reciclagem tem preferência sobre a destinação final (BRASIL, 2010). E de acordo com Lavnitcki *et al.* (2018) e Prates *et al.* (2019), o propósito referencial da PNRS é estimular o reaproveitamento dos resíduos. Conforme demonstrado na figura 20, na escala de precedência, a usina de biomadeira é a última, por fazer parte do escopo do tratamento.

Figura 20 - Artigo 9º- Ordem de Prioridade



Fonte: Adaptado de PNRS (2010)

Diante dessas responsabilidades, a disposição final dos RSU deve obedecer, uma série de critérios de caráter ambiental, operacional e econômico (BARTOLOMEU, CAIXETA-FILHO, 2011). E além desses fatores, a escolha da tecnologia para o tratamento dos resíduos devem levar em consideração, os aspectos sociais, técnicos e políticos (LIMA *et al.*, 2014).

E com isso, prioriza-se a reutilização e a reciclagem na promoção da economia circular. O diferencial desse processo produtivo é que, realmente respeita essa determinação por parte da PNRS, e pode ir além, trabalhar de forma integrada junto à outras formas de tratamento, potencializando à capacidade de reaproveitamento dos resíduos, gerando um ganho de eficiência, retorno financeiro, e minimizando as externalidades negativas ao meio ambiente provocadas por uma má disposição dos RSU, de acordo com a EKT (2019).

4.2. USINA DE BIOMADEIRA: ASPECTOS TÉCNICOS

O processo para a produção da biomadeira é termodinâmico por fusão molecular (EKT, 2021). Segundo Tipler (1976, p. 399), “a termodinâmica é o estudo

dos processos de transferência de energia entre corpos macroscópicos e que envolvem a temperatura”. Para Nussenzweig (1981, p. 157), “a termodinâmica lida com fenômenos associados aos conceitos de temperatura e calor”.

Um relatório do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) aponta a processos de tratamento por fusão molecular como o mais confiável para diversos resíduos (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2012). Inclusive, a Organização Mundial da Saúde (OMS) reforça as afirmações da UNEP no seu relatório “Safe Management of Wastes from Health-care Activities”, colocando este processo e o tratamento térmico nas suas recomendações (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2014).

²²Antes da transformação dos RSU em biomadeira, um produto único, homogêneo, descontaminado, livre de metais pesado e amônia, seo, com alto poder calorífico e inerte, é gerado neste processo (EKT, 2021). Trata-se de um material que sai da categoria de resíduos e passa a entrar na categoria de ²³composto industrial, no formato de pó e com granulometria controlável. No ano de 2020, o Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina – ²⁴IMA (2020), emitiu uma Licença de Instalação (LI) para o coprocessamento dos RSU no referido produto.

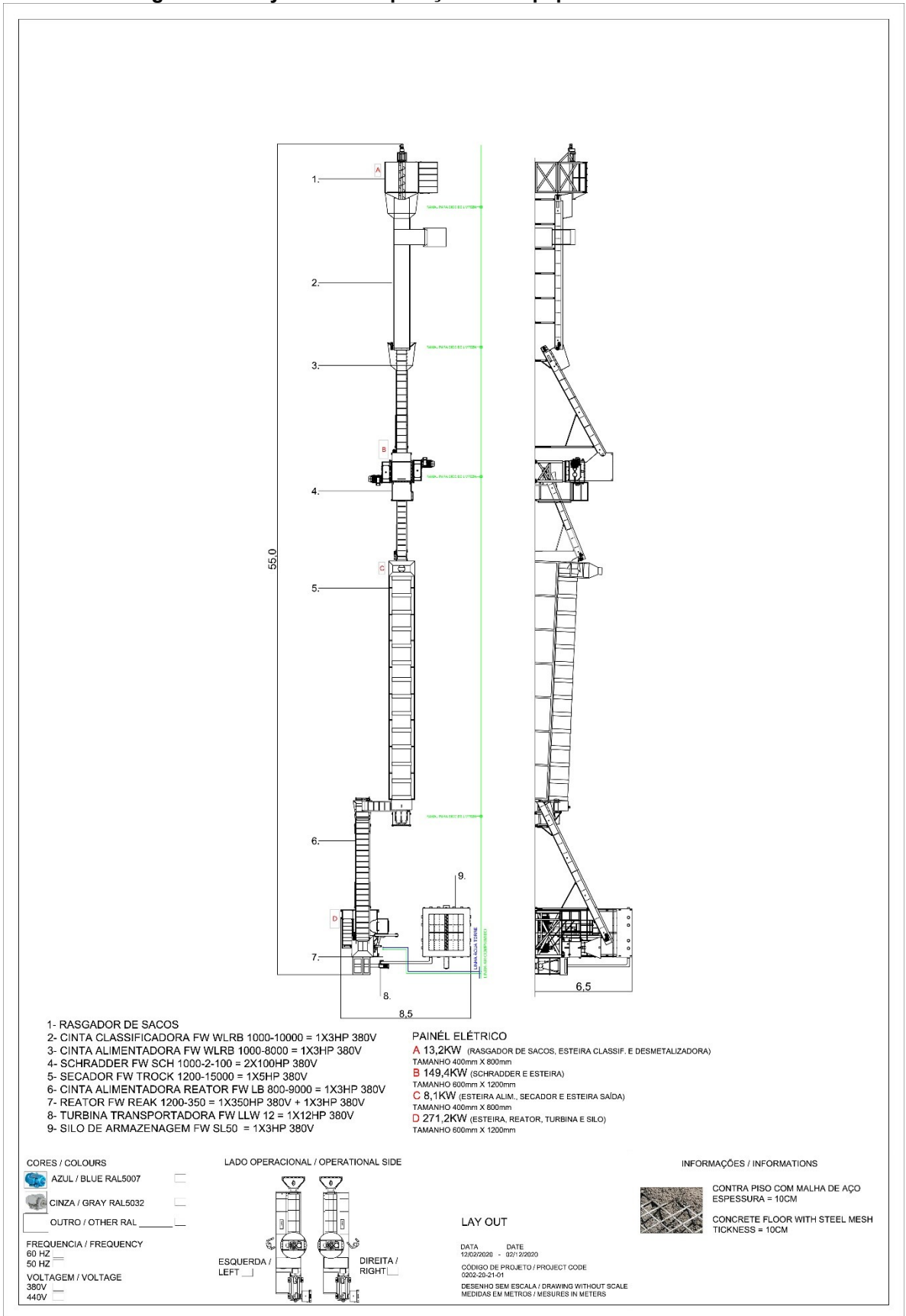
A partir daí, por uma zona de extrusão e laminação, se origina a biomadeira. A figura 21, mostra o layout da linha que “produz” o composto industrial, que ao todo, são nove equipamentos na composição.

²² Licença de Instalação emitida pela IMA, no Estado de Santa Catarina, no dia 20 de Outubro de 2020. Refere-se a uma planta com capacidade de coprocessamento de 50 toneladas por dia de RSU.

²³ Ver fotos do material em “Anexo”

²⁴ Licença de Instalação emitida pela IMA, no Estado de Santa Catarina, no dia 20/10/2020, para uma planta com a capacidade de coprocessamento de 50 toneladas por dia de RSU.

Figura 21 – Layout da composição dos equipamentos



Fonte: EKT (2019)

Com isso, as etapas do processo produtivo podem ser resumidas em:

1ª Fase: Destinação- RSU chegam sem separação nenhuma e são despejados sob uma baía de recepção;

2ª Fase: Rasgador de Sacolas- o material, após depositado na baía de recepção, entra na esteira e passa por um rasgador de sacolas;

3ª Fase: Eletroímã – o material na esteira, passa abaixo de uma esteira transversal (eletroímã), que serve para retirar os ferrosos, baterias, entre outros;

4ª Fase: Destroçador (*Shredding*) – após, o material passa por um destroçador (destroi todos os tipos de resíduos);

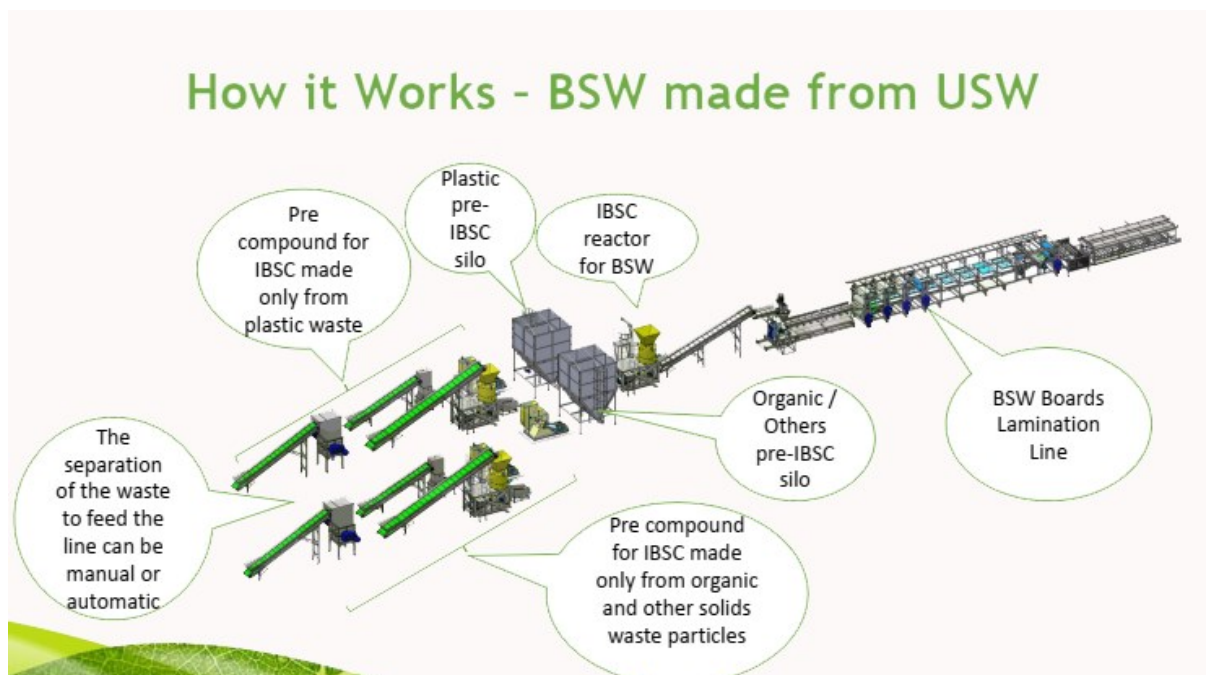
5ª Fase: Secador Descontaminador – O material depois de destroçado, vai para o secador descontaminador, onde descontamina, seca e tira amônia e reverte o mercúrio em líquido (com a condensação) e descontaminado (matéria – prima). Nessa fase, o chorume é bombeado para dentro do processo; há a desintegração da amônia desassociando o gás metano com a molécula de água. O gás metano é captado no secador e purificado, e utilizado no processo térmico.

O mercúrio passa no secador de cilindro dinâmico. O processo está com um sopro de ar quente (menor de 150 graus). Esse ar vai aquecendo o produto e ele sai totalmente úmido e expandido, arrastando a umidade para fora. A saída é de 100 graus. Captamos os gases e fazemos o resfriamento dele (antes, passa por um purificador de metano). Nesse resfriamento, temos as gotículas de mercúrio totalmente purificada e pronta para ser utilizada como matéria prima no mercado;

6ª Fase: Reator – O material vai para dentro de um reator de fusão molecular, onde o material sai em estado de pó, seco, granulado, inerte, ou seja, surge o composto industrial.

Essas são as fases de processamento que resultam no tratamento e processamento ambientalmente adequado dos RSU. A partir deste ponto, o composto industrial pode dar origem a biomadeira. A figura 22, mostra a linha completa, inclusive, a zona de laminação das chapas.

Figura 22 – Linha de equipamento completa: como funciona



Fonte: EKT (2021)

A produção de planos e chapas, no seu dimensionamento, parte de 2,00 milímetros de espessura e alcançando até 75,00 milímetros. A largura máxima pode chegar a 3.000 milímetros de comprimento. E de tamanho, pode alcançar até 6 metros de comprimento.

O resultado da mistura das substâncias inseridas dentro do RSU, é um produto que pode possuir diversas ²⁵aplicações. Pode ser utilizado na indústria, construção civil, arquitetura, logística, doméstico, agronegócio, entre outros.

4.3 APRESENTAÇÃO DA VIABILIDADE FINANCEIRA DA USINA DE BIOMADEIRA

Os investimentos programados para a implementação da usina de biomadeira, partiram de premissas conservadoras. Com isso, converge-se com um cenário factível e viável, trabalhando-se com dados de panoramas realistas.

Para a realização dos cálculos da usina de biomadeira, a coleta dos dados e informações financeiras foram realizadas junto a empresa EKT, em visita técnica realizada, no dia 09 de Outubro de 2019. No entanto, cabe ressaltar que, foi

²⁵ Ver as aplicações do produto em “Anexo”.

necessário uma nova rodada de visita à empresa, realizada em 21 de janeiro de 2021, para atualização dos dados e informações. A análise dos dados financeiros refere-se à um projeto com capacidade produtiva de 100 quilos por hora, funcionando 24 horas por dia.

O total de RSU a ser processado por dia será de 4.800 quilos (4,8 toneladas), que serão transformados em 2.400 quilos de biomadeira (2,4 toneladas). O cálculo da transformação dos resíduos sólidos urbanos, de acordo com os municípios de até 20.000 habitantes, de maneira geral, indica que 50% do volume desses “RSU” é umidade (ABRELPE, 2017).

As informações apresentadas no quadro 22, traz algumas relevantes constatações. O foco principal dos investimentos financeiros está na aquisição de “máquinas e equipamentos” da produção, representando em torno de 87% do valor total do projeto. Destaca-se ainda, que não houve uma composição das rubricas referentes à “construção civil e instalações”, considerando que os municípios possuem um estoque de capital imobilizado para dispor o processo produtivo, em forma de cessão ou doação.

O valor orçado dos “equipamentos para a linha de produção” de acordo com a empresa EKT, na ocasião, é de R\$ 2.030.000,00 (dois milhões e trinta mil reais) para a capacidade produtiva de 100 kg/h de biomadeira. Segundo a própria empresa, esse valor é fixo, não possibilitando variações em torno do seu preço, apenas, se houver um aumento considerado no volume de RSU gerado. As outras estimativas sim, são valores que podem negociados e melhorados, o que pode proporcionar uma diminuição do investimento total do projeto.

Quadro 22 – Projeção dos investimentos programados no Brasil, em 2021

INVESTIMENTOS PROGRAMADOS - 5 TONELADAS DIA DE RSU	
• INVESTIMENTOS PLANEJADOS	VALOR (em R\$)
DESCRIÇÃO	2.021
CONSTRUÇÃO CIVIL / INSTALAÇÕES	
Terreno	0
Terraplanagem	0
Infra-Estrutura Barracão	0
Elétrica	0
Hidraulica	0
Construção Civil / Instalações	0
MÁQUINAS & EQUIPAMENTOS	
Equipamentos para Linha de Produção- 100kg	2.030.000
Palletizadora	45.000
Ferramentas	10.000
Grupo Gerador	40.000
Água Gelada	25.000
Subestação Elétrica	30.000
Rede Elétrica da subestação elétrica	35.000
Rede de Água	30.000
Torre de Esfriamento	25.000
Empilhadeiras	35.000
Itens Pequenos Diversos + EPI's	15.000
Tonéis	10.000
Custos Administrativos - licenças, taxas, etc,	25.000
Máquinas e Equipamentos	2.355.000
MÓVEIS & UTENSÍLIOS	
Móveis para Estrutura Administrativa	25.000
	0
Móveis e Utensílios	25.000
COMPUTADORES E PERIFÉRICOS	
Equipamentos de Informática	20.000
	0
Computadores e Periféricos	20.000
VEÍCULOS	
Veículos para Administração e Comercial	75.000
	0
Veículos	75.000
-	
SUBTOTAL DOS INVESTIMENTOS	2.475.000
CAPITAL DE GIRO	
Capital de Giro	200.000
TOTAL DOS INVESTIMENTOS	2.675.000

Fonte: Autoria própria (2021)

O quadro 23 mostra que a capacidade produtiva diária da biomadeira é de 2,4 toneladas. De outra forma, isso significa que, em torno de 5 toneladas por dia de RSU deixaram de ser descartadas inadequadamente, e receberam um tratamento ambientalmente adequado, transformando-se em um produto de alto valor agregado. Por mês, foram 72 toneladas de biomadeira produzidas; entretanto, esse volume pode ser aumentado, à medida que a usina ganhe escala.

Quadro 23 – Projeção da capacidade produtiva

PRODUÇÃO MENSAL PROGRAMADA		
Capacidade Produtiva	100,00	kgs/hora
Horas Trabalhadas/ Dia	24,00	
Capacidade Produtiva Diária	2.400,00	kgs/dia
Dias Trabalhados por mês	30,00	dias
Capacidade Produtiva Mensal	72.000,00	kgs/mês
DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA PRODUÇÃO		
Período	% Produção	Produção (Kgs)
out/21	100,00%	72.000,00
nov/21	100,00%	72.000,00
dez/21	100,00%	72.000,00
jan/22	100,00%	72.000,00
fev/22	100,00%	72.000,00
mar/22	100,00%	72.000,00
abr/22	100,00%	72.000,00
mai/22	100,00%	72.000,00
jun/22	100,00%	72.000,00
jul/22	100,00%	72.000,00
ago/22	100,00%	72.000,00
set/22	100,00%	72.000,00
out/22	100,00%	72.000,00
nov/22	100,00%	72.000,00
dez/22	100,00%	72.000,00

Fonte: Autoria própria (2021)

²⁶Em relação ao quadro 24, é apresentado o preço de venda do produto, a distribuição das vendas mensais e o faturamento bruto. Para o preço de venda do quilo da biomadeira, foi estimado um valor de R\$ 6,00 (seis reais), de acordo com a EKT (2021). Trata-se de um preço competitivo, sugerindo assim, a sua força

²⁶ A produção foi simulada para iniciar em outubro de 2021, que serviu apenas como modelo de referência. É válido frisar que, o projeto para ser implementado e operacionalizado, pode levar de seis meses até um ano, de acordo com a burocracia de cada localidade. As máquinas e equipamentos levam em torno de 150 dias para ficarem prontas.

comparativa de mercado para buscar suprir às demandas nacionais e internacionais por esse tipo de material.

Esse preço é referente à produção de chapas e perfis. Outra vantagem que permite melhorar a viabilidade financeira do projeto, permitindo uma crescente eficiência competitiva, é a agregação de valor ao produto.

Mantendo a linha realista dos dados, estima-se um estoque médio mensal de 3% do produto produzido. Parte desse percentual pode ser oferecido ao município como contrapartida social. Em resumo, parte do que for produzido a partir dos passivos ambientais do município, será revertido em um produto que pode ser utilizado na cidade (obras, calçadas, pisos, bancos, construção, entre outros).

Quadro 24 – Projeção de vendas

PROJEÇÃO MENSAL DE VENDAS			
Preço de Venda	6,00	Kilo	
DISTRIBUIÇÃO MENSAL DAS VENDAS			
Período	% Estoque	Qtde Vendida	Faturamento
out/21	97,00%	69.840,00	419.040,00
nov/21	97,00%	71.935,20	431.611,20
dez/21	97,00%	71.998,06	431.988,34
jan/22	97,00%	71.999,94	431.999,65
fev/22	97,00%	72.000,00	431.999,99
mar/22	97,00%	72.000,00	432.000,00
abr/22	97,00%	72.000,00	432.000,00
mai/22	97,00%	72.000,00	432.000,00
jun/22	97,00%	72.000,00	432.000,00
jul/22	97,00%	72.000,00	432.000,00
ago/22	97,00%	72.000,00	432.000,00
set/22	97,00%	72.000,00	432.000,00
out/22	97,00%	72.000,00	432.000,00
nov/22	97,00%	72.000,00	432.000,00
dez/22	97,00%	72.000,00	432.000,00

Fonte: Autoria própria (2021)

Os quadros 25, 26, 27 e 28 resume os principais custos e despesas da usina. No projeto em questão, será orçado o custo de mão de obra, os custos e despesas fixas, e os gastos com energia e água. Não será mensurado o custo com fornecedor, entendendo que a matéria-prima são os RSU, e que será de responsabilidade do município, a entrega desses resíduos até a usina (EKT, 2019).

Quadro 25 – Projeção de custos com pessoal do setor produtivo: 1º e 2º turno

PROJEÇÃO DE CUSTOS COM PESSOAL - DEPARTAMENTO PRODUTIVO													
MÃO-DE-OBRA DIRETA													
Cargo	PROVENTOS		DESCONTOS				LIQ. PAGAR	ENCARGOS			PROVISÕES		
	Salário Fixo	INSS(%)	INSS(R\$)	IRRF (R\$)	V. T.	T. DESC.		8,00%	27,80%	1/12 + 1/3	13º SAL.	35,80%	
Agente de Produção	1.500,00	9,00%	119,32	-	90,00	209,32	1.290,68	120,00	417,00	166,25	125,00	104,27	
Agente de Produção	1.500,00	9,00%	119,32	-	90,00	209,32	1.290,68	120,00	417,00	166,25	125,00	104,27	
Agente de Produção	1.500,00	9,00%	119,32	-	90,00	209,32	1.290,68	120,00	417,00	166,25	125,00	104,27	
Agente de Produção	1.500,00	9,00%	119,32	-	90,00	209,32	1.290,68	120,00	417,00	166,25	125,00	104,27	
Marceneiro	2.000,00	9,00%	164,32	-	120,00	284,32	1.715,68	160,00	556,00	221,67	166,67	139,02	
Marceneiro	2.000,00	9,00%	164,32	-	120,00	284,32	1.715,68	160,00	556,00	221,67	166,67	139,02	
Operador de Empilhadeira	1.800,00	9,00%	146,32	-	108,00	254,32	1.545,68	144,00	500,40	199,50	150,00	125,12	
Operador de Empilhadeira	1.800,00	9,00%	146,32	-	108,00	254,32	1.545,68	144,00	500,40	199,50	150,00	125,12	
Total	13.600,00		1.098,59		816,00	1.914,59	11.685,41	1.088,00	3.780,80	1.507,33	1.133,33	945,36	
MÃO-DE-OBRA INDIRETA													
Cargo	PROVENTOS		DESCONTOS				LIQ. PAGAR	ENCARGOS			PROVISÕES		
	Salário Fixo	INSS(%)	INSS(R\$)	IRRF (R\$)	V. T.	T. DESC.		8,00%	27,80%	1/12 + 1/3	13º SAL.	35,80%	
Eletricista	2.600,00	12,00%	233,63	34,68	156,00	424,31	2.175,69	208,00	722,80	288,17	216,67	180,73	
Mecânico de Manutenção	2.000,00	9,00%	164,32	-	120,00	284,32	1.715,68	160,00	556,00	221,67	166,67	139,02	
Supervisor de Marcenaria	2.700,00	12,00%	245,63	41,28	162,00	448,91	2.251,09	216,00	750,60	299,25	225,00	187,68	
Supervisor de Produção	3.000,00	12,00%	281,63	61,08	180,00	522,71	2.477,29	240,00	834,00	332,50	250,00	208,54	
Supervisor de Produção	3.000,00	12,00%	281,63	61,08	180,00	522,71	2.477,29	240,00	834,00	332,50	250,00	208,54	
Técnico de Seq. Trabalho	2.500,00	12,00%	221,63	28,08	150,00	399,71	2.100,29	200,00	695,00	277,08	208,33	173,78	
Total	15.800,00		1.428,50	226,19	948,00	2.602,69	13.197,31	1.264,00	4.392,40	1.751,17	1.316,67	1.098,28	
TOTAL GERAL													
Total	29.400,00		2.527,09	226,19	1.764,00	4.517,28	24.882,72	2.352,00	8.173,20	3.258,50	2.450,00	2.043,64	
CUSTO TOTAL MOD	R\$ 25.558,83												
CUSTO TOTAL MOI	R\$ 27.914,52												
INSS DEVIDO	R\$ 10.700,29												
FGTS DEVIDO	R\$ 2.352,00												
IRRF DEVIDO	R\$ 226,19												
PROVISÃO FÉRIAS*13º	R\$ 5.708,50												
ENCARGOS PROV.	R\$ 2.043,64												
Tabela Desconto INSS			Tabela Progressiva Imposto de Renda										
Faixa Salarial de Contribuição			Base de Cálculo IR										
De	Até	Alíquota	De	Até	Alíquota	A Deduzir							
0,00	1.045,00	7,50%	0,00	1.903,98	0,00%	0,00							
1.045,01	2.089,60	9,00%	1.903,99	2.826,65	7,50%	142,80							
2.089,61	3.134,40	12,00%	2.826,66	3.751,05	15,00%	354,80							
3.134,41	6.101,06	14,00%	3.751,06	4.664,68	22,50%	636,13							
1ª Faixa Salarial	R\$ 78,38		4.664,69	acima	27,50%	869,36							
2ª Faixa Salarial	R\$ 94,01												
3ª Faixa Salarial	R\$ 125,37												
4ª Faixa Salarial	R\$ 415,33												

Fonte: Autoria própria (2021)

O quadro 25 demonstra que, para o primeiro e segundo turno da empresa, no departamento produtivo, como mão-de-obra direta, são necessários oito colaboradores. E seis para a mão-de-obra indireta, resultando em 14 contratados. Para o terceiro turno, ao todo, são necessários sete colaboradores entre diretos e indiretos, conforme mostrado no quadro 26.

Quadro 26 – Projeção de custos com pessoal do setor produtivo: 3º turno

PROJEÇÃO DE CUSTOS COM PESSOAL - DEPARTAMENTO PRODUTIVO																																																																												
MÃO-DE-OBRA DIRETA																																																																												
Cargo	PROVENTOS		DESCONTOS				LIQ. PAGAR	ENCARGOS		PROVISÕES																																																																		
	Salário Fixo	INSS(%)	INSS(R\$)	IRRF (R\$)	V. T.	T. DESC.		8,00%	27,80%	1/12 + 1/3	13º SAL.	35,80%																																																																
Agente de Produção	1.800,00	9,00%	146,32	-	108,00	254,32	1.545,68	144,00	500,40	199,50	150,00	125,12																																																																
Agente de Produção	1.800,00	9,00%	146,32	-	108,00	254,32	1.545,68	144,00	500,40	199,50	150,00	125,12																																																																
Marceneiro	2.400,00	12,00%	209,63	21,48	144,00	375,11	2.024,89	192,00	667,20	266,00	200,00	166,83																																																																
Operador de Empilhadeira	2.160,00	12,00%	180,83	5,64	129,60	316,07	1.843,93	172,80	600,48	239,40	180,00	150,15																																																																
Total	8.160,00		683,12	27,11	489,60	1.199,83	6.960,17	652,80	2.268,48	904,40	680,00	567,22																																																																
MÃO-DE-OBRA INDIRETA																																																																												
Cargo	PROVENTOS		DESCONTOS				LIQ. PAGAR	ENCARGOS		PROVISÕES																																																																		
	Salário Fixo	INSS(%)	INSS(R\$)	IRRF (R\$)	V. T.	T. DESC.		8,00%	27,80%	1/12 + 1/3	13º SAL.	35,80%																																																																
Eletricista	3.120,00	12,00%	296,03	69,00	187,20	552,23	2.567,77	249,60	867,36	345,80	260,00	216,88																																																																
Supervisor de Produção	3.600,00	14,00%	362,95	130,76	216,00	709,70	2.890,30	288,00	1.000,80	399,00	300,00	250,24																																																																
Técnico de Seg. Trabalho	3.000,00	12,00%	281,63	61,08	180,00	522,71	2.477,29	240,00	834,00	332,50	250,00	208,54																																																																
Total	9.720,00		940,62	260,83	583,20	1.784,65	7.935,35	777,60	2.702,16	1.077,30	810,00	675,65																																																																
TOTAL GERAL																																																																												
Total	17.880,00		1.623,73	287,95	1.072,80	2.984,48	14.895,52	1.430,40	4.970,64	1.981,70	1.490,00	1.242,87																																																																
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>CUSTO TOTAL MOD</td> <td>R\$ 15.940,10</td> </tr> <tr> <td>CUSTO TOTAL MOI</td> <td>R\$ 15.762,71</td> </tr> <tr> <td>INSS DEVIDO</td> <td>R\$ 6.594,37</td> </tr> <tr> <td>FGTS DEVIDO</td> <td>R\$ 1.430,40</td> </tr> <tr> <td>IRRF DEVIDO</td> <td>R\$ 287,95</td> </tr> <tr> <td>PROVISÃO FÉRIAS/13º</td> <td>R\$ 3.471,70</td> </tr> <tr> <td>ENCARGOS PROV.</td> <td>R\$ 1.242,87</td> </tr> </table>													CUSTO TOTAL MOD	R\$ 15.940,10	CUSTO TOTAL MOI	R\$ 15.762,71	INSS DEVIDO	R\$ 6.594,37	FGTS DEVIDO	R\$ 1.430,40	IRRF DEVIDO	R\$ 287,95	PROVISÃO FÉRIAS/13º	R\$ 3.471,70	ENCARGOS PROV.	R\$ 1.242,87																																																		
CUSTO TOTAL MOD	R\$ 15.940,10																																																																											
CUSTO TOTAL MOI	R\$ 15.762,71																																																																											
INSS DEVIDO	R\$ 6.594,37																																																																											
FGTS DEVIDO	R\$ 1.430,40																																																																											
IRRF DEVIDO	R\$ 287,95																																																																											
PROVISÃO FÉRIAS/13º	R\$ 3.471,70																																																																											
ENCARGOS PROV.	R\$ 1.242,87																																																																											
<table border="1" style="width: 50%; float: left;"> <caption>Tabela Desconto INSS</caption> <thead> <tr> <th>Faixa Salárial de Contribuição</th> <th>De</th> <th>Até</th> <th>Aliquota</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0,00</td> <td>1.045,00</td> <td>7,50%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1.045,01</td> <td>2.089,60</td> <td>9,00%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2.089,61</td> <td>3.134,40</td> <td>12,00%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3.134,41</td> <td>6.101,06</td> <td>14,00%</td> </tr> <tr> <td>1ª Faixa Salárial</td> <td>R\$ 78,38</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2ª Faixa Salárial</td> <td>R\$ 94,01</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3ª Faixa Salárial</td> <td>R\$ 125,37</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4ª Faixa Salárial</td> <td>R\$ 415,33</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 50%; float: right;"> <caption>Tabela Progressiva Imposto de Renda</caption> <thead> <tr> <th colspan="4">Base de Cálculo IR</th> </tr> <tr> <th>De</th> <th>Até</th> <th>Aliquota</th> <th>A Deduzir</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,00</td> <td>1.903,98</td> <td>0,00%</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>1.903,99</td> <td>2.826,65</td> <td>7,50%</td> <td>142,80</td> </tr> <tr> <td>2.826,66</td> <td>3.751,05</td> <td>15,00%</td> <td>354,80</td> </tr> <tr> <td>3.751,06</td> <td>4.664,68</td> <td>22,50%</td> <td>636,13</td> </tr> <tr> <td>4.664,69</td> <td>acima</td> <td>27,50%</td> <td>869,36</td> </tr> </tbody> </table>													Faixa Salárial de Contribuição	De	Até	Aliquota		0,00	1.045,00	7,50%		1.045,01	2.089,60	9,00%		2.089,61	3.134,40	12,00%		3.134,41	6.101,06	14,00%	1ª Faixa Salárial	R\$ 78,38			2ª Faixa Salárial	R\$ 94,01			3ª Faixa Salárial	R\$ 125,37			4ª Faixa Salárial	R\$ 415,33			Base de Cálculo IR				De	Até	Aliquota	A Deduzir	0,00	1.903,98	0,00%	0,00	1.903,99	2.826,65	7,50%	142,80	2.826,66	3.751,05	15,00%	354,80	3.751,06	4.664,68	22,50%	636,13	4.664,69	acima	27,50%	869,36
Faixa Salárial de Contribuição	De	Até	Aliquota																																																																									
	0,00	1.045,00	7,50%																																																																									
	1.045,01	2.089,60	9,00%																																																																									
	2.089,61	3.134,40	12,00%																																																																									
	3.134,41	6.101,06	14,00%																																																																									
1ª Faixa Salárial	R\$ 78,38																																																																											
2ª Faixa Salárial	R\$ 94,01																																																																											
3ª Faixa Salárial	R\$ 125,37																																																																											
4ª Faixa Salárial	R\$ 415,33																																																																											
Base de Cálculo IR																																																																												
De	Até	Aliquota	A Deduzir																																																																									
0,00	1.903,98	0,00%	0,00																																																																									
1.903,99	2.826,65	7,50%	142,80																																																																									
2.826,66	3.751,05	15,00%	354,80																																																																									
3.751,06	4.664,68	22,50%	636,13																																																																									
4.664,69	acima	27,50%	869,36																																																																									

Fonte: Autoria própria (2021)

É demonstrado no quadro 27, a projeção de custos com pessoal do setor administrativo e comercial. Nessa parte, estão inseridos os três turnos. Como pode ser observado, são necessários, ao todo, 11 colaboradores, no entanto, está orçado o pró labore de dois sócios do empreendimento.

Quadro 27– Projeção de custos com pessoal do setor administrativo e comercial nos três turnos

PROJEÇÃO DE DESPESAS DE PESSOAL - DEPARTAMENTOS ADMINISTRATIVO E COMERCIAL												
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO												
Cargo	PROVENTOS		DESCONTOS				LIQ. PAGAR	ENCARGOS		PROVISÕES		
	Salário Fixo	INSS(%)	INSS(R\$)	IRRF (R\$)	V. T.	T. DESC.		8,00%	27,80%	1/12 + 1/3	13º SAL.	35,80%
Agente de Limpeza	1.500,00	9,00%	119,32	-	90,00	209,32	1.290,68	120,00	417,00	166,25	125,00	104,27
Agente de Limpeza	1.500,00	9,00%	119,32	-	90,00	209,32	1.290,68	120,00	417,00	166,25	125,00	104,27
Assistente Administrativo	2.000,00	9,00%	164,32	-	120,00	284,32	1.715,68	160,00	556,00	221,67	166,67	139,02
Assistente Administrativo	2.000,00	9,00%	164,32	-	120,00	284,32	1.715,68	160,00	556,00	221,67	166,67	139,02
Cozinheira - Copeira	1.800,00	9,00%	146,32	-	108,00	254,32	1.545,68	144,00	500,40	199,50	150,00	125,12
Cozinheira - Copeira	2.160,00	12,00%	180,83	5,64	129,60	316,07	1.843,93	172,80	600,48	239,40	180,00	150,15
Porteiro	2.000,00	9,00%	164,32	-	120,00	284,32	1.715,68	160,00	556,00	221,67	166,67	139,02
Porteiro	2.000,00	9,00%	164,32	-	120,00	284,32	1.715,68	160,00	556,00	221,67	166,67	139,02
Porteiro	2.400,00	12,00%	209,63	21,48	144,00	375,11	2.024,89	192,00	667,20	266,00	200,00	166,83
Recepcionista	1.800,00	9,00%	146,32	-	108,00	254,32	1.545,68	144,00	500,40	199,50	150,00	125,12
Pró Labore	5.000,00	14,00%	558,95	363,11	300,00	1.222,05	3.777,95	400,00	1.390,00	554,17	416,67	347,56
Pró Labore	5.000,00	14,00%	558,95	363,11	300,00	1.222,05	3.777,95	400,00	1.390,00	554,17	416,67	347,56
Total	29.160,00		2.696,95	753,33	1.749,60	5.199,88	23.960,12	2.332,80	8.106,48	3.231,90	2.430,00	2.026,96
DEPARTAMENTO COMERCIAL												
Cargo	PROVENTOS		DESCONTOS				LIQ. PAGAR	ENCARGOS		PROVISÕES		
	Salário Fixo	INSS(%)	INSS(R\$)	IRRF (R\$)	V. T.	T. DESC.		8,00%	27,80%	1/12 + 1/3	13º SAL.	35,80%
Vendedor	3.000,00	12,00%	281,63	61,08	180,00	522,71	2.477,29	240,00	834,00	332,50	250,00	208,54
Total	3.000,00		281,63	61,08	180,00	522,71	2.477,29	240,00	834,00	332,50	250,00	208,54
TOTAL GERAL												
Total	32.160,00		2.978,59	814,41	1.929,60	5.722,60	26.437,40	2.572,80	8.940,48	3.564,40	2.680,00	2.235,50
INSS DEVIDO	R\$	11.919,07										
FGTS DEVIDO	R\$	2.572,80										
IRRF DEVIDO	R\$	814,41										
PROVISÃO FÉRIAS/13º	R\$	6.244,40										
ENCARGOS PROV.	R\$	2.235,50										
Tabela Desconto INSS			Tabela Progressiva Imposto de Renda									
Faixa Salárial de Contribuição			Base de Cálculo IR									
De	Até	Aliquota	De	Até	Aliquota	A Deduzir						
0,00	1.045,00	7,50%	0,00	1.903,98	0,00%	0,00						
1.045,01	2.089,60	9,00%	1.903,99	2.826,65	7,50%	142,80						
2.089,61	3.134,40	12,00%	2.826,66	3.751,05	15,00%	354,80						
3.134,41	6.101,06	14,00%	3.751,06	4.664,68	22,50%	636,13						
1ª Faixa Salarial	R\$	78,38	4.664,69	acima	27,50%	869,36						
2ª Faixa Salarial	R\$	94,01										
3ª Faixa Salarial	R\$	125,37										
4ª Faixa Salarial	R\$	415,33										

Fonte: Autoria própria (2021)

O quadro 28 exibe os gastos com o custos fixos e despesas fixas. Foram mensurados os custos mensais, e posteriormente, a soma dos mesmo ao longo de 12 meses. Recordando que, custos e despesas fixas são gastos que independem da quantidade de itens produzidos (GITMAN, 2010).

Quadro 28 - Custos fixos e despesas fixas

● DESPESAS FIXAS PLANEJADAS		
DESCRIÇÃO	UN	Despesas Fixas Mensais
Impressos e material de escritório	R\$	1.000,00
Contração de Pessoal	R\$	1.500,00
Viagens e Estadas	R\$	5.000,00
Combustível e Lubrificante	R\$	5.000,00
Limpeza e higiene	R\$	500,00
Energia Elétrica	R\$	500,00
Telefone e Internet	R\$	5.000,00
Serviços Prestados por Terceiros	R\$	3.500,00
Demais Taxas e Impostos	R\$	175,00
Manutenção de Veículos	R\$	3.500,00
Depreciação	R\$	1.727,08
Seguros	R\$	40,66
Correios e Telégrafos	R\$	500,00
Honorários Contábeis	R\$	3.000,00
Propaganda e Publicidade	R\$	3.000,00
Despesas Bancárias	R\$	300,00
TOTAL	R\$	34.242,74
TOTAL - ANO	R\$	410.912,87
● CUSTOS FIXOS PLANEJADOS		
Energia Elétrica (Demanda Contratada)	R\$	2.000,00
Manutenção de Máquinas e Equipamentos	R\$	5.000,00
Manutenção de Imóvel	R\$	3.000,00
Uniformes e EPI's	R\$	2.000,00
Combustível e Lubrificante	R\$	1.800,00
Limpeza e higiene	R\$	3.000,00
Depreciação	R\$	19.689,58
Seguros	R\$	584,34
TOTAL	R\$	37.073,92
TOTAL - ANO	R\$	444.887,09

Fonte: Autoria própria (2021)

Os custos variáveis na forma de gastos com energia e água são mostrados no quadro 29. Esses custos são atribuídos à atividade produtiva da empresa (GITMAN, 2010). Os dados que compõem os principais custos e despesas da usina servem de base para chegar nos indicadores financeiros.

Quadro 29 - Custos variáveis: energia e água

CUSTOS VARIÁVEIS			
DEMAIS CUSTOS VARIÁVEIS			
Energia Elétrica		Água	
Custo Energia/ kg	0,47	Consumo m3/h	1,00
		Custo do M3	0,00
Período	Energia Elétrica	Água	Total
out/21	10.152,00	259,20	10.411,20
nov/21	10.152,00	259,20	10.411,20
dez/21	10.152,00	259,20	10.411,20
jan/22	10.152,00	259,20	10.411,20
fev/22	10.152,00	259,20	10.411,20
mar/22	10.152,00	259,20	10.411,20
abr/22	10.152,00	259,20	10.411,20
mai/22	10.152,00	259,20	10.411,20
jun/22	10.152,00	259,20	10.411,20
jul/22	10.152,00	259,20	10.411,20
ago/22	10.152,00	259,20	10.411,20
set/22	10.152,00	259,20	10.411,20
out/22	10.152,00	259,20	10.411,20
nov/22	10.152,00	259,20	10.411,20
dez/22	10.152,00	259,20	10.411,20
TOTAL - ANO (a partir de jan/22)	121.824,00		124.934,40

Fonte: Autoria própria (2021)

O tipo de financiamento e as condições são demonstrados no quadro 30. Considerou-se o valor integral do projeto financiado, com uma carência de 12 meses, e 120 meses como prazo de pagamento, para um uma taxa de juros anual de 8,01% a.a. A parcela total (juros + principal) foi de R\$ 35.644,18.

Quadro 30 – Condições de financiamento

FINANCIAMENTO - PLANEJADO	
Valor Financiado	2.675.000,00
Taxa de Juros anual	8,01%
Taxa de Juros Mensal	0,64%
Credor	BNDES FINAME
Prazo de Pqto	120 meses
Carência	12 meses
Parcela	R\$ 34.644,18

Fonte: Autoria própria (2021)

O quadro 31 resume os principais indicadores financeiros: VPL, TIR, e *Payback*. Ela apresenta, na essência, a viabilidade financeira do projeto. Em síntese, a Demonstração do Fluxo de Caixa foi projetada para 5 anos, para um custo de

oportunidade de 8,01% a.a. Esse índice é a TMA, e foi usado como valor de referência, a composição da taxa de juros do²⁷BNDES - FINAME.

Quadro 31 – Fluxo de Caixa, Fluxo de Caixa Descontado, TMA, VPL e TIR

Taxa Mínima de Atratividade Anual	8,01%											
Taxa Mínima de Atratividade Mensal	0,64%											
	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9	Mês 10	Mês 11	Mês 12
	(2.675.000,00)	-	-	-	-	-	-	-	-	148.464,87	203.392,52	158.614,29
	(2.657.878,49)	-	-	-	-	-	-	-	-	139.231,36	189.522,02	146.851,49
	Mês 13	Mês 14	Mês 15	Mês 16	Mês 17	Mês 18	Mês 19	Mês 20	Mês 21	Mês 22	Mês 23	Mês 24
	179.542,45	184.286,90	184.213,32	184.201,03	184.190,51	184.179,98	184.169,39	184.158,72	184.147,99	182.262,19	182.251,32	23.906,81
	165.163,67	168.443,08	167.298,13	166.216,23	165.142,93	164.076,54	163.016,98	161.964,20	160.918,15	158.250,82	157.228,55	20.492,44
	Mês 25	Mês 26	Mês 27	Mês 28	Mês 29	Mês 30	Mês 31	Mês 32	Mês 33	Mês 34	Mês 35	Mês 36
	182.229,36	184.093,28	184.082,12	184.070,90	184.059,60	184.048,23	184.036,78	184.025,26	184.013,67	182.127,00	182.115,26	23.769,88
	155.203,59	155.787,52	154.781,02	153.780,95	152.787,29	151.799,98	150.819,00	149.844,29	148.875,82	146.406,30	145.459,84	18.864,05
	Mês 37	Mês 38	Mês 39	Mês 40	Mês 41	Mês 42	Mês 43	Mês 44	Mês 45	Mês 46	Mês 47	Mês 48
	182.091,55	183.954,57	183.942,53	183.930,40	183.918,20	183.905,91	183.893,55	183.881,11	183.868,59	181.980,99	181.968,30	23.621,97
	143.585,05	144.125,68	143.193,81	142.267,91	141.347,94	140.433,85	139.525,62	138.623,20	137.726,55	135.440,17	134.563,89	17.356,43
	Mês 49	Mês 50	Mês 51	Mês 52	Mês 53	Mês 54	Mês 55	Mês 56	Mês 57	Mês 58	Mês 59	Mês 60
	181.942,69	183.804,76	183.791,75	183.778,65	183.765,47	183.752,20	183.738,85	183.725,41	183.711,89	181.823,28	181.809,58	23.462,22
	132.828,14	133.328,68	132.465,92	131.608,68	130.756,93	129.910,64	129.069,75	R\$ 128.234,26	127.404,11	125.287,28	124.475,99	15.960,61
VPL	4.319.868,83											Valor Residual dos Ativos para Cálculo do VPL
TIR	4,07%											Mensal
TIR	61,47%											Anual
Tempo Retorno	1,63											anos
Tempo Retorno	1											anos
	8											meses

Fonte: Autoria própria (2021)

Para compreender o resultado demonstrado no quadro 31, antes, será preciso ratificar a informação do conservadorismo dos dados. Foi trabalhado um cenário realista para esse modelo. Com esse pensamento, não foi auferido o ganho financeiro pela prestação de serviços ao município, apenas, a receita pela venda das biomadeiras.

O Fluxo de Caixa para cada ano, está projetado de forma livre do custo de oportunidade, e também, descontado da TMA. Tratou-se nessa projeção, que o fluxo de caixa do projeto é recorrente e consistente ao longo do tempo.

O VPL trouxe um valor de R\$ 4.319.868,83, ou seja, positivo e maior que zero, demonstrando, por esse indicador, a viabilidade financeira do projeto (GITMAN, 2010). A TIR anual foi de 61,47%, a mesma estando alavancada (ASSAF NETO, LIMA, 2014), indicando que esse percentual é maior do que a TMA (8,01%). O *Payback* foi de 1 ano e 8 meses, e pode-se somar ao período pré operacional de seis meses, garantindo o retorno do capital investido em 2 anos e 2 meses.

²⁷ Para consultar a composição das taxas de juros praticadas pelo BNDES, ver: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-finame-todos>>

Ao analisar a fotografia dos números exibidos, demonstra-se que, pelos indicadores financeiros apresentados, existe a viabilidade financeira do projeto da usina de biomadeira. No entanto, será preciso comprovar esse entendimento na parte estatística, ou seja, pelo método quantitativo.

4.4 COMPROVAÇÃO DOS INDICADORES FINANCEIROS PELA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

A partir da apresentação dos indicadores financeiros (VPL, TIR e *Payback*), e suas respectivas análises, será necessário comprovar, estatisticamente, a viabilidade financeira da usina de transformação dos RSU em biomadeira para pequeno município. E nessa operação, foi necessário o uso de recursos e de técnicas estatísticas (PRODANOV, FREITAS, 2013).

Para essa etapa estatística, houve a preferência por rodar uma simulação de Monte Carlo, utilizando do Software Crystal Ball® para medir uma possível variação mínima e máxima de 20% no preço de venda do produto e os impactos nos indicadores VPL e TIR. O preço de venda do produto foi calculado em quilo, orçado em R\$ 6,00, valor esse, dentro da média de mercado, conforme indicado na tabela 7, no intuito de facilitar o desenvolvimento desses indicadores financeiros.

Tabela 7 - Comparativo de preços de madeira (em quilos), usando como referência, o Estado de São Paulo, no ano de 2019

Comparativo de preços			
Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4
Pinus Eucalipto	Jequitibá Cedro Freijó Biomadeira	Imbuia	Mogno
R\$ 2,00 - R\$ 3,50	R\$ 4,00 - R\$ 6,50	R\$ 7,00 - R\$ 9,50	R\$ 12,00

Fonte: Adaptado de EKT (2021)

As variáveis determinantes que podem afetar os principais indicadores financeiros do projeto, são: maior investimento no projeto; elevação ou diminuição da atividade produtiva; aumento ou queda do preço do quilo da biomadeira (EKT, 2019).

Esses componentes, de forma primária, podem comprometer, diretamente, a capacidade de geração futura de caixa da empresa, e com isso, refletir em uma piora nos resultados desses indicadores financeiros.

Para a realização da simulação de Monte Carlo, não foi escolhido o aumento dos investimentos, se tratando de uma variável que pode ser controlada. Nesse caso, está se determinando um valor de máquinas por hora produzida vezes o volume. Ou seja, a aquisição das máquinas e equipamentos (que reflete o maior percentual desses aportes financeiros) está acompanhando o volume de RSU gerado. Os dois indicadores caminham juntos: se há aumento do investimento, é porque há um crescimento da geração dos RSU, portanto, essa passa ser uma questão neutralizada.

A atividade produtiva não foi escolhida, porque a variação dessa é muito pequena. Como se trata de pequeno município, poucas quantidades diárias de RSU serão geradas, e que os valores gerados permanecem constantes oscilando muito pouco a geração desses resíduos, permanecendo esses valores dentro de uma margem de tolerância (salvo, alguma sazonalidade que provoque um efeito direto no aumento ou redução da geração do RSU), mas isto já está previsto dentro do orçamento.

As máquinas e os equipamentos terão capacidade produtiva maior do que o volume de RSU gerado no município. Isso permite uma “folga” de processo, garantindo à estabilidade operacional, mesmo que possa ocorrer as imprevisibilidades ao longo do tempo, ou até mesmo, um crescimento populacional que pode acarretar em uma elevação do montante dos passivos ambientais gerados.

Deste modo, a variável escolhida foi a interferência do aumento ou diminuição do preço nos indicadores financeiros VPL e TIR. Esse pode ser considerado de risco, uma vez que, a biomadeira estará suscetível às condições econômicas e de mercado. Em crise, pode provocar a diminuição dos preços, queda da demanda, entre outros. Em um mercado aquecido, com o crescimento da demanda, o preço pode ter elevação. Então, essa variação de preço pode comprometer os indicadores financeiros, e isso foge ao controle da gestão do empreendimento, se tratando de uma variável que pode ser totalmente controlada.

Nessa simulação, conforme supracitado, atribuiu-se um percentual de 20% de possibilidade na variação do preço de venda do produto, devido à sensibilidade do posicionamento de mercado. O preço médio está estimado em R\$ 6,00, portanto, a

mínima foi de R\$ 4,80 e a variação máxima foi de R\$ 7,20, conforme demonstrado no quadro 32. Mantiveram-se fixas, as outras variáveis do projeto.

Quadro 32 - Distribuição triangular do preço do quilo da biomadeira

Distribuição triangular com parâmetros	
Mínimo	4,80
Mais provável	6,00
Máximo	7,20

Fonte: Autoria própria (2021)

Utilizou-se uma distribuição triangular com 10.000 iterações, pois ela descreve uma situação onde pode estimar o mínimo, o máximo, e o mais provável valor a ocorrer. São sugeridas a utilização de distribuições mais simples, quando há poucas informações ou apenas, probabilidades subjetivas (PETERNELLI *et al.*, 2006).

Nessa seara, a distribuição triangular passa a ser recomendável, pela sua simplificação, e capacidade de expressar distribuições assimétricas, e necessita de poucos parâmetros. A distribuição triangular é uma que se destaca neste caso, devido à sua simplicidade, capacidade de expressar distribuições assimétricas e dependência de poucos parâmetros na sua estimativa, inclusive, a leitura e interpretação do resultado é de fácil assimilação, já que os valores mais próximos, tem uma maior probabilidade de acontecer (RODRIGUEZ, 1987; LAW, KELTON, 1991).

Segundo Machado, Ferreira (2012):

“Existem três pontos distintos da distribuição para cada variável de entrada, ou seja, para estimativa dos custos ou prazos individuais ou parciais do projeto: a estimativa do valor mínimo possível (min), o valor mais provável (Mp) e o valor máximo possível estimado (máx)”.

Esses três valores representam os cenários possíveis que são gerados aleatoriamente, baseados nessas aferições.

Em uma distribuição triangular, “a probabilidade de determinado valor “x” ocorrer corresponde à área do triângulo” (MACHADO, FERREIRA, 2012). ²⁸A função da distribuição triangular pode ser dado da seguinte forma:

²⁸ A função da distribuição triangular que é apresentado na sequência, foi referenciado a partir do trabalho divulgado, por: Machado, Ferreira (2012). Para maiores esclarecimentos, ver: MACHADO, N. R. S.; FERREIRA, A. O. Método de Simulação de Monte Carlo em Planilha de Excel. **Revista de Ciências Gerenciais**, Valinhos, v. 16, n. 23, p. 223 – 244, nov. 2012 Vol. 16, Nº. 23, Ano 2012.

min – valor mínimo assumido pela função;

mp – valor mais provável da ocorrência;

max – valor máximo assumido pela função.

Calculando o lado esquerdo da equação, que representa o lado do valor mínimo:

$$min \leq x \leq mp \Rightarrow \frac{(x-min)^2}{(mp-min) \cdot (max-min)} \quad (4)$$

Sendo RN uma variável aleatória no intervalo $min \leq x \leq mp$, no lado esquerdo, pode substituir a expressão matemática, ficando em relação ao Mp :

$$RN = \frac{(x-min)^2}{(mp-min) \cdot (max-min)}$$

$$(x - min)^2 = (RN) \cdot (mp - min) \cdot (max - min)$$

$$(x - min) = \sqrt{(RN) \cdot (mp - min) \cdot (max - min)}$$

Portanto:

$$x = min + \sqrt{(RN) \cdot (mp - min) \cdot (max - min)}$$

Para o lado direito da distribuição triangular, que representa o valor máximo possível, tem-se:

$$mp < x \leq max \Rightarrow 1 - \frac{(max-x)^2}{(max-mp) \cdot (max-min)} \quad (5)$$

Sendo RN uma variável aleatória no intervalo $mp < x \leq max$, correspondente ao lado direito da distribuição triangular, pode substituir a expressão matemática, ficando em relação ao Mp :

$$RN = 1 - \frac{(max-x)^2}{(max-mp) \cdot (max-min)}$$

Então:

$$(1 - RN) = \frac{(max-x)^2}{(max-mp) \cdot (max-min)}$$

$$(max - x) = \sqrt{(1 - RN) \cdot (max - mp) \cdot (max - min)}$$

Portanto:

$$X = \max - \sqrt{(1 - RN) \cdot (\max - mp) \cdot (\max - \min)}$$

[6]

Com isso, percebe-se o efeito das duas equações na variável preço, para um valor mínimo e máximo. O valor de x pode ocupar qualquer área preenchida do triângulo, transitando entre uma variação de até 20% do menor para o maior nível, e assim, pode-se observar o impactos dessa oscilação do preço do quilo da biomadeira nos indicadores financeiros, VPL e TIR.

Rodou-se a simulação de Monte Carlo com 10.000 iterações. Não precisou ampliar a sua iteração, uma vez que o erro para os resultados foi baixo, próximo de zero. O erro teórico da simulação desse modelo é da ordem de $n^{-0,5}$ ou seja, para reduzir 10 vezes o erro, deve-se multiplicar o número de iterações n por 100.

Foi adotado para a Simulação de Monte Carlo, um intervalo de confiança de 95%, o mais comum dos intervalos utilizados na literatura. Para este estudo, escolheu-se o software Crystall Ball®, por ser intuitivo, pela sua facilidade de manuseio e interatividade com o Microsoft Excel®.

Os resultados apresentados partem de um relatório completo do próprio programa. Os dados financeiros do projeto da usina de biomadeira estão descritos em planilhas financeiras, e para a realização da simulação de Monte Carlo, foi utilizado: “*Planilha: Usina 100 kgH RSU*”. Portanto, houve uma conexão e interação entre os dois programas para apresentação dos resultados de viabilidade financeira.

Primeiramente, é necessário entender o impacto do aumento ou diminuição do preço do quilo da biomadeira sobre o VPL. O quadro 33 revela a estatística da previsão dessa operação com 10.000 iterações.

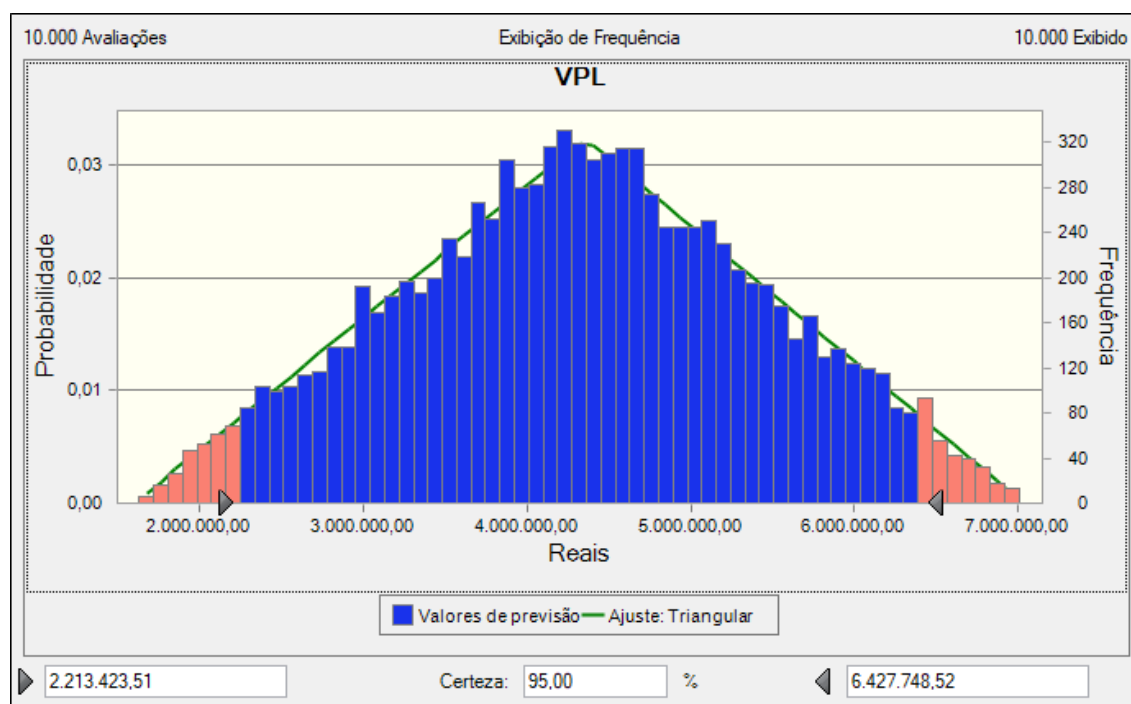
Quadro 33 - Previsão para VPL

Estadística	Valores de previsão
Avaliações	10.000
Caso Base	4.319.868,83
Média	4.332.155,92
Mediana	4.330.781,17
Moda	---
Desvio Padrão	1.101.792,98
Variância	1.213.947.781.488,08
Obliquidade	-0,0121
Curtose	2,43
Coefficiente de Variação	0,2543
Mínimo	1.630.032,05
Máximo	7.003.370,72
Largura do Intervalo	5.373.338,67
Erro Padrão Média	11.017,93

Fonte: Autoria própria (2021)

Como o VPL para o preço do quilo da madeira em R\$ 6,00 foi de R\$ 4.319.868,83, esse valor permanece dentro do limite mínimo e máximo do intervalo de certeza. O gráfico 3 vai ilustrar de maneira que se possa visualizar melhor esse resultado. Portanto, pode-se compreender que, para o Intervalo de Confiança de 95%, tanto um aumento do quilo da biomadeira para R\$ 7,20, como a diminuição do preço para R\$ 4,80, o impacto sobre o VPL não foi significativo.

Gráfico 3 - Gráfico da simulação de Monte Carlo do impacto da variação de preço sobre o VPL



Fonte: Autoria própria (2021)

Em resumo, para uma confiança de 95%, o intervalo de certeza é de R\$ 2.213.423,51 a R\$ 6.427.748,52. O intervalo inteiro é de R\$ 1.630.032,05 a 7.003.370,72. O caso base é de R\$ 4.319.868,83, e um erro padrão da média de R\$ 11.017,93, para 10.000 iterações.

O quadro 34, de forma resumida, ilustra os valores da previsão do VPL dentro dos limites inteiros de percentis mínimo e máximo. Percebe-se que, o VPL é positivo e maior que zero, no percentil inferior de 0% até o percentil superior de 100%. Mesmo praticando um preço inferior em 20% ao médio orçado, o projeto pela ótica desse indicador e pelo cenário de *stress*, permanece viável.

Quadro 34 - Percentis e Valor da Previsão do VPL

Percentis	Valores de previsão
0%	1.630.032,05
10%	2.844.808,27
20%	3.351.064,37
30%	3.738.145,55
40%	4.056.516,66
50%	4.330.604,65
60%	4.616.255,53
70%	4.932.181,04
80%	5.311.881,45
90%	5.833.808,70
100%	7.003.370,72

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Avançando nas análises, nesse momento, será conduzido o olhar para o comportamento da TIR anual. Para complementar o teste estatístico sobre a viabilidade financeira da usina de biomadeira, o quadro 35 mostra o resumo da interferência de um possível aumento ou diminuição de 20% do preço do quilo da biomadeira, rodando com 10.000 iterações.

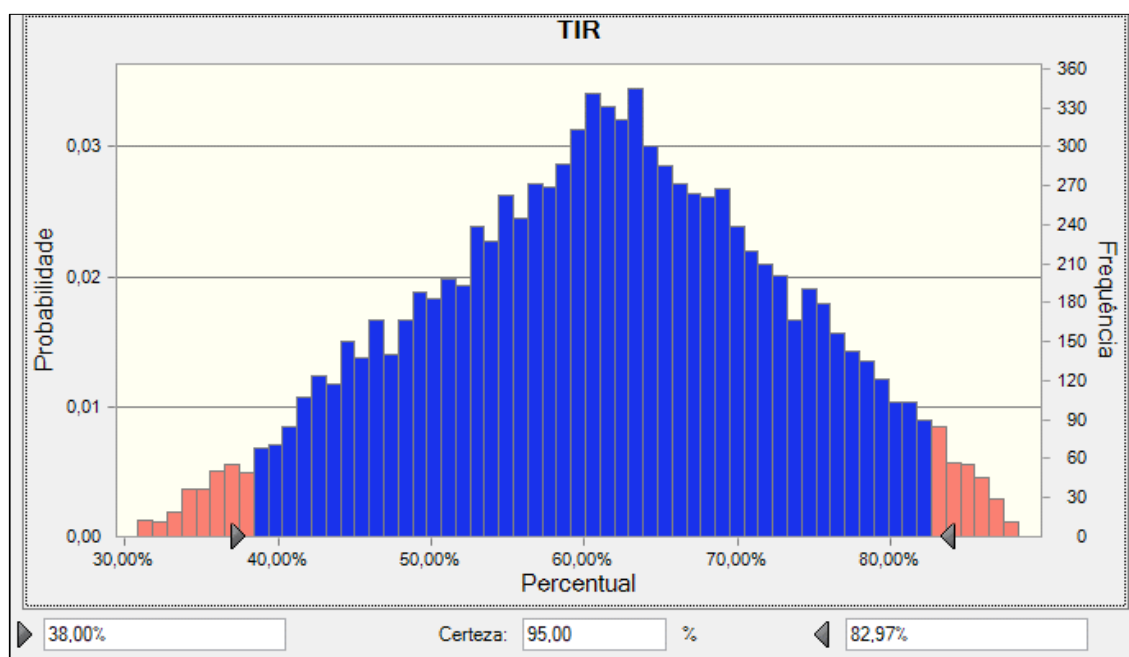
Quadro 35 – Previsão para TIR anual

Estadística	Valores de previsão
Avaliações	10.000
Caso Base	61,47%
Média	61,23%
Mediana	61,49%
Moda	---
Desvio Padrão	11,74%
Variância	1,38%
Obliquidade	-0,1005
Curtose	2,45
Coefficiente de Variação	0,1917
Mínimo	30,87%
Máximo	88,30%
Largura do Intervalo	57,43%
Erro Padrão Média	0,12%

Fonte: Autoria própria (2021)

Como a TIR anual para o preço do quilo da madeira em R\$ 6,00 foi de R\$ 61,47%, esse valor permanece dentro do limite mínimo e máximo do intervalo de certeza. O gráfico 4 vai ilustrar de maneira que se possa visualizar melhor esse resultado. Portanto, pode-se compreender que, para o Intervalo de Confiança de 95%, tanto um aumento do quilo da biomadeira para R\$ 7,20, como a diminuição do preço para R\$ 4,80, o impacto sobre a TIR anual não foi significativo.

Gráfico 4 - Gráfico da simulação de Monte Carlo do impacto da variação de preço sobre a TIR anual



Fonte: Autoria própria (2021)

Em resumo, para uma confiança de 95%, o intervalo de certeza é de R\$ 38% a R\$ 82,97%. O intervalo inteiro é de 30,87% a 88,30%. O caso base é de 61,47%, e um erro padrão da média de 0,12%, para 10.000 iterações.

O quadro 36, de forma resumida, exhibe os valores da previsão da TIR anual dentro dos limites inteiros de percentis mínimo e máximo. Percebe-se que, a TIR anual é positivo e maior que a TMA, no percentil inferior de 0% até o percentil superior de 100%. Mesmo praticando um preço inferior em 20% ao médio orçado, o projeto pela ótica desse indicador, ainda permanece superior ao custo de oportunidade.

Quadro 36 - Percentis e valor da previsão da TIR anual

Percentis		Valores de previsão
0%		30,87%
10%		45,05%
20%		50,78%
30%		55,01%
40%		58,60%
50%		61,49%
60%		64,34%
70%		67,81%
80%		71,71%
90%		76,82%
100%		88,30%

Fonte: Autoria própria (2021)

Deste modo, a fase do método quantitativo ao analisar o modelo estatístico, comprovou-se a viabilidade financeira apresentada do projeto da usina de biomadeira. A simulação de Monte Carlo foi rodada com os dados reais, em um Intervalo de Confiança de 95%, o que permite considerar que os resultados demonstrados são confiáveis. Os resultados são cristalinos e de baixo erro médio da média

Em um cenário hipotético que pode provocar uma flutuação no preço do quilo da biomadeira em 20%, essa variável não teve força o suficiente para impactar de forma direta, os indicadores financeiros VPL e TIR, o que mais uma vez, permite compreender a plena viabilidade financeira do empreendimento.

Para ratificar a comprovação da viabilidade financeira da usina de biomadeira, pode-se olhar o comportamento dos indicadores financeiros VPL e TIR por meio da evolução da taxa de desconto. A tabela 8 mostra o horizonte de evolução da TMA, e apresenta os resultados desses indicadores para cada percentual da taxa de custo de oportunidade estipulada.

Tabela 8 – Comportamento do VPL, TIR mensal e TIR anual partindo da evolução da TMA para usina de biomadeira em pequeno município, no Brasil

TMA	Valor Presente Líquido (VPL)			
	9%	9,5%	10%	12%
	R\$ 4.148.278,77	R\$ 4.064.151,84	R\$ 3.981.669,05	R\$ 3.667.370,93
TIR ANUAL	61,47%	61,47%	61,47%	61,47%

Fonte: Autoria própria (2021)

Tanto o VPL, quanto a TIR anual, apresentou-se positivo, para todas as taxas de desconto consideradas na sua evolução, sob a ótica da estrutura de capital. Isso reforça que, para determinadas TMA, por meio dos indicadores financeiros VPL e TIR, a usina de biomadeira é viável.

Por fim, após essas considerações, constata-se que, para uma TMA que varia de 9% até 12%, o VPL continua saudável, permanecendo com valores positivos e acima de zero. Para reforçar a análise de sensibilidade, após o exame da sua estrutura de capital, de forma conjunta, é importante demonstrar um cenário mais pessimista em relação ao preço de venda e queda das receitas, e os retornos. Para isso, considerou-se dois panoramas: (i) mínimo de R\$ 4,00 o kilo da biomadeira e um preço máximo de R\$ 9,50; (ii) para uma venda orçada em 72.000 kilos por mês, foi ponderado vendas mínimas de 52.000 kilos por mês e vendas máximas de 74.000 kilos por mês. O quadro 37 apresenta o resultado dessa simulação de sensibilidade para os cenários propostos.

Quadro 37 – Resultado da sensibilidade para cenários pessimistas e otimistas

432.000	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9,5
52.000	208.000,00	234.000,00	260.000,00	286.000,00	312.000,00	338.000,00	364.000,00	390.000,00	416.000,00	442.000,00	494.000,00
55.000	220.000,00	247.500,00	275.000,00	302.500,00	330.000,00	357.500,00	385.000,00	412.500,00	440.000,00	467.500,00	522.500,00
60.000	240.000,00	270.000,00	300.000,00	330.000,00	360.000,00	390.000,00	420.000,00	450.000,00	480.000,00	510.000,00	570.000,00
65.000	260.000,00	292.500,00	325.000,00	357.500,00	390.000,00	422.500,00	455.000,00	487.500,00	520.000,00	552.500,00	617.500,00
70.000	280.000,00	315.000,00	350.000,00	385.000,00	420.000,00	455.000,00	490.000,00	525.000,00	560.000,00	595.000,00	665.000,00
71.000	284.000,00	319.500,00	355.000,00	390.500,00	426.000,00	461.500,00	497.000,00	532.500,00	568.000,00	603.500,00	674.500,00
72.000	288.000,00	324.000,00	360.000,00	396.000,00	432.000,00	468.000,00	504.000,00	540.000,00	576.000,00	612.000,00	684.000,00
73.000	292.000,00	328.500,00	365.000,00	401.500,00	438.000,00	474.500,00	511.000,00	547.500,00	584.000,00	620.500,00	693.500,00
74.000	296.000,00	333.000,00	370.000,00	407.000,00	444.000,00	481.000,00	518.000,00	555.000,00	592.000,00	629.000,00	703.000,00

Fonte: Autoria própria (2021)

De acordo com o quadro 37, observam-se múltiplos cenários. O extremo inferior, cujo preço de venda é de R\$ 4,00 o kilo e as vendas mínimas de 52.000 kilos, o faturamento mensal é positivo, estando ainda acima dos custos e despesas da empresa, mesmo com uma margem de rentabilidade menor. O cenário real está,

praticamente, na média entre o limite inferior, e um pouco acima da média, em relação ao limite superior. Isto indica que, o projeto mesmo em panoramas favoráveis ou desfavoráveis, pode ser viável, financeiramente.

Com isso, compreende-se que, o projeto da usina de biomadeira é saudável, de baixo risco, e viável financeiramente. Quando varia o preço do quilo do produto em 20%, quando há alteração da TMA, partindo de 8% e finalizando em 12%, ou quando a projeção financeira é exposta em um cenário mais pessimista, ainda assim, os indicadores financeiros VPL e TIR permanecem positivos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A geração de RSU é uma condição inerente à sobrevivência humana. Quaisquer atividades que garantam o mínimo de condições de vida, tende a ser uma fonte geradora de resíduos sólidos.

O referencial teórico trouxe à luz, que entre os anos de 2010 e 2018, houve um aumento considerável da geração de resíduos sólidos, estando, na média, acima da taxa de crescimento da população. Isto acarreta aos municípios, uma sobrecarga de responsabilidades sobre a gestão eficiente dos RSU, especialmente, no que se refere à destinação final adequada.

No esteio das políticas econômicas, a partir do ano de 2010, o consumo das famílias foi incentivado como proposta de crescimento econômico. Contudo, compreende-se que pode existir uma relação entre o consumo por parte das famílias e a variação da produção de resíduos sólidos.

No entanto, outras variáveis são determinantes para se ter uma melhor compreensão sobre as causas motivadoras da geração dos RSU. Este estudo não pretendeu se aprofundar nessa temática, mas apenas, de forma sintética, provocar uma reflexão que está interligado com a ordem de prioridade da PNRS, que versa sobre a não geração, redução, reutilização, reciclagem e destinação final adequada dos resíduos, e com isso, sugerir estudos que possam conectar políticas econômicas e ambientais.

Utilizando como bússola para orientar o caminho que este estudo poderia seguir, a PNRS serviu de roteiro para o desenvolvimento das pesquisas científicas. Partem-se de três pilares principais: i) ordem de prioridade; ii) pequenos municípios; iii) destinação final adequado dos RSU. E a partir destas bases, reunir condições para prover a análise de viabilidade financeira da usina de biomadeira.

Para tanto, foi necessário uma interpretação mais pormenorizada da PNRS, doravante, apenas nas disposições que estão conectadas com o propósito desta pesquisa. Esse entendimento agrega valor ao referencial teórico, por se tratar de uma Lei Federal que pode ser considerada um marco legislativo a um tema de complexidade, que é a gestão adequada dos resíduos sólidos.

No avançar das pesquisas, foi necessário buscar dados e informações referentes à destinação final dos RSU. Esse tema é a pedra angular da proposta final

deste trabalho: análise de viabilidade financeira de uma sistema que processa e trata os RSU, que pode ser uma alternativa para os municípios de pequeno porte.

E quando se fala de destinação final adequada, é um tema sensível junto ao poder público. Conforme apresentado no referencial teórico, ainda persiste, como forma de disposição final, o aterro sanitário, aterro controlado e vazadouros à céu aberto e, entre os anos de 2009 e 2018, a quantidade de RSU dispostos nestas unidades de destino, aumentou.

E esta situação pode ser mais percebida de municípios de pequeno porte. A maior parte deles não possui um PGIRS, e que esse pode ser um fator de contribuição para uma gestão ineficiente dos resíduos. E ainda, existem outras implicações, como: custos elevados, receita arrecadada insuficiente, não cobrança da taxa de lixo, ou quando cobram, está vinculado ao IPTU, e baixa autossuficiência financeira. Quando há o aumento da geração de RSU, e os serviços de manejo de resíduos se tornam mais onerosos, a receita financeira da maioria desses municípios não acompanham, gerando um descompasso entre arrecadação e custos.

Para contribuir com a pesquisa, foi abordado temas como: econoinovação e economia circular. E, para finalizar o referencial teórico, houve a necessidade da exposição conceitual dos indicadores financeiros utilizados na pesquisa empírica, bem como, a simulação de Monte Carlo.

E para a estimação da viabilidade financeira da usina de biomadeira, foi necessário realizar uma visita técnica na empresa responsável pela tecnologia. Junto à departamentos específicos, foi possível coletar dados e informações que embasaram a construção do modelo financeiro para a projeção dos indicadores.

Partindo do modelo financeiro construído e projetado, a análise dos indicadores se torna mais assertiva. E com a realidade dos dados, chegou-se à conclusão de que a usina de tratamento dos RSU como alternativa para pequenos municípios é viável financeiramente, mesmo em condições de stress, como demonstrado pela simulação de Monte Carlo e análise de cenários.

O tratamento ambientalmente correto dos resíduos sólidos gerados pela sociedade, não se limita apenas à políticas públicas relacionadas ao meio ambiente. Trata-se de dignidade humana. E nesse sentido, a ecoinovação pode surgir como uma importante aliada, quando ela passa a gerar benefícios para a sociedade, sustentado pelo respeito à vida e ao bioma. Contudo, uma iniciativa inovadora, deve

apresentar sustentabilidade financeira e ter respaldo pelos números e indicadores, caso contrário, não conseguirá fechar o ciclo de um projeto sustentável.

E nesse diapasão, que a usina da biomadeira se encontra. Trata-se de um empreendimento de limpeza urbana, que atende aos critérios do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), e que no final do processo, gera um produto de alto valor agregado. Ainda, o produto gerado pela transformação dos RSU tem incentivo legal. A própria PNRS instituiu a responsabilidade solidária, que estabelece ao Estado brasileiro, a preferência na aquisição de materiais e produtos reciclados e recicláveis, atendendo aos padrões de consumo social e ambientalmente sustentável.

Além disso, a iniciativa se integra, precisamente, ao alicerce da economia circular. Ao propor a transformação dos RSU em municípios pequenos, que por ora, são destinados para lixões ou aterros, fala-se em dar sobrevida aos resíduos sólidos. Inevitavelmente, na atualidade, o desenvolvimento econômico passa pela melhor destinação e aplicação dos produtos consumidos.

Considerando as oportunidades que podem surgir nessa seara, este estudo sugere que pesquisas sobre novas tecnologias, processos, alternativas ou àquelas que já existem na atualidade possam ser realizadas. Inclusive, para que se tenha um efeito comparativo entre tecnologias, informações, dados, benefícios, resultados, entre outros.

Pretendeu-se, por meio deste estudo, provocar reflexões sobre a importância de uma gestão adequada dos resíduos sólidos. E como quebra de paradigma, apresentar uma alternativa que congrega, interação social, sustentabilidade financeira e preocupação ambiental para o tratamento dos RSU em pequenos municípios. Deste modo, estima-se que, este estudo dissertativo tenha cumprido a sua função. E com isso, os objetivos foram atingidos e o pressuposto, validado.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R.; SPERANZA, J. S.; PETITGAND, C. **Lixo zero: gestão de resíduos sólidos para uma sociedade mais próspera**. São Paulo: Planeta sustentável, 2013. 77 p.
- ALOISE, P. G.; NODARI, C. H.; DORION, E. C. H. Ecoinovações: um ensaio teórico sobre conceituação, determinantes e achados na literatura. **Interações**, Campo Grande, v.17, n. 2, p. 278 – 289, abr./jun., 2016.
- ALM, J. Financing urban infrastructure: knowns, unknowns, and a way forward. **Journal of Economic Surveys**, v. 29, n. 2, p. 230-262. 2015.
- AMIT, R.; ZOTT, C. Value creation in e-business. **Strategic Management Journal**, v. 22, n. 6 - 7, p. 493-520, 2001.
- AMORIM, A. P.; ALBUQUERQUE, B. M.; GAUTÉRIO, D. T.; JARDIM, D. B.; MORRONE, E. C.; SOUZA, R. M. Lixão municipal: abordagem de uma problemática ambiental na cidade de Rio Grande - RS. **Ambiente e Educação**, Rio Grande. v. 15, n. 1, 2010. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/viewFile/888/920>>. Acesso em: 21 ago. 2020.
- ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisão**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 277 p.
- ANDRADE, M. M. **Introdução à Metodologia do Trabalho Científico**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 176 p.
- ANDREWS, D. The circular economy, design thinking and education for sustainability. **Local Economy**. v. 30, p. 305 – 315, 2015.
- ARANTES, A. S. **Meio Ambiente e Desenvolvimento: em busca de um compromisso**. São Paulo: Anita Garibaldi, 2010. 256 p.
- ASSAF NETO, A. **Finanças Corporativas e valor**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 706 p.
- ASSAF NETO, A.; LIMA, F. G. **Curso de Administração Financeira**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2014. 380 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2009**. São Paulo: ABRELPE 2009. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 20 jul. 2020
- _____. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2010**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 20 jul. 2020.

_____. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2011**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 20 jul. 2020.

_____. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2012**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 20 jul. 2020.

_____. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2013**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 20 jul. 2020.

_____. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2014**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 20 jul. 2020.

_____. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2015**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 20 jul. 2020.

_____. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2016**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 20 jul. 2020.

_____. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2017**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 20 jul. 2020.

_____. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2018**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 20 jul. 2020.

_____. **NBR 10.004/2004**: classificação de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BARBIERI, J. C. Organizações inovadoras sustentáveis. In: BARBIERI, J C; SIMANTOB, M. A. **Organizações inovadoras sustentáveis: uma reflexão sobre o futuro das organizações**. São Paulo, Atlas, 2007.

BARBOSA, E. R. G.; SEDIYAMA, G. A. S.; REIS, A. O.; CEZAR, L. C. Adequação de pequenos municípios as exigências da Política Nacional de Resíduos Sólidos: estudo de caso nos municípios de Viçosa-MG e seus limítrofes. **REUNIR**. v. 6, n. 3, p. 37-52, set-dez, 2016.

BARROS, R. T. V. **Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos**. 1. ed. Belo Horizonte: Tessitura, 2012, 424. p.

BARTHOLOMEU, D. B., CAIXETA FILHO, J. V. (Orgs). **Logística ambiental de resíduos sólidos**. São Paulo: Atlas, 2011.

BAPTISTA, M.; CARVALHO, R. V.; FAGUNDES, P. H. P. R. M.; NÓBREGA, M. J. R. Análise de tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **TEC – USU**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 55 – 72, jan./jun, 2019.

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

BESEN, G. R.; RIBEIRO, H.; GÜNTHER, W. M. R.; JACOBI, P. R. Coleta seletiva na região metropolitana de São Paulo: impactos na Política Nacional dos Resíduos Sólidos. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo v. XVII, n. 3, p. 259-278, jul.-set. 2014.

BLANK, S. **Entrepreneurship for the 21st Century**. Business Models and Customer Development. Endeavor Brasil. 2012.

BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. A.; MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e Sociedade**, Belo Horizonte, v. 5, n. 11, p. 121 – 136, mai./ago. 2011.

BRANDÃO, A. O.; SILVA, G. N. Impactos econômicos da implantação de aterros sanitários individuais nos municípios brasileiros. **HOLOS**, Natal, ano. 27, v. 3, p. 84 96, 2011. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/586/449>>. Acesso em: 12 jul. 2020.

BRASIL. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 dez. 2010, Edição Extra. b

_____. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 22 jun. 1993.

_____. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 8 jan. 2007, e retificado no DOU de 11 jan. 2007.

_____. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 3 ago.2010. a

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. Brasília: Funasa, 2004.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – **SNIS-RS**: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2012. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2014.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – **SNIS-RS**: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2019. Brasília: MDR. SNSA, 2019. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2019>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Resíduos Sólidos - **PLANARES**. Brasília: MMA, 2012. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Resíduos Sólidos - **PLANARES**. Brasília: MMA, 2020. Disponível em: <[Plano-Nacional-de-Resíduos-Sólidos-Consulta-Pública.pdf](#) (mma.gov.br)>. Acesso em: 15 jun. 2021.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Padrão de Trabalho de Modelagem de Processos**. Brasília: MPOG, 2007. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/seges/081003_SEGES_Arq_padrao.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2020.

BRASIL. **PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA**. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acesso em 25 de julho de 2010.

BRINGHENTI, J. **Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos: aspectos operacionais e da participação da população**. 2004. 316f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.

CAFFERATTA, N. In: PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Jurisprudência Ambiental na América Latina: Recopilação e Análise de Casos Relevantes**. Ciudad de Panamá. PNUMA, 2010. Disponível em: <<http://www.pnuma.org/gobernanza/JurisprudenciaAmbientalnaAmericaLatinaRecop.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2020.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. 1. ed. São Paulo: Humanistas, 1997. 343 p.

_____. **Os bilhões perdidos no lixo**. 3. ed. São Paulo: Humanistas, 2008. 343 p.

CARVALHO, M.M.C. **Análise ambiental do aterro sanitário do município de Anápolis Estado de Goiás**. 2011. 129f. Dissertação (Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente) - Pós em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente, Centro Universitário de Anápolis (UNIEVANGÉLICA), Anápolis, 2011.

CAVALCANTE, S.; FRANCO, M. F. A. Profissão perigo: percepção de risco à saúde entre os catadores do Lixão do Jangurussu. **Revista Mal Estar e Subjetividade**, Fortaleza, v. 7, n. 1, 2007.

CENTRO PANAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL E CIÊNCIAS DO AMBIENTE. **Evaluacion Regional de los Servicios de Manejo de Resíduos Sólidos Municipales**. CEPIS: OPS-OMS, 2005. Disponível em: <www.cepis.ops-oms.org>. Acesso em: 15 ago. 2020.

CEZAR, L. C.; BARBOSA, T. R. C. G.; REIS, M. C. T.; FONSECA JÚNIOR, F. A. publicização para além da esfera pública: análise dos canais institucionais de participação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. In: ENCONTRO NACIONAL

DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 2014, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPAD, 2014.

CHOU, J-S. Cost simulation in an item-based project involving construction engineering and management. **International Journal of Project Management** v. 29, Issue. 6, p. 706 – 717, 2011.

CHRISTENSEN, C. M. **O Dilema da Inovação - Quando As Novas Tecnologias Levam Empresas Ao Fracasso**. Paraná: M Books, 2012. 320 p.

CIRCULAR ECONOMY PORTUGAL. **A origem da economia circular**. Portugal: CEP, 2019. Disponível em: <<https://www.circulareconomy.pt/sobre-economia-circular/>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

COELHO, M. H.; COELHO, M. R. F. Potencialidades de florestas plantadas de *Pinus eliottii* em pequenas propriedades rurais. **Revista paranaense de desenvolvimento**, Curitiba, n.123, p.257- 278, jul./dez, 2012.

COIMBRA, J. Á. A. **O outro lado do meio ambiente**: uma incursão humanista na questão ambiental. Campinas: Millennium, 2002. 560 p.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Review 2013**. São Paulo: CEMPRE, 2013. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/artigos>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Review 2019**. São Paulo: CEMPRE, 2019. Disponível em:< <http://cempre.org.br/upload/CEMPRE-Review2019.pdf>.> Acesso em: 20 ago. 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**: obrigações dos Entes federados, setor empresarial e sociedade. 2a edição. Brasília: CNM, 2015. 52 p.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICÍPIOS. **Pesquisa sobre o cumprimento da Lei de Resíduos Sólidos**. Brasília: CNN, 2016. - Disponível em: <http://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/cnm-divulga-pesquisa-sobre-o-cumprimento-da-lei-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos> Visitado em 18 ago. 2020.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C. Agile project management and stage-gate model—a hybrid framework for technology-based companies. **Journal of Engineering and Technology Management**, Elsevier, v. 40, p. 1–14, 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Licenciamento ambiental de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte**. Brasília: CONAMA, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30802.html> >. Acesso em: 8 ago. 2020.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 296 p.

CRESWELL, J. W; PLANO-CLARK, V. L. **Pesquisa de métodos mistos**. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2013. 287 p.

DEL BIANCO, T. S.; MOREJON, C. F. M.; RIPPEL, R. Diagnóstico da gestão de resíduos sólidos urbanos dos municípios da mesorregião Oeste do Paraná. In: **8º FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS**, 2017, Curitiba. **Anais...**Curitiba: FIRS, 2017.

DEMARCO, D. J. **Gestão pública, município e federação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS/CEGOV, 2018, 212 p.

DEUS, R. M.; BATTISTELLE, R. A. G.; SILVA, G. H. R. Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendência. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 4, p. 685-698, 2015.

DIAS, D. M.; MARTINEZ, C. B.; BARROS, R. T. V.; MARCELO, L. Modelo para estimativa da geração de resíduos sólidos domiciliares em centros urbanos a partir de variáveis socioeconômicas conjunturais. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 325-332, 2012.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Rumo à Economia Circular: o racional de negócio para acelerar a transição**. Reino Unido: EMF, 2015 Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-à-economia-circular_Updated_08-12-15.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2020.

EUROPEAN COMMISSION. **Closing the loop**: an EU action plan for the Circular Economy. 2015. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614>> Acesso em: 4 ago. 2020.

EUROPEAN PARLIAMENT. **Directive 2008/98/EC**. 2008. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/218586/l_31220081122en00030030.pdf>. Acesso em 4 ago. 2020.

EVANS, J. R; OLSON, D. L. **Introduction to Simulation and Risk Analysis**. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1998. 304 p.

FERREIRA, M. B. M. F.; SALLES, A. O. T. POLÍTICA AMBIENTAL BRASILEIRA: Análise histórico-institucionalista das principais abordagens estratégicas. **Revista de Economia**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 2, mai./ago. 2016.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 405 p.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. 127 p.

FONSECA, Y. D.; BRUNI, A. L. Técnicas De Avaliação De Investimentos: Uma Breve Revisão da Literatura. **Cadernos de Análise Regional**, Salvador, v.1, p.40 - 54, 2003. Disponível em:

<http://www.desenbahia.ba.gov.br/Estudos_Caderno_Analise_Regional.aspx>. Acesso em: 28 jul. 2020.

FRACASSO, M.; DALEPIANE, R. M.; PORSCHE, M. R. H.; PFULLER, E. E.; SILVA, R. S. Diagnóstico e prognóstico dos RSU para município de Sananduva/RS. **HOLOS**, Natal, v. 4, ano 33, 2017.

FRICKE, K.; PEREIRA, C.; LEITE, A.; BAGNATI, M. **Gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos: transferência de experiência entre a Alemanha e o Brasil**. Braunschweig: Technische Universität Braunschweig, 2015. Disponível em: <https://www.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/probiogas/III-Gestao_sustentavel_de_residuos.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2020.

FROTA, A. J. A.; TASSIGNY, M. M.; BIZARRIA, F. P.; OLIVEIRA, A. G. Implantação de um sistema de coleta seletiva: aspectos legais e de sustentabilidade. **Revista Gestão Ambiental**, Florianópolis, v. 4, n. 1, p. 129 - 155, abr./set, 2015.

FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. **Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Recife: FADE/BNDES, 2014. Disponível em: <<http://protegeer.gov.br/images/documents/50/7.%20bndes,%202014.PDF>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Política nacional e gestão municipal de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: FGV, 2015.

GÁLVEZ, E. D. Evaluation of Project duration uncertainty using the dependency structure matrix and Monte Carlo simulations. **Revista de la Construcción**. v. 14, n. 2, p. 72-79, 2015.

GIL, A. **Como Elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 176 p.

_____. **Como Elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019. 248 p.

_____. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999. 206 p.

_____. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 175 p.

GITMAN, L. J. **Princípios da Administração Financeira**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. 775 p.

GODECKE, M. V.; NAIME, R. H.; FIGUEIREDO, J. A. S. O consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 8, n. 8, p. 1700 -1712, set./dez, 2012.

GODOY, M. R. B. Dificuldades para aplicar a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 23, n. 39, 2013.

GONÇALVES, J.; CRAMER, L.; SOARES, I. C. S. Análise do gerenciamento dos resíduos sólidos no município de Belém de Maria – Pernambuco. **Journal of Perspectives in Management** – JPM, v. 3, n. 2, p. 21-34, 2019.

GRECA F. M.; BARDALL. R. L.; RAVACHE. S. C.; SILVA. D. G.; CATAPAN. A.; MARTINS. P. F. Análise de um projeto de investimento para minimização de quebras de estoque com a utilização da metodologia multi-índices e da simulação de Monte Carlo. **Revista GEINTEC**, Aracajú, v. 4, n. 3, p. 1092-1107, 2014.

GRISA, D. C.; CAPANEMA, L. **Resíduos Sólidos Urbanos**. BNDES, p. 415-438, 2019.

GUEDES, F.L.; OLIVEIRA, A.D.; ALMEIDA, A.J.G.; JUCÁ, J.F.T. Aproveitamento energético de resíduos sólidos: um estudo sobre o combustível derivado de resíduo. In: II Seminário Integrador, PPGEC, UFPE. **Anais...PPGEC**, 2019.

HAMMERSLEY, J.M.; HANDSCOMB, D. C. **Monte Carlo methods**. London: Methuen, 1964.

HEMPE, C.; NOGUERA, J. O. C. A educação ambiental e os resíduos sólidos urbanos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 5, n. 5, p. 682 - 695, 2012.

HENRY, R. K.; YONGSHENG, Z.; JUN, D. Municipal solid waste management challenges in developing countries--Kenyan case study. **Waste management**, v. 26, n. 1, p. 92-100, jan. 2006.

HOJI, M. **Administração Financeira e Orçamentária**. 11. ed. São Paulo, Atlas: 2014. 608 p.

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. **What a waste**: a global review of solid waste management, Urban Development Series Knowledge Papers, n. 15, World Bank, Washington, DC, 2012.

HORTA, G. T. L.; GIAMBIAGI, F. **Perspectivas DEPEC 2018**: o crescimento da economia brasileira 2018-2023. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2018. 60 p.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2009. 156 p.
ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DA LIMPEZA URBANA – **ISLU**. Edição de 2019. **PWC**, 120. p., 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE. **Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**: Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contas Nacionais Trimestrais**: Outubro/Dezembro 2013. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos. Relatório de Pesquisa**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: IPEA: 2012. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2020.

_____. **Escalas da urbanização brasileira**. Brasília: Rio de Janeiro, 2018.
INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO. **O Gerenciamento Integrado do Lixo Municipal**. In: JARDIM, N.S. (ed.) Lixo Municipal Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo, IPT. 1995. P. 278.

INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION: IN: Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos. **Solid waste: guidelines for successful planning**. ISWA- ABRELPE, São Paulo, 2013. Disponível em: https://www.pseau.org/outils/ouvrages/abrelpe_iswa_solid_waste_guidelines_for_successful_planning_2012.pdf Acesso em: 13 ago. 2020.

JACOBI P. R. **Gestão compartilhada de resíduos sólidos no Brasil – inovação com inclusão social**. São Paulo: Annablume, 2006. p. 65 - 86.

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

JACOMOSSI, R. R.; JUNGER, A. P.; MORAES, D. M. G. Determinantes e desafios daecoinovação por meio de um estudo de caso. **Revista Humanidades e Inovação**, Palmas, v. 6, n.12, 2019.

KIRCHHEERR, J.; REIKE, R.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: na analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 127, p. 221 – 232, 2017.

KISSSLER, L.; HEIDEMANN, F. G. Governança pública: novo modelo regulatório para as relações entre Estado, mercado e sociedade? **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 3, p. 479 – 499, 2006.

KLEIN, F. B.; GONÇALVES-DIAS, S. L. F.; JAYO, M. Gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: uma análise sobre o uso de TIC no acesso à informação governamental. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana** (Brazilian Journal of Urban Management), v.10, n. 1, 140-153, jan./abr. 2018.

KLUNDER, A.; ANSCHÜTZ, J.; SCHEINBERG. A. **Concept of ISWM**. Gouda: Waste, 2001. 44 p.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1993. 270 p.

LAVNITCK, L., BAUM, C. A., BECEGATO, V. A. Política Nacional dos Resíduos Sólidos: Abordagem da Problemática no Brasil e a Situação na Região Sul. **Revista Ambiente & Educação**, v. 23, n. 3, 2018.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation Modeling and Analysis**. 2. ed. New York: McGraw-Hill. 1991. 759 p.

LEITÃO, A. Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o século XXI. **Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting**, Aveiro, Portugal, v. 1, n. 2, p. 149-71, 2015.

LEME, S. M. Comportamento da População Urbana no Manejo dos Resíduos Sólidos Domiciliares em Aquidauana – MS. **Geografia**, Londrina. v. 18, n. 1, p 157 – 192. jan./jun, 2009.

LEMOS, P. **Economia Circular como fator de resiliência e competitividade na região de Lisboa e Vale do Tejo**: estudos para uma região RICA - resiliente, inteligente, circular e atractiva. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo, Lisboa. Documento da CCDD-LVT. 2018.

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

LIMA, J. D.; JUCÁ, J. F. T.; REICHERT, G. A.; FIRMO, A. L. B. Uso de modelos de apoio à decisão para análise de alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos na Região Sul do Brasil. **Eng. Sanit. Ambient.** v. 19, n. 1, jan-mar, 2014.

LIMA, W. S.; CATAPRETA, C. A. A. **Resíduos Sólidos. Guia do Profissional em Treinamento**. Nível 2. Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiente / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Belo Horizonte: RECESA, 2008.

MAÇANEIRO, M. B.; CUNHA, S. K. Eco-Inovação: um quadro de referências para pesquisas futuras. In: XXVI SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DAS ANPAD, 2010, Vitória/ES. **Anais...** Vitória: Anpad, 2010, p.1-17.

MAIA, H. J. L.; ALENCAR, L. D.; BARBOSA, E. M.; BARBOSA, M. F. N. Política Nacional de resíduos sólidos: um marco na legislação ambiental brasileira. **Revista Questões Contemporâneas**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 1070 – 10, 2014.

MAIA NETO, G. A. Política Nacional de Resíduos Sólidos e direito ao meio ambiente equilibrado. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, 2011. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/20172/politica-nacional-de-residuos-solidos-e-direito-ao-meio-ambiente-equilibrado>>. Acesso em: 13 ago. 2020.

MAIELLO, A.; BRITTO, A. L. N. P.; VALLE, T. F. Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 1, p. 24 - 51, jan./fev. 2018.

MARION, J. C. **Contabilidade Básica**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 216 p.

MARTINS, H. F.; MOTA, J. P.; MARINI, C. Modelos de negócio na esfera pública: o modelo canvas de governança pública. **Cadernos EBAPE BR**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 49-67, mar. 2019.

MEIRELLES, H. L. **Direito Administrativo Brasileiro**. 28. ed. São Paulo: Malheiros, 2013. 925 p.

MELO, L. A.; SAUTTER, K. D.; JANISSEK, P. R. Estudo de cenários para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos de Curitiba. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 4, 2009.

MILES, M. B.; HUBERMAN, A. M.; SALDAÑA, J. **Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook**. 3. ed. Thousand Oaks: Sage, 2014. 381 p.

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 34. ed. Petrópolis: Vozes, 2015. 108 p.

MINÉU, H. F. S. **O custo de oportunidade do aterro sanitário de Ituiutaba, MG: componentes e repercussão econômica em longo prazo**. 2017. 269f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia - Área de Concentração: Geografia e Gestão do Território, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, 2017.

MINGHUA, Z.; XIUMIN, F.; ROVETTA, A.; QICHANG, H.; VICENTINI, F.; BINGKAI, L. Municipal solid waste management in Pudong New Area, China. **Waste Management**, v. 29, p. 1227 - 1233, 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, MMA, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 04 ago. 2020.

MIRALÉ, É. **Direito do ambiente: gestão ambiental em foco**. São Paulo: Editora RT, 2011. 1647 p.

MIRANDA, L. L. **O que é lixo**. São Paulo: Brasiliense, 1995. 84 p.

MONTEIRO, C.; KARPINSKI, J. A.; KUHLE, M. R.; MOROZINI, João. F. A gestão municipal de resíduos sólidos e as ações de sustentabilidade: um estudo realizado em um município do centro oeste do Paraná. **urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana** [online], vol.9, n.1, p.139-154, 2017.

MONTEIRO, J. H. P. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MOORE, J.; WEATHERFORD, L.R. **Tomada de decisão em administração com planilhas eletrônicas**. 6.ed. Porto Alegre: Bookman Companhia Editora, 2006. 644 p.

MOREIRA, G. Mais de 70% das cidades dão fim irregular a lixo. O Estado de São Paulo, **Caderno Vida**, p. A-26, 21 ago. 2010.

MOTTA, R. R.; GOLÇALVEZ, A.; NEVES, C.; CALÔBA, G.; NAKAGAWA, M.; COSTA, R. P. **Engenharia Econômica e Finanças**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 328 p.

MOURA, L. A. A. **Qualidade e gestão ambiental**. Belo Horizonte: Del Rey, 2011. 432 p.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 111 - 124, 2008.

NASCIMENTO, V. F.; SOBRAL, A. C.; ANDRADE, P. R.; OMETTO, J. P. H. B. Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 10, n. 4, out./dez. 2015.

NETO, P. N.; MOREIRA, T. A. Política nacional de resíduos sólidos - reflexões acerca do novo marco regulatório nacional. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, n. 15, 2010.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica, volume 2**: Fluidos; Oscilações e ondas; Calor. São Paulo. Edgard Blücher. 1996.

OLIVEIRA, C. R.; COSTA, E. P.; FERNANDES, F. P. G.; IANNONI, J. R.; MARQUES, R. R. Modelagem de processos de negócio no setor de serviços: um estudo de caso. In: XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2013, Salvador, BA. **Anais...** Salvador: ENEGEP, 2013. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/publicacoes/index.asp?ano=2013>>. Acesso em: 25 ago. 2020.

OLIVEIRA, F. R.; FRANCA, S. L. B.; RANGEL, L. A. D. Princípios de economia circular para o desenvolvimento de produtos em arranjos produtivos locais. **Interações**, Campo Grande, v. 20, n. 4, p. 1179-1193, 2019.

OLIVEIRA, L. G.; COELHO, A. B.; COSTA, C. C. M.; PURGATO, G. A. Viabilidade econômica de projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo em aterro sanitário na cidade de Viçosa – MG. **Textos de Economia**, Florianópolis, v. 17, n. 1, p. 100 - 130, jan./jun.2014.

OLIVEIRA, T. B.; GALVÃO JUNIOR, A. C. **Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. In: SAIANI, C.C.S., DOURADO, J., TONEDO Jr. R. Resíduos Sólidos no Brasil: oportunidades e desafios da Lei Federal nº 12.305 (Lei dos Resíduos Sólidos). Barueri: Editora Manolo, 2014.

OSTERWALDER, A. The business model ontology: a proposition in a design science approach. 2004. 173 p. **Thesis** (Doctor Degree in Computer Science in Management), University of Lausanne, Switzerland, 2004.

OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y. **Business model generation**: a handbook for visionaries, game changers, and challengers. New Jersey – USA: Hoboken Wiley, 2010. 278 p.

PARO, A. C.; COSTA, F. C.; COELHO, S. T. Estudo comparativo para tratamento de resíduos sólidos urbanos: aterros sanitários x incineração. **Revista Brasileira de Energia**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, p. 113 – 125, 2008.

PASSOS, F. U.; DIAS, C. C.; CRUZ, R. C. Capacidade inovativa e demandas tecnológicas de arranjos produtivos locais (APLs): um estudo de caso do APL de flores em Maracás, Bahia. **Revista Ciências Administrativas**, Fortaleza, v. 10, n. 2, p. 348 - 365, 2004.

PATINO, C. M.; FERREIRA, J. C. Intervalos de confiança: uma ferramenta útil para estimar o tamanho do efeito no mundo real. **J. bras. pneumol.** São Paulo, vol. 41 n. 6, p. 565-566, nov./dez, 2015.

PERALTA, L. R.; ANTONELLO, I. T. O desafio enfrentado pelos municípios de pequeno porte para atender à política nacional de resíduos sólidos: o uso do consórcio intermunicipal. In: XI ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente: ANPEGE, 2015.

PEREZ, C. Technological Revolutions and Techno-economic paradigms. In: **Cambridge Journal of Economics**, vol. 34, n. 1, p. 185 - 202, 2010.

PETERNELLI, L. A.; SILVA, G. F.; LEITE, H. G. R. Uma proposta para a geração de amostras aleatórias nos problemas de simulação em modelos de planejamento. **Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 749-758, 2006.

PETRY, D. R.; PILATTI, C. A.; SEHNEM, S.; ORO, I. M. Gestão de Resíduos Sólidos: um estudo em uma empresa que atua na cidade de Xanxerê e região. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v.19, n.2, mai./ago., p. 682 -702, 2015.

PRATES, L. F. S.; PIMENTA, C. F.; RIBEIRO, H. F. Alternativas tecnológicas para tratamento de resíduos sólidos urbanos. **APPREHENDERE – Aprendizagem & Interdisciplinaridade**, v. 1, n. 2 (Edição Especial), 2019.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013. 277 p.

PROTEGEER. Cooperação para Proteção do Clima na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. **Tecnologias e Rotas Tecnológicas para RSU**. 2019. Disponível em <[http://protegeer.gov.br/images/documents/461/Tecnologias%20para%20Valoriza%](http://protegeer.gov.br/images/documents/461/Tecnologias%20para%20Valoriza%20)

C3%A7%C3%A3o%20de%20Org%C3%A2nicos%20e%20Recicl%C3%A1veis%20e%20Rotas%20Tecnol%C3%B3gicas_Geraldo%20A.%20Reichert.pdf >. Acesso em 25/02/2020.

PUBLIC-PRIVATE INFRASTRUCTURE ADVISORY FACILITY. **Annual report**. PPIAF, 2011. Disponível em: <http://www.ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/publication/PPIAF_Annual_Report_2011_Final.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2020.

PUGA, F. P.; CASTRO, L. B. **Visão 2035**: Brasil, país desenvolvido: agendas setoriais para alcance da meta. 1. ed. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2018. 437 p.

REID, A; MIEDZINSKI, M. Eco-innovation - final report for Sectoral Innovation Watch. Final report to Europe INNOVA initiative. **Technopolis Group**, 2008. Disponibilidade em: <<http://www.technopolis-group.com/cms.cgi/site/downloads/index.htm>>. Acesso em: 21 set. 2019.

REIS, P. T. B.; MATTOS, U. A. O.; SILVA, E. R. Gestão municipal de resíduos sólidos urbanos à luz da Política Nacional de Resíduos: estudo de caso no município de Japeri, RJ, Brasil. **Sistemas & Gestão**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 321 - 333, 2018.

RENOU, S.; GIVAUDAN, J. G.; POULAIN, S.; DIRASSOUYAN, F.; MOULIN, P. Landfill leachate treatment: review and opportunity. **Journal of Hazardous Materials**, v.150, p. 468 – 493, 2008.

REZENDE, D. A.; ULTRAMARI, C. Plano diretor e planejamento estratégico municipal: introdução teórico-conceitual. **Revista da Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 2, p. 55-71, mar./abr. 2007.

RODRIGUES, A. M. **Produção e consumo do e no espaço**: problemática ambiental urbana. São Paulo: Hucitec, 1998. 239 p.

RODRIGUES, C. R. P.; MENTI, M. M. Resíduos sólidos: gerenciamento e políticas públicas federais. **Caderno do Programa de Pós-Graduação em Direito PPGDir/UFRGS**. Edição Digital, Porto Alegre, v. XI, n. 3, p. 59 – 19, 2016.

RODRIGUEZ, L. C. E. **Planejamento agropecuário através de um modelo de programação linear não determinista**. 1987. 83f. Dissertação (Mestrado em Economia Agrária) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba, 1987.

ROMANI, A. P.; SEGALA, K. **Planos de resíduos sólidos: desafios e oportunidades no contexto da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2014. Disponível em: <http://www.ibam.org.br/media/arquivos/estudos/publicacao_residuos_final.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2020.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JORDAN, B. D.; LAMB, R. **Fundamentos de Administração Financeira**. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. 782. P.

- ROVIRIEGO, L. F. V. **Proposta de uma metodologia para a avaliação de sistemas de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares**. 206. 192f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil com ênfase em Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 2006.
- RUSSO, M. A. T. **Tratamento de resíduos sólidos**. Portugal: Universidade de Coimbra, 2003. 196 p.
- SÁ, C. A. **Fluxo de caixa**: a visão da Tesouraria e da Controladoria. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 311 p.
- SAIKIA, D.; NATH, M. J. Integrated solid waste management model for developing country with special reference to Tezpur municipal area, India. **International Journal of Innovative Research & Development**, v. 4, n. 2, p. 241-249, 2015.
- SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. **Metodologia de Pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Penso, 2013. 624 p.
- SANTOS, G. G. D. **Análise e Perspectivas de Alternativas de Destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos**: o Caso da Incineração e da Disposição em Aterro. Rio de Janeiro. 2011. 208f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Programa de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ/COPPE), 2011.
- SANTOS, M. C. L.; GONÇALVES-DIAS, S. L. F. Gestão de Resíduos na cidade de São Paulo: um problema, múltiplas soluções. In B. R. Padovano, M. Namur, & P. B. **Sala (Eds.), São Paulo: em busca da sustentabilidade** (Vol. 1, pp. 146-159). São Paulo: EDUSP/PINI, 2012.
- SCHUMPETER, J. A. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961. 582 p.
- SEVERINO, A. C. **Metodologia do Trabalho Científico**. 24 ed. São Paulo: Cortez, 2016. 280 p.
- SHARHOLY, M.; AHMAD, K.; MAHMOOD, G.; TRIVEDI, R. C. Municipal solid waste management in Indian cities—A review. **Waste management**, v. 28, n. 2, p. 459 – 467, 2008.
- SILVA, C. B. D.; LIPORONE, F. Deposição irregular de resíduos sólidos domésticos em Uberlândia. Algumas considerações. **Revista Eletrônica de Geografia**, Uberlândia, v. 2, n. 6, p. 22 - 35, 2011. Disponível em: <<http://www.observatorium.ig.ufu.br/pdfs/2edicao/n6/3.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2019.
- SILVA, É. A. F.; ALCÂNTARA, V. C.; PEREIRA, J. R. Governança e Esfera Pública Sobre Resíduos Sólidos Urbanos no Âmbito Municipal. **Administração Pública e Gestão Social**, Viçosa, v. 8, n. 3, p. 137 – 146, jul./set. 2016, 137-146.

SINGH, A.; SHARMA, S. Composting of a crop residue through treatment with microorganisms and subsequent vermicomposting. **Bioresour Technol.** v. 85, n. 2, p. 107 – 111. 2002.

SIQUEIRA, M. M.; MORAES, M. S. Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 6, p. 2115 - 2122, 2009.

SIQUEIRA, T. M. O.; ASSAD, M. L. R. C. L. Compostagem de resíduos sólidos urbanos no Estado de São Paulo (Brasil). **Ambiente & Sociedade**, São Paulo v. XVIII, n. 4 n p. 243-264, out./dez. 2015.

SISINNO, C. L. S. Disposição em aterros controlados de resíduos sólidos industriais não-inertes: avaliação dos componentes tóxicos e implicações para o ambiente e para a saúde humana. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 369 -374, mar./abr. 2003.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA. **Emissões do Setor de Resíduos**. Documentos de análise – Período 1990 – 2016. SEEG, 2018. Disponível em: <<https://iema-site-staging.s3.amazonaws.com/Emissoes-dos-Setores-de-Energia-e-Processos-Industrias-Documento-de-Analise-2018.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS. **Tipos de resíduos**. Brasília: SINIR, 2016. Disponível em: <<http://sinir.gov.br/tipos-de-residuos>>. Acesso em: 29 jul. 2019.

SMITH, A.; VOß, J-P.; GRIN, J. Innovation studies and sustainability transitions: The allure of the multilevel perspective and its challenges. **Research policy**, v. 39, n. 4, p. 435-448, 2010.

SMITH, P.G.; SCOTT, J. S. **Dictionary of water and waste management**. 2. ed. Amsterdam: Elsevier, 486 p.

SONTAG, A. G.; CRUZ, I. K. H.; CRUZ, F. P. B.; BERTOLINI, G. R. F. Análise de viabilidade econômica para sistemas de tratamento de resíduos sólidos urbanos no município de Marechal Cândido Rondon – PR. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 4, n. 3. set./dez. 2015.

SOUZA, L. M. M.; GUEDES, L. G. R. Consórcios Intermunicipais em municípios de pequeno porte: uma alternativa para gestão de resíduos sólidos urbanos. **DRd – Desenvolvimento Regional em debate**, v. 9, p. 421-433, 2019.

STAHEL, W. R. Circular economy. **Nature**. v. 531, p. 435 - 438, 2016.

SUZUKI, J. A. N.; GOMES, J. Consórcios intermunicipais para a destinação de RSU em aterros regionais: estudo prospectivo para os municípios no Estado do Paraná. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, p. 155 – 158, abr./jun. 2009.

TCHOBANOGLIOUS, G.; KREITH, F. **Handbook of solid waste management**. 2. ed. New York: McGraw Hill, 2002. 833 p.

TENÓRIO, F. G.; VILLELA, L. E.; DIAS, A. F.; GURJÃO, F. V.; PORTO, E. C.; VIANA, B. F. Critérios para a avaliação de processos decisórios participativos deliberativos na implementação de políticas públicas. In: ENCONTRO DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E GOVERNANÇA DA ANPAD, 2008, Curitiba. **Anais...**Curitiba: ANPAD, 2008.

THOMAZ, P. G.; ASSAD, R. S.; MOREIRA, L. F. P. Uso do fator de impacto do índice H para avaliar pesquisadores e publicações. **Arq. Bras. Cardiol**, São Paulo, v. 96, n. 2, p. 90 – 93, 2011.

TIPLER, PAUL A. **Física 1**. Rio de Janeiro. LTC. 1976.

TITMAN, S.; MARTIN, J. D. **Avaliação de Projetos e Investimentos: Valuation**. Tradução de Heloísa Fontoura. São Paulo: Bookman, 2010.

TRUJILLO, F. D.; TRUJILLO, T. S.; RASOTO, V. I. O choque das políticas econômicas de incentivo ao consumo com a Lei Federal nº 12.305/10 e seus reflexos nos municípios brasileiros. **Revista do Serviço Público**, v. 71, n. 04, p. 859 – 886, ano 2020.

TRUJILLO, F. D.; RASOTO, V. I. Viabilidade financeira para o tratamento de resíduos sólidos em pequeno município no Brasil com a utilização da simulação de Monte Carlo. In: SIMPÓSIO MUNDIAL DE SUSTENTABILIDADE, CONFERÊNCIA INTERNACIONAL BRIDGE, Palhoça/SC. **Anais...**Palhoça: BRIDGE, 2020.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECT AGENCY. **Hazardous waste characteristics**: a user-friendly reference document. US-EPA, 2009. Disponível em: <<http://www.epa.gov/osw/hazard/wastetypes/wasteid/char/hw-char.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2020.

VAZ, C. R.; MALDONADO, M. U.; LEZANA, Á. G. R. Mapeamento Sistemático da Literatura Científica de Eco-Inovação. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO DA UEPG, 2017, Ponta Grossa. **Anais...**Ponta Grossa: Departamento de Administração da UEPG, 2017. Artigo Científico. p. 1-12.

VEIGA, J. E. **A desigualdade mundial da sustentabilidade**. 1 ed. São Paulo: Editora 34, 2013, 152 p.

VERNADAT, F. B. **Enterprise modeling and integration: principles and applications**. London: Chapman & Hall, 1996. 195 p.

VITAL, M. H. F.; INGOUVILLE, M.; PINTO, M. A. C. **Estimativa de investimentos em aterros sanitários para atendimento de metas estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos entre 2015 e 2019**. BNDES Setorial 40, p. 43 - 92, 2014.

WAGNER, M. The role of corporate sustainability performance for economic performance: a firm-level analysis of moderation effects. **Ecological Economics**, v. 69, n. 7, p. 1553 - 1560, 2010.

WALDMAN, M. **Lixo: cenários e desafios: abordagens para entender os resíduos sólidos**. São Paulo: Cortez, 2010. 231 p.

WALSHAM, G. Doing interpretive research. **European Journal of Information Systems**, v. 15, p. 320 - 330, 2006.

WEBSTER, J; WATSON, J. T. Analyzing the past to prepare for the future: writing a literature review. **MIS Quarterly & The Society for Information Management**, v. 26, n. 2, p.13-23, 2002.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). **Guide to the circular economy**. WBCSD, 2017. Disponível em: <http://docs.wbcsd.org/2017/06/CEO_Guide_to_CE.pdf>. Acesso em: 25. ago. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **World health statistics 2014**. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/112738/9789240692671_eng.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15 jun. 2021.

YORK, R; ROSA, E. A. Key challenges to ecological modernization theory: Institutional efficacy, case study evidence, units of analysis, and the pace of eco-efficiency. **Organization & Environment**, v. 16, n.3, p. 273 - 288, 2003.

YOSHITAKE, M. **Teoria do Controle Gerencial**. São Paulo: Ibradem, 2004. 1045 p.

ZAGO, V. C. P.; BARROS, R. T. V. Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p. 219 - 228, 2019.

ZDANOWICZ, J. E. **Fluxo de caixa: uma decisão de planejamento e controle financeiros**. 9. ed. Porto Alegre: Sagra Luzzato, 2002. 335 p.

APÊNDICE – Revisão Bibliográfica Sistemática

Para este estudo dissertativo, utilizou-se de ferramentas da modelagem de processos para o auxílio na busca de referências bibliográficas, especificamente, os artigos científicos. A notação BPMN foi escolhida por ser uma notação de fácil entendimento, com um mecanismo simples, entretanto, com a capacidade de lidar com toda a complexidade dos processos.

A notação BPMN define um *Business Process Diagram* (BPD), ou diagrama de processos de negócio, que faz parte da modelagem de processos, que se baseia em uma técnica adaptada de fluxograma, no intuito de criar modelos de representação para auxiliar na tomada de decisão (VERNADAT, 1996; OLIVEIRA *et al.*, 2013). Pode-se entender, portanto, que um modelo de processos de negócios é um conjunto de objetos gráficos que são atividades e que controla o fluxo de trabalho e ainda define a ordem de desempenho (²⁹WHITE, 2004).

É importante frisar que um dos direcionadores para o desenvolvimento do BPMN foi criar um mecanismo simples para a criação de modelos de processos e, em contra partida conseguir lidar com toda a complexidade inerente aos processos (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Trata-se de um expediente simplificado que serve para auxiliar na criação de modelos de processos inovadores.

Em paralelo, para reforçar a modelagem de processos, foi empregado a ferramenta *Canvas*. As vantagens na utilização do *Canvas*, é que se pode testar inúmeros modelos de forma fácil, rápida e simplificada, e na visualização do processo em apenas uma única página (OSTERWALDER, PIGNEUR, 2010).

A aplicação do *Canvas* consiste no preenchimento de seus blocos com as ideias e oportunidades. Assim como na figura 24, o preenchimento permite uma melhor compreensão da nova ideia de negócio sugerida assim como a possibilidade de criação e melhoria de novas ideias oportunidade (BLANK, 2012).

Figura 24 - Etapas do processo pelo Canvas



Fonte: ³⁰ABPMP (2013)

²⁹ Para ter um melhor entendimento, ver: WHITE, S. A. Introduction to BPMN. IBM Corporation, 2004. Disponível em: <<http://www.bpmn.org/>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

³⁰ Para mais informações, consultar: <<http://www.abmp-br.org/>>

O seu maior ganho é a capacidade de sintetização da lógica de funcionamento de um processo em uma única página. A figura 25 ilustra a estrutura do *Canvas*, cujo método foi projetado de forma a permitir a ideação, identificação e descrição dos possíveis elementos que fazem ou deverão fazer parte de um modelo (que nesse caso, é ilustrado de um modelo de negócio de uma organização) (MARTINS *et al.*, 2019).

Figura 25 - Business Model Canvas



Fonte: Osterwalder e Pigneur (2010)

O mapeamento de processos constitui-se na otimização do processo e na identificação dos fluxos de trabalho, dentro de uma sequência lógica, com início, meio e fim (OLIVEIRA *et al.*, 2013). São criadas condições para a elaboração de um estrutura organizacional, sugerindo a utilização de recursos, produtos ou serviços determinados, com o objetivo de se criar indicadores de resultados e formulação de planos, entre outros (MPOG, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Fazendo desses instrumentos, na sequência, será possível apresentar alguns resultados. De acordo com a tabela 9, ao todo foram inseridos 231 referências bibliográficas, discriminados em: 79 artigos, 65 livros, 66 documentos de instituições, organizações e legislações, e 21 outros.

Tabela 9 - Total de referências bibliográficas usadas na pesquisa, entre os anos de 2000 até 2020 da literatura nacional e internacional

Total	Artigos de autores brasileiros	Livros de autores brasileiros	Instituições e Organizações brasileiras	Outros
176	57	49	52	19
100%	32%	29%	28%	11%
Total	Artigos de autores estrangeiros	Livros de autores estrangeiros	Instituições e Organizações estrangeiras	Outros
54	22	16	14	2
100%	41%	31%	26%	2%

Fonte: Autoria própria (2021)

Aplicando o conceito *Canvas*, tendo como base, a figura 26 que foi adaptada ao modelo de processo deste estudo dissertativo, tem-se os três principais elementos desse modelo de processo: i) as entradas; ii) as atividades; ii) as saídas. A partir desse primeiro modelo do processo de busca de referência bibliográfica, o fluxo (mapeamento) do processo será apresentado pelo Bizagi Modeler, indicando por fluxograma, o que foi apresentado pelo *Canvas*.

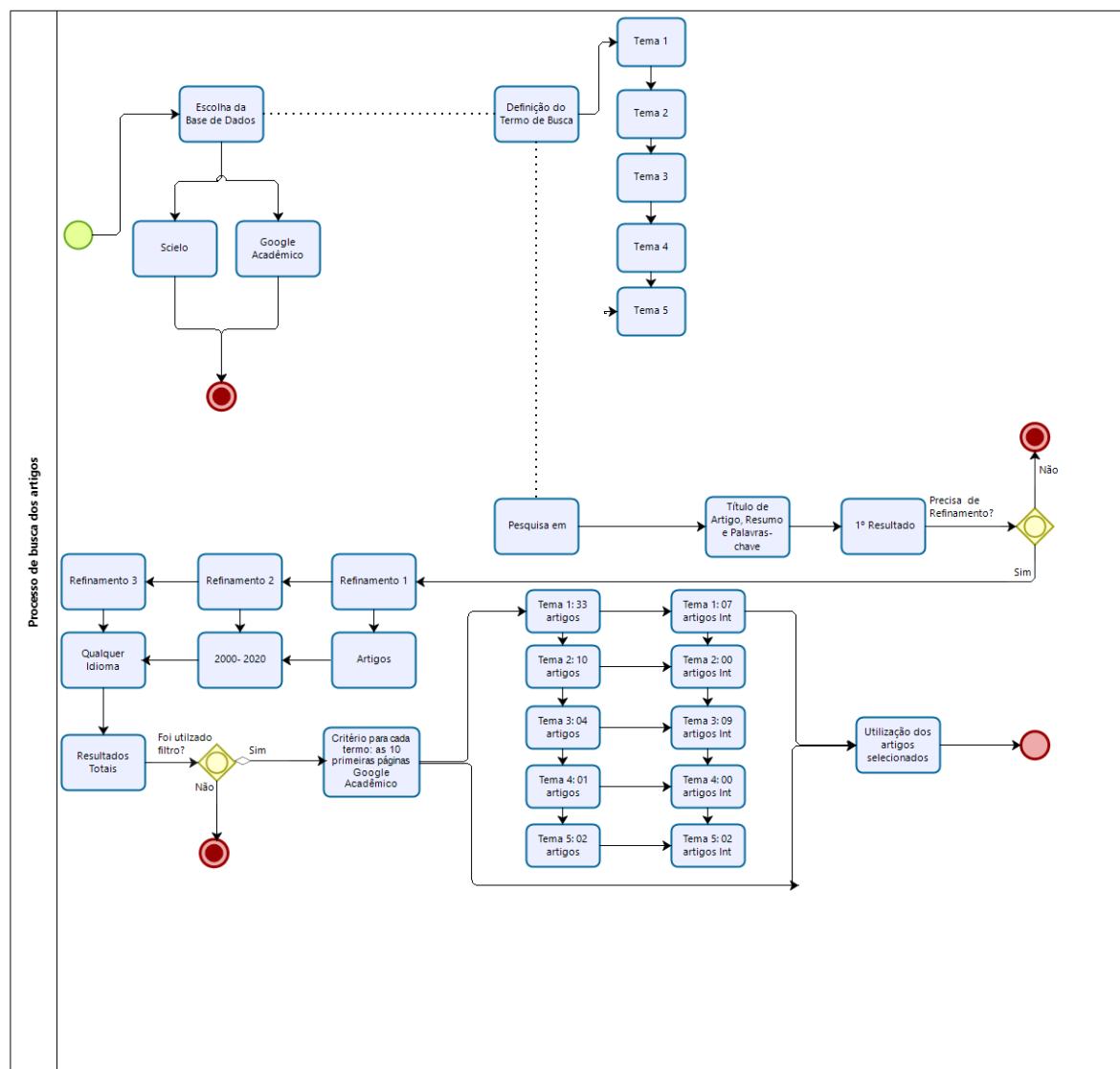
Figura 26 - Canvas aplicado no processo de pesquisa

ENTRADAS		ATIVIDADES	SAÍDAS		
Principal Provedor	Principais Insumos	Principais Atividades	Principais Insumos	Principal Produto	Principais Interessados
Mestrando	Revisão Bibliográfica Sistemática	Pesquisa bibliográfica e documental em: artigos científicos, congressos, tabelas, dados estatísticos oficiais, livros, meios eletrônicos, plano de negócios, entre outros, ligados a: economia, finanças e sustentabilidade Bases de dados utilizadas para pesquisar artigos: Google Acadêmico e Scielo. Strings de busca: 7 temas de interesse deste estudo Filtros para seleção dos critérios de busca: as 10 primeiras páginas, cujo artigos estão classificados por relevância. Em qualquer idioma, presença das strings no título, resumo e palavras-chave. Escolha dos artigos e seleção de livros e outros documentos. Pesquisa de modelos de desenvolvimento de indicadores disponíveis na literatura. Elaboração dos principais indicadores financeiros na planilha de Excel® e preparação dos resultados. - Início da fase quantitativa, por meio da simulação de Monte Carlo, utilizando o software Crystal Ball®, rodando 10.000 iterações, para um intervalo de confiança de 95% e 99%.	Foram selecionados: 82 artigos no total. Foram selecionados: 82 livros no total; 88 documentos de instituições e organizações, legislações no total; 25 referente à outros (Congresso, Teses, Dissertações, entre outros). Análise qualitativa dos dados e informações. Apresentar se houve a viabilidade financeira dos principais indicadores do objeto estudado. Resultado da Simulação de Monte Carlo, comprovando se o objeto da pesquisa é estatisticamente viável ou não, para um intervalo de Confiança de 95 % e 99%. Considerações Finais.	Dissertação	Mestrando Universidade Sociedade

Fonte: Autoria própria (2021)

Para o desenvolvimento do mapeamento dos processos de busca dos artigos científicos no *Bizagi Modeler*, o fluxograma foi estruturado de acordo com as condições propostas por este estudo. A figura 27 apresenta todos os passos do mapeamento do processo, desde o seu início, o desenvolvimento das atividades, e o final com o encerramento dessa operação.

Figura 27 – Mapeamento do processo de busca dos artigos científicos



Fonte: Autoria própria (2021)

A escolha dos artigos científicos brasileiros para esse estudo foram com base em número de citações, o índice H, e a aderência do tema. Estipulou-se o número acima de 10 citações, que foi considerado aceitável como fator prioritário na seleção dos trabalhos. A tabela 10 apresenta o resultado da pesquisa que foi calculada em um

programa de computador chamado “³¹*Publish or Perish 7*”, que faz uso do sítio eletrônico *Google Scholar*, extraindo dados, com a finalidade de verificar os impactos da pesquisa, recuperar e analisar citações acadêmicas e apresentar o índice H em conjunto com os parâmetros relacionados.

Segundo Thomaz *et al.* (2011), “o índice H de um determinado autor será o número da sequência numérica dos trabalhos cujo número de citações é igual ou maior que o ranque da sequência” Trata-se de um índice que é um indicativo de qualidade e de notoriedade no ramo científico. Pode-se buscar essa informação pelo Google Acadêmico e no portal da SciELO.

Tabela 10 – Artigos escolhidos com base no número de citações, índice H dos autores e aderência aos temas, entre os períodos de 2000 até 2020 de autores nacionais

(continua)

Autores	Nº de Citações	Base de Dados	Ano	Cites/ Years	H Index	H Annual
Botelho <i>et al</i>	669	SciELO	2015	74.33	1	0.11
Jacobi, Besen	512	SciELO	2011	56.89	1	0.11
Kissler, Heidemann	376	SciELO	2006	26.86	1	0.07
Mucelin, Bellini	360	SciELO	2008	30.00	1	0.08
Siqueira, Moraes	191	SciELO	2008	17.36	1	0.09
Rezende, Ultramari	122	SciELO	2008	9.38	1	0.08
Cavalcante, Franco	110	SciELO	2007	11.00	1	0.10
Deus <i>et al</i>	46	SciELO	2008	9.20	1	0.20
Nascimento <i>et al</i>	38	SciELO	2015	7.60	1	0.20
Sisinno	37	SciELO	2003	7.00	1	1.00
Baptista	35	SciELO	2015	7.00	1	0.20
Maiello <i>et al</i>	34	SciELO	2009	17.00	1	0.50
Thomaz <i>et al</i>	33	SciELO	2003	3.67	1	0.11
Melo <i>et al</i>	27	SciELO	2009	2.45	1	0.09
Dias <i>et al</i>	27	SciELO	2012	3.38	1	0.13
Klein <i>et al</i>	24	SciELO	2015	4.8	1	0,11
Suzuki, Gomes	22	SciELO	2009	2.00	1	0.09
Lima <i>et al</i>	19	SciELO	2014	3,16	1	0.12
Monteiro <i>et al</i>	13	SciELO	2017	4.33	1	0,10

³¹ Disponível na página: <<https://harzing.com/resources/publish-or-perish/windows>>.

Tabela 10 – Artigos escolhidos com base no número de citações, índice H dos autores e aderência aos temas, entre os períodos de 2000 até 2020 de autores nacionais

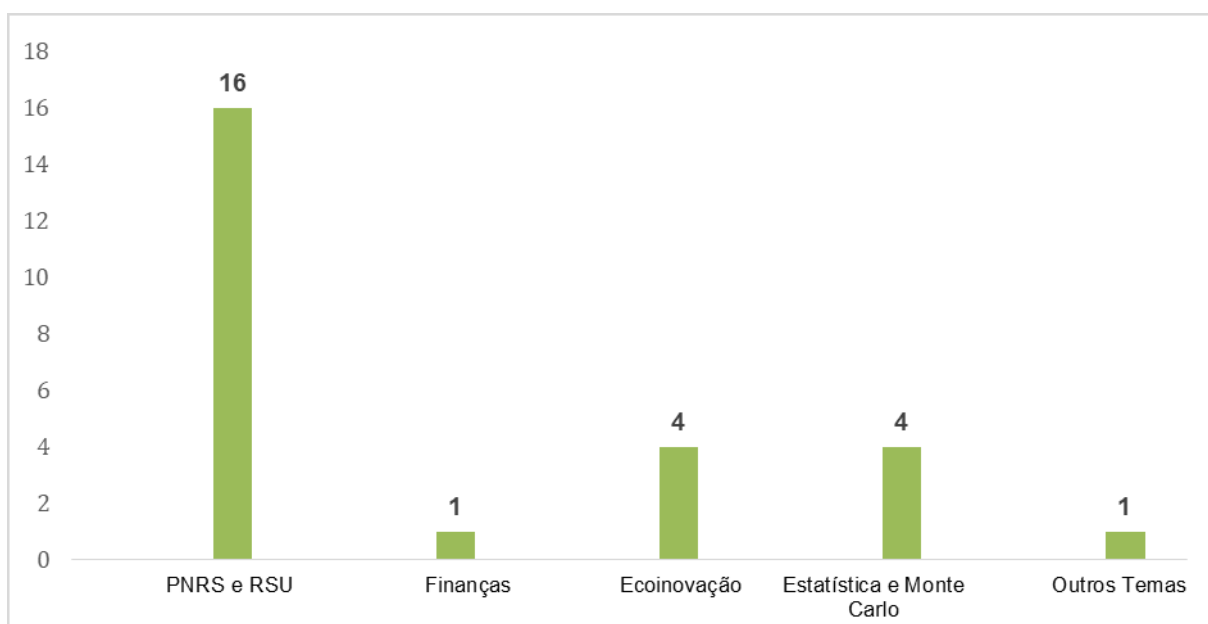
(conclusão)

Autores	Nº de Citações	Base de Dados	Ano	Cites/ Years	H Index	H Annual
Godecke <i>et al</i>	73	Google Acadêmico	2012	9.13	1	0.13
Godoy	41	Google Acadêmico	2012	5.86	1	0.14
Fonseca, Bruni	34	Google Acadêmico	2012	3.40	1	0.20
Neto, Moreira	33	Google Acadêmico	2012	-	-	-
Silva, Liporone	24	Google Acadêmico	2011	2.67	1	0.11
Hempe, Noguera	23	Google Acadêmico	2012	2.88	1	0.13
Amorim <i>et al</i>	23	Google Acadêmico	2010	2.30	1	0.10
Leme	22	Google Acadêmico	2009	3.67	1	0.17
Paro <i>et al</i>	16	Google Acadêmico	2008	1.33	1	0.08
Lavitnicki <i>et al</i>	15	Google Acadêmico	2018	5.0	1	0,19
Ferreira, Salles	12	Google Acadêmico	2005	4.00	1	0.33
Zago, Barros	7	Google Acadêmico	2019	7.00	1	0.06

Fonte: Autoria própria (2021)

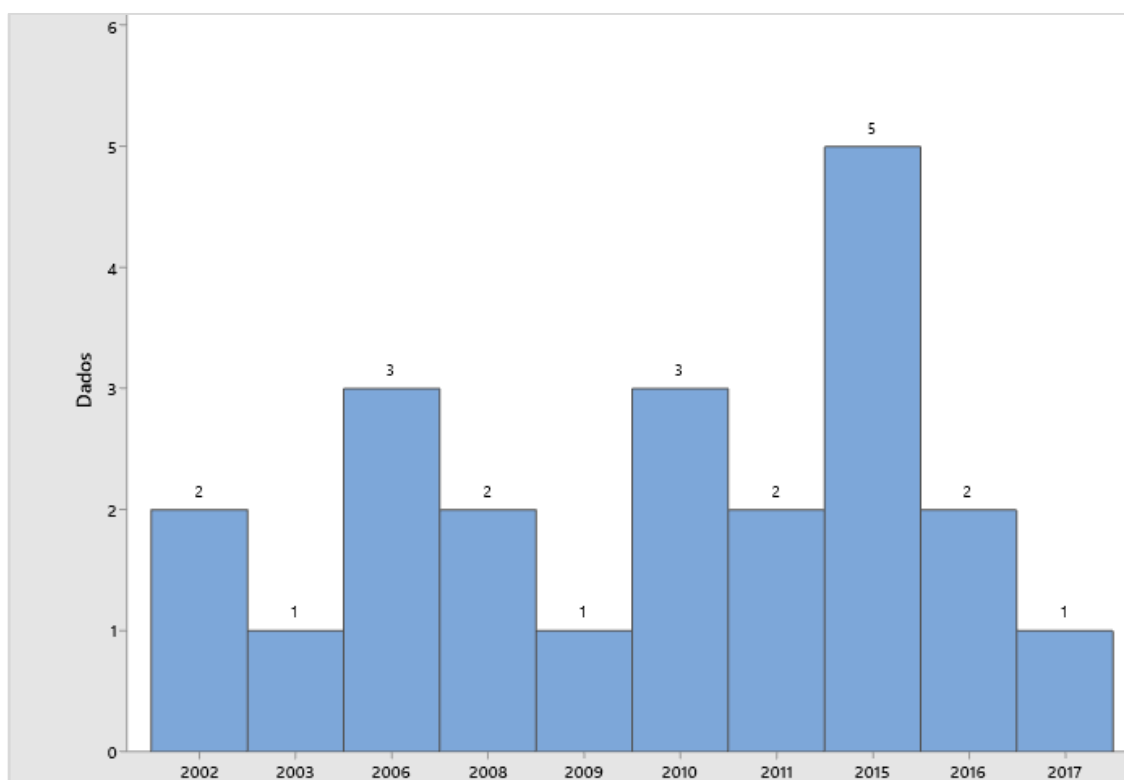
A quantificação das produtividades dos cientistas e pesquisadores é feita por meio dos seus artigos mais citados. Ainda, “um índice H considerado bom em determinada área pode não ser tão bom assim ou mesmo pode ser considerado ruim em outras áreas” (THOMAZ *et al.*, 2011).

O gráfico 5 representa a terceira condição para a escolha dos artigos científicos: aderência ao tema. Observa-se que, a ilustração mostra os trabalhos com menos de 10 citações. Ao todo, foram escolhidos 26 artigos científicos que, mesmo com um número relativamente baixo de citações, possuem conectividade com os temas deste estudo dissertativo.

Gráfico 5 - Artigos com menos de 10 citações

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Para os artigos internacionais, a distribuição é normal. Destaca-se que em 11 anos ao longo do período de 2000 até 2020, não houve aproveitamento de artigos científicos. Ao todo, foram selecionados 22 artigos internacionais que foram utilizados no decorrer deste trabalho, como ilustrado no gráfico 6.

Gráfico 6 - Distribuição de artigos internacionais: 2000 - 2020

Fonte: Autoria própria (2021)

O critério das escolhas dos artigos científicos internacionais foi similar ao dos nacionais. A única diferença refere-se ao³² índice H, que para esse caso, é atribuída para as revistas científicas. Vale destacar que, os países com o maior quantitativo de revistas para essa seleção são: Reino Unido, com 7; Holanda, com 6; e Estados Unidos, com 5. No total, foram escolhidos 22 artigos científicos publicados em seis países diferentes para três continentes, conforme apresentado na tabela 11.

³² Disponível em: <www.scimagojr.com>

Tabela 11 - Artigos escolhidos com base no número de citações, índice H das revistas e aderência aos temas, entre os períodos de 2000 até 2020 de autores nacionais

Tema	Autores	nº de Citações	Publicação	País	Índice H	Ano	Tema
RSU	Renou <i>et al</i>	2.414	Journal of Hazardous Materials	Holanda	260	2008	1
RSU	Sharholy <i>et al</i>	1.111	Waste Management	UK	145	2008	1
RSU	Henry <i>et al</i>	689	Waste Management	UK	145	2006	1
RSU	Minghua <i>et al</i>	344	Waste Management	UK	145	2009	1
RSU	Sing, Sharma	202	Bioresour Technology	Holanda	273	2002	1
RSU	Alm	37	Journal of Economic Surveys	UK	87	2015	1
RSU	Saikia, Nath	10	Research and Development	Índia	3	2015	1
Inovação, Ecoinovação e Tecnologia	Smith <i>et al</i>	1.583	Research Policy	Holanda	224	2010	3
Inovação, Ecoinovação e Tecnologia	Kirchherr <i>et al</i>	1.117	Resources, Conservation and Recycling	Holanda	119	2017	3
Inovação, Ecoinovação e Tecnologia	Perez	975	Cambridge Journal of Economics	EUA	79	2010	3
Inovação, Ecoinovação e Tecnologia	Stahel	741	Nature	UK	1.159	2016	3
Inovação, Ecoinovação e Tecnologia	York, Rosa	526	Organization and Environment	EUA	55	2003	3
Inovação, Ecoinovação e Tecnologia	Wagner	310	Ecological Economics	Holanda	189	2010	3
Inovação, Ecoinovação e Tecnologia	Andrews	204	Local Economy	UK	36	2015	3
Inovação, Ecoinovação e Tecnologia	Conforto, Amaral	171	Journal of Engineering Technology Management	Holanda	62	2016	3
Inovação, Ecoinovação e Tecnologia	Leitão	32	Portuguese Journal of Finance	Portugal	-	2015	3
Estatística e Monte Carlo	Chou	134	International Journal of Project Management	UK	134	2011	5
Estatística e Monte Carlo	Gálvez	7	Revista de la Construcción	Chile	8	2015	5
Outros	Amit, Zanott	7.639	Strategic Management Journal	EUA	269	2011	-
Outros	Walsham	2.634	European Journal of Information Systems	UK	103	2006	-
Outros	Lewy, Ellis	1.541	Informing Science	EUA	23	2006	-
Outros	Webster, Watson	1	MIS Quarterly: Management Information System	EUA	216	2002	-

Fonte: Autoria própria (2021)

A tabela 12 se refere as instituições e organizações nacionais, e que ao todo, 52 documentos foram escolhidos. São 22 entidades diferentes, contribuindo e colaborando com informações e dados estatísticos aproveitados nessa pesquisa. A ABRELPE representa 21% do total, isso se deve, pela quantidade de trabalhos consultados referente à geração e destinação de RSU, de 2009 até 2018. É válido salientar que oito leis foram examinadas e referenciadas neste trabalho.

Tabela 12 – Total de instituições e organizações do Brasil usadas na pesquisa, entre os anos 2000 até 2020

Instituições e Organizações Nacionais	Quantidade	%
ABRELPE	11	21%
BNDES	4	8%
IBAM	4	8%
MMA	4	8%
IBGE	3	6%
IPT	3	6%
ABNT	3	6%
CNM	2	3%
CEMPRE	2	3%
IPEA	2	3%
PROTEGEER	2	3%
SNIS	2	3%
FEAM	1	2%
RECESA	1	2%
MDR	1	2%
MPOG	1	2%
FGV	1	2%
ISLU	1	2%
SEEG	1	2%
FUNASA	1	2%
ABETRE	1	2%
EMBRAPA	1	2%
TOTAL	52	100%

Fonte: Autoria própria (2021)

Em relação às instituições e organizações internacionais, foram consultadas e utilizadas, ao todo, 14 documentos, conforme apresentadas na tabela 13. Não houve aproveitamento sobre leis internacionais neste estudo. Importante ressaltar que, a inserção de documentos relativos à entidades de outros países abrange, praticamente, todas às temáticas deste estudo, não incluindo apenas, o que se refere à legislação brasileira, em especial, no que tange à gestão dos resíduos sólidos.

Tabela 13 - Total de instituições e organizações internacionais usadas na pesquisa, entre os anos 2000 até 2020

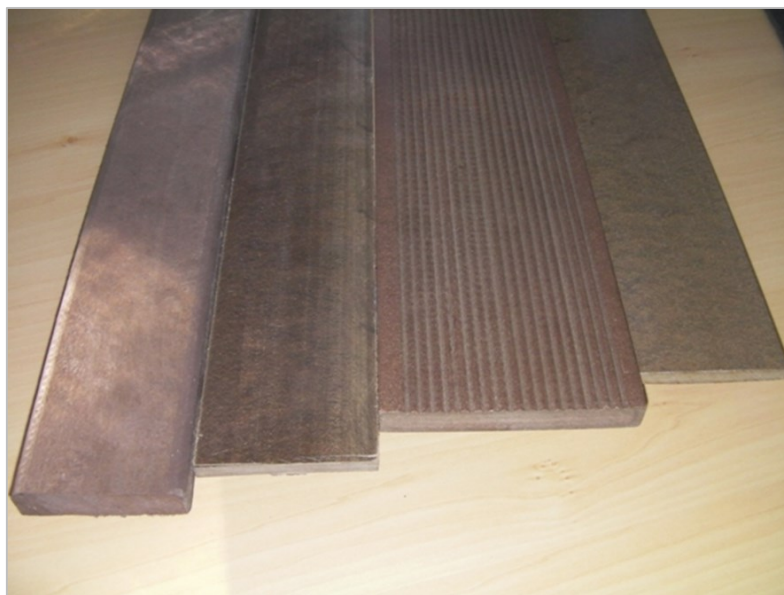
Instituições e Organizações Internacionais	Quantidade	%
ISWA	2	9%
EU	1	7%
US- EPA	1	7%
PNUMA	1	7%
WORLD BANK	1	7%
WBCSD	1	7%
CIRCULAR EC. PORTUGAL	1	7%
ABPMP	1	7%
EMF	1	7%
EUROPEAN COMISSION	1	7%
CEPIS- OMS	1	7%
WHO	1	7%
PPIAF	1	7%
TECHNOPOLIS GROUP	1	7%
TOTAL	14	100%

Fonte: Autoria própria (2021)

E ainda, referente à quantidade de livros nacionais utilizados com referência bibliográfica, foram consultados, no total, 65 livros. E podem ser selecionados em 49 livros de autores brasileiros e 13 de autores estrangeiros. E por fim, no critério “outros”, que são considerados como teses, dissertações, publicações em congresso, internet, e outras mídias, e ao todo, foram consultados 21 documentos, sendo 19 nacionais e 2 internacionais. Isso comprova a versatilidade e heterogeneidade das fontes de pesquisa que embasaram este estudo.

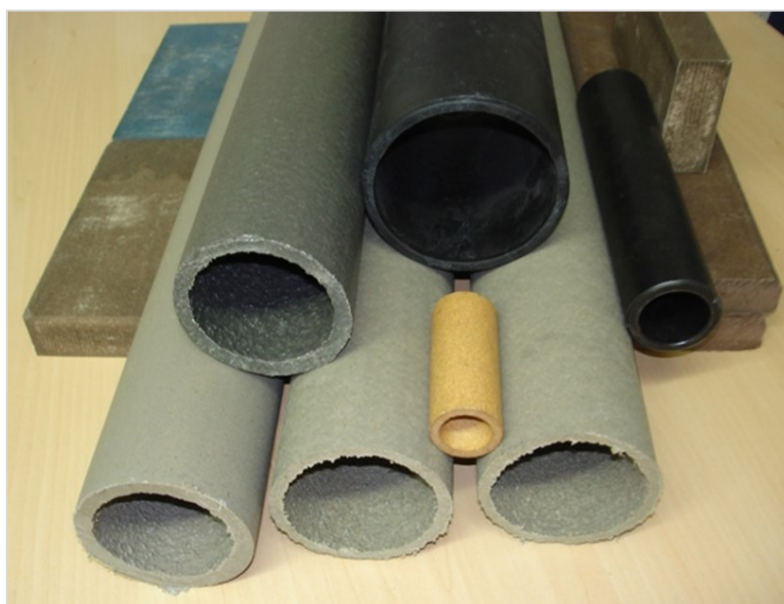
ANEXOS – Fotos da biomadeira e aplicações

Fotografia 1 - Produtos 1



Fonte: Autoria própria (2021)

Fotografia 2 - Produtos 2



Fonte: Autoria própria (2021)

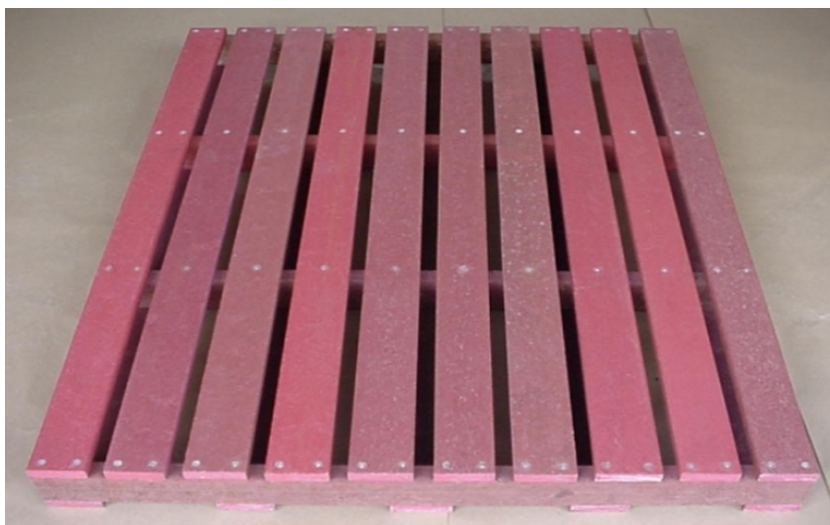
Fotografia 3 - Produtos 3

Fonte: Aatoria própria (2021)

Fotografia 4 - Casa

Fonte: Aatoria própria (2021)

Fotografia 5 - Pallet



Fonte: Aatoria própria (2021)

Fotografia 6 - Mesa



Fonte: Aatoria própria (2021)