

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIA**

BRUNA PAESE

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL DO PROJETO DE
IMPLANTAÇÃO DA USINA DE TRATAMENTO TÉRMICO E
APROVEITAMENTO ENERGÉTICO NO MUNICÍPIO DE BENTO
GONÇALVES/RS.**

CAXIAS DO SUL

2020

BRUNA PAESE

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL DO PROJETO DE
IMPLANTAÇÃO DA USINA DE TRATAMENTO TÉRMICO E
APROVEITAMENTO ENERGÉTICO NO MUNICÍPIO DE BENTO
GONÇALVES/RS.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental apresentado como parte dos requisitos necessários para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II. Orientador: Prof. Dra. Vania Elisabete Schneider e coordenação Prof. Dra. Renata Cornelli

CAXIAS DO SUL

2020

BRUNA PAESE

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL DO PROJETO DE
IMPLANTAÇÃO DA USINA DE TRATAMENTO TÉRMICO E
APROVEITAMENTO ENERGÉTICO NO MUNICÍPIO DE BENTO
GONÇALVES/RS.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental apresentado como parte dos requisitos necessários para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II. Orientador: Prof. Dra. Vania Elisabete Schneider e coordenação da Prof. Dr. Renata Cornelli.

Aprovada em

Banca examinadora

Prof. Dra. Vania Elisabete Schneider
Orientadora do Trabalho de Conclusão de Curso II
Universidade de Caxias do Sul - UCS

Prof. Me. Tiago Panizzon
Avaliador (a) do Trabalho de Conclusão de Curso II
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dra. Gisele Cemin
Avaliador (a) do Trabalho de Conclusão de Curso II
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Sr. Luiz Pinto de Jesus Filho
Avaliador (a) do Trabalho de Conclusão de Curso II
Universidade de Caxias do Sul – UCS

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Ana Paese e Jones Paese, por todo amor e dedicação, além de proporcionarem todas condições possíveis e toda estrutura necessária para que eu alcançasse este objetivo. Grata por toda paciência nos momentos difíceis e toda alegria nos momentos bons.

Aos meus irmãos, Karen e Luís Guilherme, meu muito obrigada por serem minha melhor torcida, por suportarem meu mau humor e por aceitarem minhas desculpas por todos desentendimentos. Eu amo muito vocês e agradeço a Deus por essa família maravilhosa em que nasci.

Meu namorado, Ismael Vicari, por ser o ser humano mais positivo e paciente que eu conheço. Gratidão por todo apoio, carinho e amor. Obrigada por me incentivar a seguir em frente todas as vezes que eu desabei e por me ajudar a crescer tanto como pessoa, quanto profissional durante minha caminhada.

Agradeço também, as minhas irmãs de coração, Bianca Breda e Taciane P. Kesties, que além de colegas, foram minhas parceiras durante essa jornada linda rumo à graduação em Engenharia Ambiental. Obrigada por todo apoio, auxílio nos trabalhos e nas provas; e, por compartilharem a aflição e emoção em cada disciplina que concluíamos juntas. Vocês, além de colegas de profissão, são como irmãs para mim.

Minha colega e amiga Morgana Vigolo por ter ajudado em todo o desenvolvimento do trabalho e também por todo apoio, agradeço de todo coração pela disponibilidade de tempo e conhecimento empregado no meu TCC.

À minha orientadora e querida professora, Dra. Vania Elisabete Schneider, que compartilhou comigo toda sua sabedoria e vivência na área de resíduos sólidos, meu muito obrigada. Gratidão ao professor, Me. Tiago Panizzon por ter auxiliado na realização deste trabalho, bem como por disponibilizar do seu tempo e conhecimento para contribuir.

Agradeço a todos colaboradores da Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves que forneceram os dados para elaboração do presente estudo.

A Deus meu muito obrigada pela vida abençoada que tenho e por ter colocado pessoas tão maravilhosas no meu caminho, pessoas de bom coração e que me ajudaram a conquistar este feito.

*"Deus nos conceda, a cada dia,
uma página de vida nova no livro
do tempo. Aquilo que colocarmos
nela, corre por nossa conta."*

Francisco Cândido Xavier

RESUMO

A disposição indiscriminada e sem medidas de controle ambiental de resíduos sólidos no solo tornaram-se uma problemática para os países de forma geral. Assim, a recuperação energética tornou-se uma alternativa concreta para a destinação dos resíduos sólidos urbanos, visto que essa tecnologia tem a capacidade de transformar esses materiais em energia elétrica ou térmica por processos e tecnologias avançados e utilizados em todo o mundo, os quais além de reduzir o passivo, contribuem para a preservação ambiental. Com objetivo de efetuar uma análise de viabilidade econômica e ambiental de um projeto de implantação de uma usina de pirólise lenta por tambor rotativo, o presente estudo elencou e verificou os principais dados do empreendimento a ser instalado no município de Bento Gonçalves. Para isso, foram utilizadas diversas bibliografias e documentos especializados da temática, bem como ocorreu vistoria in loco na futura área de implantação da usina pirolítica. Com base nos resultados observou-se que com relação a viabilidade econômica o empreendimento se mostrou viável, no entanto, quando avaliado no cenário ideal, e, relativo à viabilidade ambiental, o empreendimento ainda deve efetuar alguns programas os quais deverão mitigar os impactos ambientais provenientes da implantação e operação do mesmo. Desse modo, apesar de ser uma tecnologia nova no Brasil, se operada de maneira adequada e planejada poderá ser uma solução para resolução da problemática com os resíduos sólidos.

Palavras-chave: Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos. Tratamento Térmico de resíduos. Viabilidade econômica e ambiental. Gestão de Resíduos sólidos Urbanos.

ABSTRACT

The indiscriminate disposal and without environmental control measures for solid residues in the soil has become a problem for countries in general. Thus, energy recovery has become a concrete alternative for the disposal of solid urban waste, since this technology has the ability to transform these materials into electrical or thermal energy by advanced processes and technologies used worldwide, which in addition reduce liabilities, contribute to environmental preservation. In order to carry out an economic and environmental feasibility analysis of a project for the implementation of a slow pyrolysis plant by rotating drum, the present study listed and verified the main data of the project to be installed in the city of Bento Gonçalves. For this, several bibliographies and specialized documents on the theme were used, as well as an on-site survey in the future area of the pyrolytic plant. Based on the results, it was observed that in relation to the economic viability the project proved to be viable, however, when evaluated in the ideal scenario, and, regarding the environmental viability, the enterprise must still carry out some programs which should mitigate the environmental impacts arising implementation and operation. Thus, despite being a new technology in Brazil, if operated properly and planned it can be a solution to solve the problem with solid waste

Keywords: Urban Solid Waste Incineration. Thermal treatment of waste. Economic and environmental feasibility. Urban Solid Waste Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Geração de RSU no Brasil (tonelada/ano)	25
Figura 2 - Geração de RSU na região SUL (tonelada/ano)	26
Figura 3 - Ordem de prioridade na gestão de RSU	27
Figura 4 - Alternativas tecnológicas para o tratamento de RSU - Região Sul	29
Figura 5 - Processo de pirólise	35
Figura 6 - Disposição final de RSU, por tipo de destinação (tonelada/dia)	37
Figura 7 - Delimitação do Município de Bento Gonçalves	38
Figura 8 - Pirâmide etária 2010 - BG	39
Figura 9 - Percentual de aprovação nas escolas do município	40
Figura 10 - PIB em milhões.....	41
Figura 11 - Rota de coleta e destino final dos RSU - BG.....	43
Figura 12 - Composição gravimétrica dos resíduos globais.....	44
Figura 13 - Composição gravimétrica município de Bento Gonçalves - RS.....	45
Figura 14 - Geração de RSU no município de BG (tonelada/ano).....	48
Figura 15 - Área de implantação da Usina de Tratamento Térmico e de Conversão em Energia Elétrica.....	51
Figura 16 - Fluxograma de funcionamento da Usina	53
Figura 17- Principais setores que irão compor a usina.....	53
Figura 18 - Fluxograma básico com identificação da interligação entre as atividades envolvidas no processo de reciclagem.....	54
Figura 19 - Saldo de caixa cenário 01 para 20 anos	66
Figura 20 - Saldo de caixa do cenário 02 para 20 anos	68
Figura 21- Evidência da presença da fauna na área.....	72
Figura 22 - Mapa da vegetação município de Bento Gonçalves	74
Figura 23 - Vista aérea da área do empreendimento	74
Figura 24 - Área de Preservação Permanente.....	75
Figura 25 – Pontos de análise da vegetação	77
Figura 26 – Espécies arbóreas no ponto 01	77
Figura 27 - Espécies arbóreas no ponto 02.....	78
Figura 28 - Espécies arbóreas no ponto 03.....	78
Figura 29 - Espécies arbóreas no ponto 04.....	79

Figura 30 - Mapa pedológico do município de Bento Gonçalves	80
Figura 31 - Voçoroca na área norte do empreendimento	81
Figura 32 - Mapa de recursos hídricos superficiais de Bento Gonçalves.....	82
Figura 33 - Mapa de recursos hídricos de Bento Gonçalves.	83
Figura 34 - Mapa da bacia que a área está inserida	84
Figura 35 - Córrego na área do empreendimento, vista norte	85
Figura 36 - Córrego na área do empreendimento, vista sul.....	85
Figura 37 - Variação da temperatura média mensal em Bento Gonçalves.....	90
Figura 38 - Variação da pressão atmosférica mensal em Bento Gonçalves.....	90
Figura 39 - Variação da precipitação média mensal em Bento Gonçalves.	91
Figura 40 - Variação da velocidade do vento mensal em Bento Gonçalves	91
Figura 41 - Mapa de uso e cobertura solo em Bento Gonçalves em 2019.	92
Figura 42 - Mapa de uso e cobertura solo da área do empreendimento.	93
Figura 43 - Importância e benefícios do uso do biocarvão no solo	95
Figura 44 - Áreas de influência	97

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Método Check List de avaliação	98
Quadro 2 - Programas e medidas mitigadoras da fase de implantação	100
Quadro 3 - Programas e medidas mitigadoras da fase de operação	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos tipos de pirólise	33
Tabela 2 - Composição do mercado por setor e porte, segundo n° de funcionários em 2018.	41
Tabela 3– Número de habitantes em Bento 2000, 2010 e 2020	46
Tabela 4 - Projeção da População para 20 anos	47
Tabela 5 - Crescimento populacional e geração de resíduos.....	49
Tabela 6 - Receita projetada	62
Tabela 7 - Estimativa de Investimento pré-instalação.....	63
Tabela 8 - Estimativa de investimento para implantação	63
Tabela 9 – Estimativa de investimento de maquinário.....	64
Tabela 10 - Estimativa de custos com operação e manutenção.....	65
Tabela 11 - Análise econômica do cenário 01	67
Tabela 12 - Análise econômica cenário 02.....	69
Tabela 13 - Espécies de mastofauna, avifauna, herptofauna e entomofauna, identificadas na área do empreendimento.	70
Tabela 14 - Estágios sucessionais de regeneração da vegetação secundária.....	75
Tabela 15 - Caracterização do estágio sucessionais da vegetação na área do empreendimento	76
Tabela 16 - Limites de emissão para tratamento térmico de resíduos.....	86
Tabela 17 - Informações complementares dos limites emissão para tratamento térmico de resíduos.....	87
Tabela 18 - Fatores de toxicidade equivalente	88

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE Especiais	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ADA	Área Diretamente Afetada
AI	Avaliação de Impacto
AID	Área de Influência Direta
AII	Área de Influência Indireta
ANCAT	Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APP	Área de Preservação Permanente
APREMAVI	Associação de Preservação do Meio Ambiente e da Vida
BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos do INMET
BG	Bento Gonçalves
BNDS	Banco Nacional do Desenvolvimento
BR	Brasil
CBO	Classificação Brasileira de Ocupações
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CISGA Gaúcha	Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável da Serra Gaúcha
CNP	Centro Nacional de Pesquisas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CRVR	Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos
FEE	Fundação de Economia e Estatística
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
FVP	Fator de Valor Presente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

LP	Licença Prévia
MBT	<i>Mechanical Biological Treatment</i>
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MNCR	Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis
NBR	Norma Brasileira
PERS-RS	Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul
PIB	Produto Interno Bruto
PMBG	Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
QGIS	Sistema de Informação Geográfica
RS	Rio Grande do Sul
RSD	Resíduos Sólidos Domiciliares
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SMDE	Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico
SMMAM	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SNIPC	Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor
SNIS	Sistema Nacional de Saneamento Básico
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TIR	Taxa Interna de Retorno
TJLP	Taxa de Juros de Longo Prazo
TMB	Tratamento Mecânico Biológico
UG	Unidade de Gestão
UCS	Universidade de Caxias do Sul
VPL	Valor Presente Líquido
WTE	<i>Waste-to-Energy</i>

LISTA DE SIMBOLOS E UNIDADES

%	Porcentagem
m ²	Metro quadrado
m	Metro
Km	Quilômetro
Km ²	Quilômetro quadrado
mm	Milímetros
m ³ /s	Metro quadrado por segundo
m/s	Metro por segundo
Kg	Quilograma
Kg/dia	Quilograma por dia
Kg/h	Quilograma por hora
mg/Nm ³	Miligrama por normal
mbar	Milibar
=	Igual
ppmv	Partes por milhão em volume
<	Menor
°C	Graus Celsius

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVO	20
2.1	OBJETIVO GERAL	20
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	20
3	REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1	A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	21
3.2	RESÍDUOS SÓLIDOS	22
3.2.1	Caracterização e Composição dos RSU	23
3.2.2	Geração	24
3.3	GESTÃO/GERENCIAMENTO DE RSU	26
3.3.1	Coleta de RSU	27
3.3.2	Catadores e Centrais de Triagem	28
3.3.3	Tratamento de Resíduos Sólidos.....	29
3.3.3.1	Tratamento Térmico.....	30
3.3.3.1.1	Recuperação energética por meio de RSU.....	30
3.3.3.1.2	Processos Pirolíticos.....	33
3.3.4	Destinação e disposição final	36
4	METODOLOGIA	38
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	38
4.1.1.	Município de Bento Gonçalves.....	38
4.1.2.	Sistema de Gerenciamento de RSU	42
4.1.3.	Composição Gravimétrica.....	43
4.1.4.	Projeção populacional.....	46
4.1.5.	Projeção da geração de RSU	48
4.2	CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO DA USINA DE TRATAMENTO TÉRMICO E DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO.	50
4.2.1	Localização da área de Implantação	50
4.2.2	Projeto	51
4.2.2.1	Funcionamento da planta de tratamento térmico dos RSU	52
4.3.	INDICADORES ECONÔMICOS E AMBIENTAIS	55

4.1.1	Indicadores Econômicos	55
4.3.2	Indicadores Ambientais	56
4.1.1.1	Meio Biótico.....	57
4.1.1.2	Avaliação de Impactos Ambientais.....	58
4.1.1.3	Meio Físico.....	59
5	ANÁLISE DE VIABILIDADE	61
5.1	ANÁLISE ECONÔMICA.....	61
5.1.1	Projeção da Receita.....	61
5.1.2	Projeção de Custos	62
5.1.2.1	Pré-Implantação	62
5.1.2.2	Custos da Instalação	63
5.1.2.3	Custos da Operação e Manutenção	64
5.1.3	Análise de Indicadores Econômicos.....	65
5.1.3.1	Cenário 01 - Viabilidade econômica conforme projeto apresentado	65
5.1.3.2	Cenário 02 – Viabilidade econômica sem considerar a venda dos resíduos recicláveis	68
5.2	ANÁLISE DE VIABILIDADE AMBIENTAL.....	70
5.2.1	Fauna.....	70
5.2.2	Flora.....	73
5.2.3	Solo.....	79
5.2.4	Recursos Hídricos.....	81
5.2.5	Emissões Atmosféricas	86
5.2.6	Geração de Resíduos Sólidos.....	94
5.3	AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL	96
5.3.1	Avaliação de impacto ambiental	96
5.3.3.1	Aspectos Socioeconômicos das Áreas de Influência	97
5.3.3.1.1	Aspectos Socioeconômicos ADA	97
5.3.3.1.2	Aspectos Socioeconômicos AID	98
5.3.3.1.3	Aspectos Socioeconômicos AII	98
5.3.2	Identificação e Avaliação de Impactos	98
5.3.3	Programas ambientais e ações mitigadoras	100
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104

1 INTRODUÇÃO

Atualmente se vive em uma sociedade responsável pela produção e consumo contínuo de bens descartáveis, onde o excesso destes torna-se um problema para si própria (HENRIQUES, 2004). Conforme Schneider (2006), a geração de resíduos sólidos está diretamente relacionada ao crescimento populacional, à evolução tecnológica e aos fatores econômicos, os quais tendem a aumentar exponencialmente.

De maneira geral, o consumo excessivo e a demanda por materiais cada vez menos duráveis, estão sendo estimulados por diversas áreas do comércio e por diferentes tipos de indústrias (MACHADO, 2015). Ainda conforme Machado (2015), apesar do benefício para o consumidor com a inserção de novos produtos em seu cotidiano, o consumismo desenfreado tem consequências negativas significantes, que vão desde o esgotamento dos recursos naturais até o excesso de geração de resíduos sólidos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, a qual foi sancionada pela Lei 12.305/2010, estabeleceu que os municípios brasileiros repensassem sobre a limpeza urbana e o manejo de resíduos. As obrigatoriedades e as ações definidas na referida lei conduziram à busca por alternativas de tratamento bem como a disposição final adequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) (MERSONI & REICHERT, 2017).

De acordo com Pedroza *et al.* (2017) os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) compõe-se principalmente de resíduos domésticos e comerciais. Estes resíduos são constituídos principalmente de papel, papelão, plásticos, vidros, metais, têxteis, restos de comidas e resíduos de jardins. Os resíduos que contêm quantidade elevada de materiais renováveis que podem ser utilizados para recuperação energética ou até mesmo para a produção de combustíveis (PEDROZA *et al.*, 2017).

Conforme Souza *et al.* (2016), em diversos países desenvolvidos e em desenvolvimento, além de medidas de incentivo para a prevenção e para a redução da geração de resíduos sólidos, a busca por tecnologias de reaproveitamento, as quais modificam os RSU em diferentes matérias-primas, como a reciclagem; e, por tecnologias de tratamento, devem ser buscadas haja vistas à redução da quantidade de material que é enviado a aterros e lixões. Entre os tratamentos destaca-se a incineração, que tem sido utilizada no sentido de minimizar os diversos impactos ambientais diretamente associados à disposição indevida, bem como ao consumo de recursos não renováveis (SOUZA *et al.*, 2016).

A transformação de resíduos sólidos urbanos em energia vem sendo considerada em todo mundo desenvolvido como uma opção ambientalmente correta e sustentável, por se tratar de uma fonte de energia “limpa, confiável e renovável” sendo vantajosa quando comparada com outras fontes energéticas (LIMA, 2018).

De acordo com Saffer (2011), num cenário mundial já é possível se observar uma forte tendência nesse sentido, visto que países com pequena disponibilidade de área adequada para a construção de novos aterros, a exemplo do Japão, Suíça e Cingapura, vêm apresentado crescimento a este método de tratamento de RSU. Além disso, já exibem um grande número de incineradores em operação, que ocorrem devido à integração de novas unidades, de sistemas de recuperação de energia e de tratamento de gases de combustão eficientes, tornando assim mais interessante do ponto de vista econômico e, mais seguros, no contexto ambiental (SAFFER, 2011).

Orth (2013) destaca que ainda há muitas crenças na questão da incineração no Brasil. Ocorre um “total desconhecimento do que vem a ser o sistema de tratamento exigido, fabricado e operado no mundo para tratar os poluentes, principalmente as dioxinas e furanos”. Ainda de acordo com Orth (2013) “Qualquer fogueira de São João libera mais dioxinas do que um incinerador bem operado”, compara. “Esse desconhecimento tem que ser revisto e não pode inviabilizar uma tecnologia de altíssima qualidade”.

De acordo com Conceição (2018) é fundamental que, para solucionar os problemas referentes ao manejo dos resíduos devem ser realizados planejamentos prévios e contínuos quanto às rotas tecnológicas utilizadas. Deve ser levado em conta as características culturais e econômicas de cada região, bem como os aspectos ambientais e sociais quando se tem por ideia iniciar um estudo para implantação de uma tecnologia diferente, sendo necessário avaliar as vantagens e desvantagens da mesma (CONCEIÇÃO, 2018).

Desse modo, compreender a realidade local torna-se imprescindível para proporcionar a eficiência dos serviços implementados, além do estabelecimento de um sistema com gestão integrada de resíduos sólidos, voltada para seu aproveitamento como recurso, proporcionando ganhos ambientais e econômicos.

Com base no exposto, o presente trabalho apresenta um estudo de viabilidade econômica e ambiental do projeto de implantação de uma usina de tratamento térmico e aproveitamento energético no município de Bento Gonçalves/RS. O estudo foi realizado com base em dados disponibilizados pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e na análise

documental, em particular os processos para obtenção da Licença Prévia do empreendimento junto ao órgão ambiental.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Efetuar a análise de viabilidade econômica e ambiental do projeto de uma Usina de Tratamento Térmico a ser instalada no município de Bento Gonçalves.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- a) Realizar diagnóstico do modelo atual de gerenciamento de resíduos sólido de Bento Gonçalves;
- b) Analisar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos;
- c) Realizar a projeção quantitativa e qualitativa de resíduos sólidos urbanos no município de Bento Gonçalves;
- d) Realizar a identificação do estágio sucessional da vegetação da área de implantação;
- e) Efetuar a análise de viabilidade econômica do sistema de tratamento;
- f) Efetuar a análise de viabilidade ambiental do projeto e propor medidas mitigadoras.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Segundo Ribeiro e Mendes (2018) em meados do século XVIII, o êxodo rural, a industrialização, a urbanização e o crescimento populacional foram acontecimentos que colaboraram para intensificação dos impactos ambientais decorrentes de inúmeras formas de poluição. Dentre estas, destaca-se o acúmulo de resíduos pelas ruas e proximidades das cidades, os quais vinham contribuindo para surgimento de epidemias e assim causando morte de milhares de pessoas. Com base nisso, a solução mais adequada para aquele momento, foi encaminhar o material para locais distantes dos centros urbanos, apresentando-se assim, como uma forma simples e eficaz de resolução dos problemas (RIBEIRO; MENDES, 2018).

No entanto, a disposição indiscriminada e sem medidas de controle ambiental de resíduos sólidos no solo tornaram-se uma problemática para os países de forma geral. Esses foram considerados um dos principais responsáveis pelos impactos ambientais, visto que ocasionam a contaminação da água, ar e solo, bem como propiciar a proliferação de vetores causadores de doenças, afetando, além do meio ambiente, a saúde-pública da população (COSTA *et al.*, 2016).

Como forma de permitir o avanço necessário no enfrentamento dessas questões no Brasil, foi sancionada a Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007), a qual tornou o manejo de resíduos sólidos uma das principais diretrizes nacionais do saneamento básico, juntamente com outros 3 componentes: o abastecimento de água potável, a coleta e tratamento do esgotamento sanitário e a drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. A lei previa a implantação de um conjunto de serviços, instalações operacionais e infraestruturas capazes de universalizar o acesso à toda sociedade, de modo a restaurar a salubridade ambiental e a qualidade de vida da população.

No que tange ao enfrentamento da problemática dos resíduos sólidos no Brasil ainda, após mais de vinte anos de reuniões e tramitações no Congresso Nacional, foi aprovada a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, a qual instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010). Até este momento, não havia um instrumento legal que estabelecesse diretrizes gerais aplicáveis aos resíduos sólidos que pudesse orientar uma gestão adequada aos estados, municípios e empreendedores (GRISA & CAPANEMA, 2018).

Entre os objetivos da PNRS ressalta-se a implementação de um sistema que vise a “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como

disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” (BRASIL, 2010). Além disso, a PNRS prevê o desenvolvimento sustentável e a visão sistêmica como princípios norteadores para o gerenciamento adequado desses materiais, levando em conta a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (BRASIL, 2010).

Apesar disso, conforme dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2019), entre os anos de 2017 e 2018, a geração de RSU no país aumentou cerca de 1%, indicando a necessidade de aplicação de políticas públicas efetivas. Isto pode ser explicado de acordo com Costa *et al.* (2016), que nos países em desenvolvimento, são evidenciados déficits na gestão e na capacidade financeira em prover serviços de saneamento básico, os quais estão inclusos a coleta e destinação final ambientalmente adequadas dos resíduos sólidos, impedindo o progresso desejado.

Neste contexto, de acordo com Machado e Oliveira (2019) realizar o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos de maneira eficaz se torna um meio mais apropriado para solucionar problemas que envolvem danos causados pela geração excessiva de resíduos sólidos urbanos, pois, é através deste que todas as ações serão corretamente administradas trazendo resultados positivos.

3.2 RESÍDUOS SÓLIDOS

Com base no Art 3º, inciso XVI da PNRS, resíduos sólidos caracterizam-se por ser todo o material, substância, objeto ou bem que é excluído após não ter mais utilidade nas atividades humanas. Se propõe que a destinação final seja realizada nos estados sólido ou semissólido, direcionando-o para soluções técnicas e/ou economicamente viáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Com base no Art. 13 da PNRS, os resíduos sólidos são classificados conforme sua origem em:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;

- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios; (BRASIL, 2010).

Ou ainda, quanto a sua periculosidade:

- a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;
 - b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “a”.
- Parágrafo único. Respeitado o disposto no art. 20, os resíduos referidos na alínea “d” do inciso I do **caput**, se caracterizados como não perigosos, podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal (BRASIL, 2010).

Em concordância com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a partir da NBR 10.004:2004, resíduos sólidos são classificados como resíduos no estado sólido e semissólido, resultantes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição (ABNT, 2004).

No entanto, o objeto desse trabalho são os resíduos sólidos cuja responsabilidade é direcionada ao poder público municipal, o qual deverá realizar a gestão adequada dos mesmos, utilizando tecnologias que visem a recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que comprovada sua viabilidade técnica e ambiental (BRASIL, 2010).

3.2.1 Caracterização e Composição dos RSU

Conforme exposto na PNRS os resíduos sólidos urbanos são aqueles originários das atividades domésticas e, também, os resíduos gerados a partir da limpeza urbana resultantes da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas (BRASIL, 2010). Com base nos dados apresentados no Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, elaborado pela ABRELPE, no ano de 2018 foram coletadas pelas cooperativas e associações de catadores, 67.408 toneladas de resíduos sólidos urbanos, com isso é possível ter números aproximados da composição dos

resíduos recicláveis onde 16,9% deste montante são de plástico, 65% de papel, 10% de vidro, 7,3% de metal e 0,8% de outros materiais.

De acordo com Reichert (2014) há diversos tipos de classificação de resíduos sólidos urbanos as quais se baseiam em características definidas ou propriedades identificadas. Geralmente nos municípios a classificação mais utilizada para efetuar o gerenciamento dos resíduos sólidos é em função a origem (do local onde o resíduo é gerado).

Com relação aos Resíduos Sólidos Domiciliares – RSD, estes caracterizam-se os resíduos originários de atividades domiciliares, sendo compostos por resíduos orgânico e reciclável (MMA, 2012). Os resíduos orgânicos são constituídos principalmente por sobras provenientes do preparo dos alimentos, onde contém partes de alimentos in natura, como folhas, cascas e sementes, restos de alimentos industrializados e outros. Enquanto os recicláveis, são os materiais descartados passíveis de reciclagem ou outras formas de tratamento que possibilitem o reaproveitamento do material posteriormente (MMA, 2012). Por fim, quando esgotadas as possibilidades de aproveitamento do resíduo, este denomina-se rejeito e deve ser realizada a disposição final ambientalmente adequada em aterros sanitários (BRASIL, 2010).

Ainda de acordo com o Ministério do Meio Ambiente - MMA (2012), é possível avaliar a geração dos resíduos domiciliares de acordo com o porte dos municípios e regiões geográficas, alternando assim conforme estas variáveis; também é possível avaliar a geração em função da atividade econômica bem como o tamanho e renda da população. A região Sudeste, diferentemente das demais regiões brasileiras, produz resíduos numa proporção maior que sua participação na população brasileira, sendo que nesta região se concentra 42% dos habitantes, mas gera 50% dos RSU (ABRELPE, 2019).

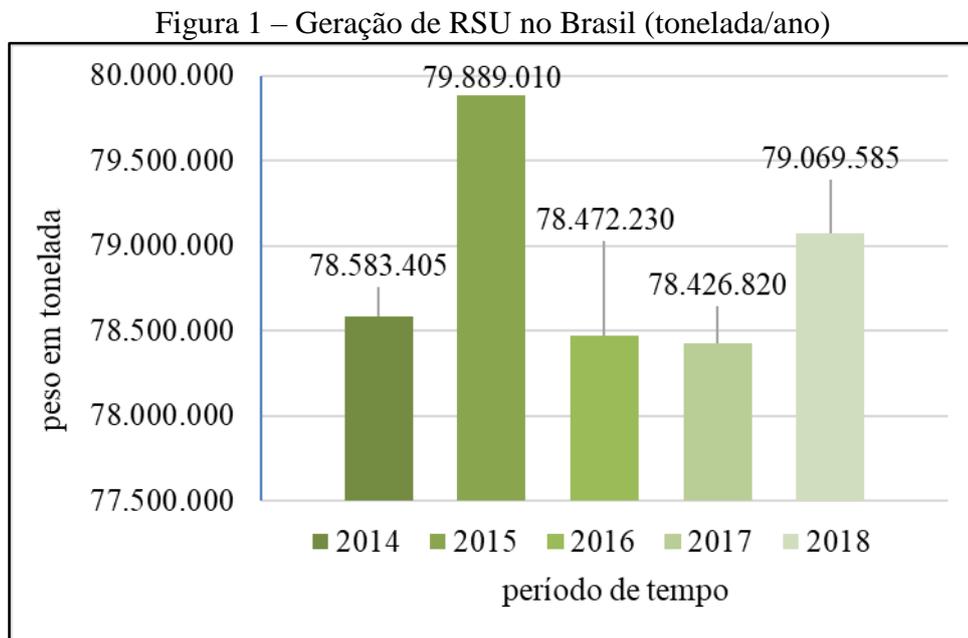
3.2.2 Geração

Com base no Plano Estadual de Resíduos Sólidos – PERS (2015) a geração dos RSU está de modo direto relacionada às características econômicas e sociais de cada município, onde o porte e a taxa de urbanização são critérios relevantes que devem ser considerados.

Normalmente municípios de maior porte e taxa de urbanização elevada tendem a apresentar uma geração per capita de RSU superior quando comparada aos municípios de pequeno porte (PERS, 2015).

De acordo com o Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil elaborado pela ABRELPE, no período de 2014 a 2018 houve uma baixa variação na geração de resíduos

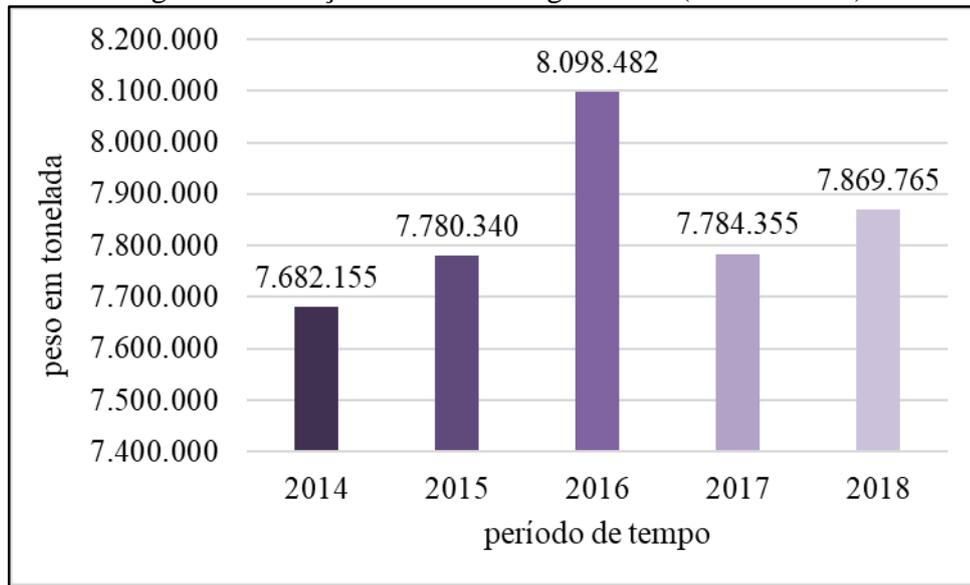
sólidos cerca de 0,5 % de aumento dentre estes 04 anos, como é possível observar o gráfico na Figura 1. Um dado que chama atenção é o aumento significativo de geração de RSU entre os anos de 2014 e 2015. Isto ocorreu devido ao crescimento de 0,8% população brasileira levando a geração per capita de RSU a crescer no mesmo ritmo, contudo devido à crise econômica que se instalou no Brasil no ano de 2015 e em consequência disto a redução na demanda por novos produtos pode ter sido a causa na queda da geração de RSU do ano de 2015 para 2016 (ABRELPE, 2019).



Fonte: Adaptado ABRELPE (2019).

Na região Sul do Brasil que abrange os estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul, houve um aumento de aproximadamente 2,4 % na geração de resíduos entre os anos de 2014 e 2018 conforme apresentado na Figura 2 (ABRELPE, 2019).

Figura 2 - Geração de RSU na região SUL (tonelada/ano)



Fonte: Adaptado ABRELPE (2019).

3.3 GESTÃO/GERENCIAMENTO DE RSU

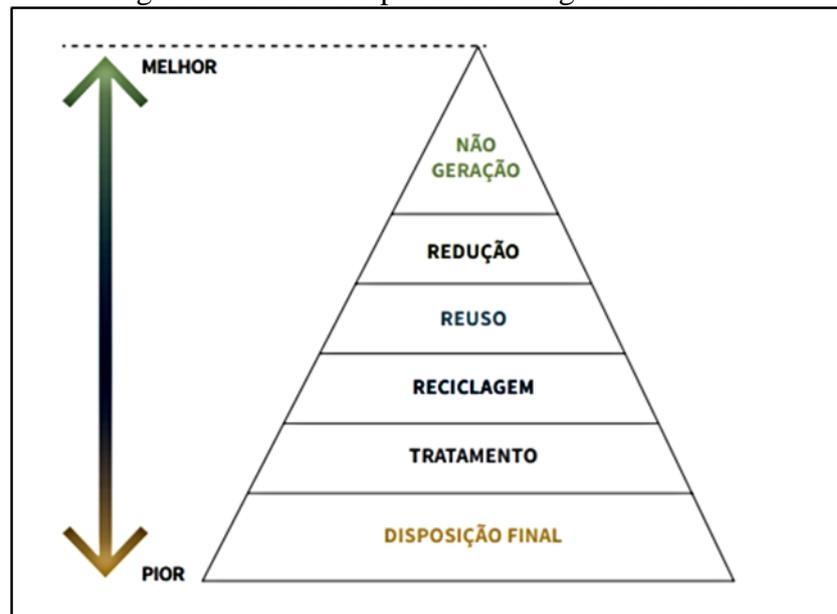
De acordo com Art. 10 da PNRS é de titularidade dos municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios, bem como a definição da coordenação dos serviços e a maneira como deverão ser acondicionados os resíduos sólidos urbanos para coleta até sua disposição final (BRASIL, 2010).

Ainda com base na Política Nacional de Resíduos Sólidos caracteriza-se gerenciamento de resíduos sólidos e gestão de resíduos sólidos com a respectiva definição:

- Gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei;
- Gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

Na Figura 3 é demonstrada a ordem de prioridade que deve ser seguida quando realizada a gestão de resíduos sólidos, conforme orientação na PNRS.

Figura 3 - Ordem de prioridade na gestão de RSU



Fonte: Anuário de Reciclagem (2019).

3.3.1 Coleta de RSU

Caracteriza-se por coleta seletiva a coleta diferenciada de resíduos os quais já foram previamente separados de acordo com a sua constituição ou composição (MMA, 2020). Assim conforme o Ministério do Meio Ambiente (2020), resíduos que possuem características similares são previamente segregados pela fonte geradora (o cidadão, uma empresa ou outra instituição) e após tal resíduo já estar segregado é disponibilizado para a coleta municipal ou por empresas particulares do ramo.

A Coleta Seletiva representa uma das fases do gerenciamento de resíduos onde envolve diversos departamentos como o setor público, prestadores de serviço, sociedade civil, organizações não governamentais (ONGs), instituições de ensino e também organizações de catadores (BESEN et al., 2010 apud MOREIRA, 2017).

Segundo Calderoni (2003) apud Nalini (2008) ao sancionar a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a mesma designou aos municípios o dever de optarem por soluções consorciadas intermunicipais ou de forma voluntária a gestão de resíduos, através de Planos de Resíduos Sólidos, os quais deveria ser implantado a coleta seletiva com a participação de catadores ou cooperativas instituídas por pessoas físicas de baixa renda (BRASIL, 2010).

Segundo estimativas do IBGE o volume coletado de resíduos sólidos urbanos entre os anos de 2017 e 2018 cresceu mais que a geração, atingindo 199.311 toneladas por dia (ABRELPE, 2019).

3.3.2 Catadores e Centrais de Triagem

O trabalho de catador de resíduo é realizado por profissionais que normalmente estão ligados a cooperativas ou até mesmo de forma autônoma informal (CBO, 2020). Ainda de acordo com a CBO (2020), o trabalho pode ser realizado a céu aberto ou em locais fechados, em diferentes horários.

Segundo Pereira (2016) os recicladores em sua maioria trabalham no mercado informal, segregando e vendendo materiais recicláveis. Comumente a atividade de “catar” ou coletar os resíduos ocorre nas ruas, nos lixões, nos aterros sanitários e nas unidades de triagem ou cooperativas.

De acordo com o Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCMR), no ano de 2019 estimava-se que existisse cerca de 800 mil catadores e catadoras no país, sendo que este quadro é composto na sua maior parte por catadores do gênero feminino, ou seja, cerca de 70% da categoria. Ainda conforme a MNCMR (2019) os profissionais desta categoria são responsáveis por 90 % de tudo que é reciclado no Brasil e que mediante diversas estimativas há entre 300 mil a 1 milhão de pessoas sobrevivendo da coleta de materiais recicláveis.

Segundo FUNASA (2010) em meados da década 90, no Brasil surge uma modalidade importante de programa de coleta seletiva a qual consistiu em iniciativas nas quais o poder público estabeleceu parcerias com catadores organizados em cooperativas/associações.

Após 15 anos de experiências, nota-se que estas parcerias se multiplicaram pelo país, onde se tornaram um modelo de política pública de resíduos sólidos ocorrendo a inclusão social e geração de trabalho para população de baixa renda (FUNASA, 2010)

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2010, deve haver por parte dos municípios o incentivo para criação e desenvolvimento de cooperativas, centrais de triagem ou de outras formas de associação de catadores.

Ainda conforme ANCAT (2019), a atuação de cooperativas e associações de catadores de materiais recicláveis tem suma importância nas etapas do manejo dos RSU: na coleta, transporte, triagem, pré-beneficiamento e destinação final adequada para os materiais, principalmente à reciclagem.

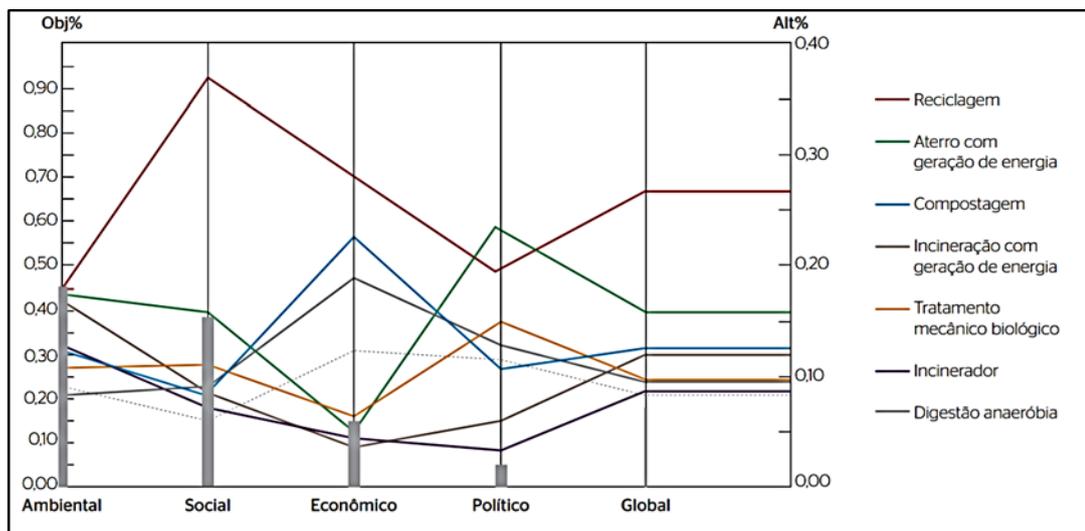
3.3.3 Tratamento de Resíduos Sólidos

A partir da geração dos resíduos é necessário que estes materiais recebam o tratamento correto para evitar que se tornem causadores de impactos ambientais, em concordância com Reichert e Mendes (2014) para que isto ocorra, é importante que seja adotado um sistema capaz de contemplar todas as etapas pelas quais o resíduo passará até a disposição final.

Segundo Reichert e Mendes (2014) diversas ações e projetos têm sido apresentadas para a melhoria da disposição final e o tratamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) nas últimas décadas. Porém, de acordo com Lima *et al.* (2013) ainda existe a necessidade de efetuar melhorias no setor de alternativas tecnológicas adequadas para o tratamento de RSU, tendo como exemplos: aterros sanitários (com e sem aproveitamento energético), compostagem, reciclagem, tratamento mecânico-biológico, digestão anaeróbia e incineração com geração de energia.

Segundo Barbosa e Ibrahim (2014) apud Durso; Lopes e Otto (2017), os RSU devem ter o máximo de tratamento possível com a finalidade de seu reaproveitamento, onde por ser feito em sua fonte de origem, processo produtivo, atividade econômica ou social, sendo que apenas depois de esgotadas todas possíveis formas de beneficiamento, este deve ter sua disposição final adequada. Na Figura 4 são apresentadas as alternativas tecnológicas propostas por Lima *et al.* (2013) para o tratamento de RSU na Região Sul do Brasil, sendo que a avaliação foi realizada por ordem de preferência.

Figura 4 - Alternativas tecnológicas para o tratamento de RSU - Região Sul



Fonte: Lima *et al.* (2013).

Ainda de acordo com o autor é possível verificar na Figura 4 que por ordem de preferência, a alternativa tecnológica da reciclagem foi a mais indicada, na sequência do aterro sanitário com geração de energia, da compostagem e do incinerador com geração de energia em ciclo combinado e do aterro sanitário sem geração de energia. Contudo as alternativas menos indicadas foram: o tratamento mecânico-biológico, a incineração com geração de energia e a digestão anaeróbia (LIMA *et al.*, 2013).

3.3.3.1 Tratamento Térmico

Define-se tratamento térmico processos que utilizam o calor como forma de recuperar, separar ou neutralizar determinadas substâncias presentes nos resíduos, diminuir massa e volume, produzir energia térmica, elétrica ou mecânica (FEAM, 2012). Para fins de regulamentação a resolução do CONAMA nº 316 de 29 de outubro de 2002 estipula que tratamento térmico é todo e qualquer processo cuja operação seja realizada acima da temperatura mínima de oitocentos graus célsius.

De acordo com a RESOLUÇÃO CONAMA nº 316, de 29 de outubro de 2002:

Art.27. Todo e qualquer sistema de tratamento térmico deve possuir unidades de recepção, armazenamento, alimentação, tratamento das emissões de gases e partículas, tratamento de efluentes líquidos, tratamento das cinzas e escórias. Parágrafo único. Na hipótese de os efluentes líquidos e sólidos não serem tratados dentro das instalações do sistema de tratamento, o destinatário que os receber deverá estar devidamente licenciado para este fim.

Art. 28. Todo sistema de tratamento térmico de resíduos deverá possuir um responsável técnico para o seu funcionamento, devidamente habilitado para este fim, com registro de responsabilidade técnica no órgão profissional competente (CONAMA, 2020)

Em condições de gerenciamento de resíduos sólidos, principalmente nos países desenvolvidos, a reciclagem é estruturada por meio de programas oficiais do poder público, os quais destinam os RSU aos aterros sanitários ou incineradores (ABRELPE, 2013). Ainda de acordo com ABRELPE (2013), um exemplo de uso de tratamento térmico é o Japão, onde cerca de 80% dos resíduos são incinerados, porém em países como Turquia, China e Austrália, mais de 60% deles são destinados em aterros sanitários.

3.3.3.1.1 Recuperação energética por meio de RSU

O crescente consumo energético associado a grande produção de RSU, fomentam estudos tecnológicos para o aproveitamento destes resíduos na geração de energia (SANTOS, 2014).

De acordo com a ABRELPE; PLASTIVIDA (2011) a recuperação energética é uma alternativa concreta na questão de destinação dos resíduos sólidos urbanos, visto que essa tecnologia pode transformar esses materiais em energia elétrica ou térmica por processos amplamente utilizados em todo o mundo. Este processo tem por característica o aproveitamento do alto poder calorífico que está contido nos resíduos, para assim fazer o uso como combustível, sendo que tal processo está previsto como uma das alternativas ambientalmente adequadas segundo a PNRS.

Ainda conforme os autores supracitados, o processo de recuperação energética por meio de RSU produz gases de combustão que são fonte de energia térmica, provenientes da geração de vapor superaquecido em caldeiras de recuperação de calor. Assim, após o processo, os gases são tratados em um sofisticado sistema de tratamento que tem por objetivo o abatimento de todos os poluentes (entre eles NO_x, SO_x, HCl, dioxinas, etc.), respeitando os limites exigidos pelas legislações vigentes.

A ANEEL (2019) afirma que a eficiência do sistema de recuperação energética pode ser influenciada devido a composição do RSU, da localização, forma de geração, poder calorífico e umidade. Tal tecnologia pode ser dividida em três grupos:

1 - Incineração *Mass Burning*, que opera com excesso de oxigênio e caracteriza-se pela recuperação do poder calorífico dos resíduos, mediante um processo de tratamento térmico controlado e na sua transformação em energia (CASTRO, 2015 apud PRATES, 2019).

De acordo com Castro (2015, apud PRATES 2019), o processo se inicia pela queima dos resíduos na câmara primária, onde a alimentação de oxigênio é controlada para evitar oscilações de temperaturas que possam volatilizar os metais e gerar a formação de óxidos nitrosos. Na sequência, a fase gasosa gerada na câmara primária é conduzida para a câmara secundária, onde ocorrerá queima a uma temperatura mais elevada resultando na combustão completa. Na fase final do processo os gases finais, são resfriados com aproveitamento do calor e, posteriormente, são tratados. As partículas sólidas resultantes, após o processo de incineração, variam de 4 a 10% em volume do material original, sendo esterilizado e inertizado (CASTRO, 2015 apud PRATES, 2019).

2 - As técnicas de *Mechanical Biological Treatment (MBT)*, ou Tratamento Mecânico Biológico (TMB) conforme Frickie (2007) apud Oliveira; Frade (2015) se baseia numa composição entre os tratamentos mecânicos e biológicos, sendo os biológicos tanto aeróbicos quanto anaeróbicos, onde inicialmente é feita a separação física de materiais indesejáveis ou que podem ser reciclados (plásticos, papelão, alumínio entre outros) e também o preparo da massa para o tratamento biológico. Nesta etapa está incluso a pesagem, classificação, armazenamento intermediário e homogeneização dos resíduos.

Para prover simples estabilização da fração orgânica na fase biológica, ocorre a redução da massa e teor contaminante, podendo ser aproveitado os refinados do processo para produção de energia, geração de composto e secagem visando a produção de combustível derivado de resíduos (CDR) (FRICKE, 2007 apud OLIVEIRA e FRADE, 2015).

Segundo os mesmos autores, ocorre em seguida uma segunda fase de tratamento mecânico, sendo esta opcional, para condicionamento das frações processadas, na forma de peneiramento, trituração e separadores inteligentes.

3- Gaseificação que se caracteriza por operar com déficit de oxigênio e é uma tecnologia, onde o processo ocorre por conversão de biomassa em gás de síntese por meio do aquecimento em condições controladas, tal tecnologia tem se mostrado promissora para atender às demandas de crescimento populacional, bem como do aumento da geração de resíduos sólidos urbanos (MONTEIRO, 2019). Em concordância com ANEEL (2019) no processo de gaseificação, o carbono e o hidrogênio presentes nos RSU reagem parcialmente com o oxigênio, através da combustão, assim gerando o gás de síntese (syngás: composto de gás hidrogênio e monóxido de carbono). Os modelos mais universais de gaseificadores são os de: Leito Fixo, Leito Fluidizado e Plasma ANEEL (2019).

Atualmente o Brasil possui entorno de 10 plantas de tecnologias de recuperação energética Waste-to-Energy (WTE) que são definidas como geração de energia elétrica a partir da biodigestão ou tratamento térmico de resíduos, sendo eles orgânicos ou inorgânicos (ANEEL, 2019). As WTE possuem de 1 a 5 MW de potência instalada, tendo como tecnologias tanto nacionais como importadas de gaseificação e pirólise para tratar RSU bem como resíduos industriais perigosos (ANEEL, 2019).

3.3.3.1.2 Processos Pirolíticos

De acordo com o cenário atual e do impasse em um equilíbrio nos custos de tratamento e disposição, riscos ambientais e redução de massa e volume dos resíduos, um dos processos que apresenta como uma alternativa encorajadora de tratamento térmico para os mais variados tipos de resíduos é o de pirólise (TÔRRES FILHO, 2014).

O processo de pirólise pode ser definido como um tratamento térmico por meio de decomposição química de um material orgânico, na ausência ou pouca concentração de oxigênio (BITTENCOURT, 2007). Ainda conforme Bittencourt (2007) neste processo ocorre a geração de gases, de resíduo sólido e, dependendo do tipo de pirólise, pode ocorrer a geração de um efluente líquido.

Segundo Oliveira *et. al* (2009) nos processos pirolíticos é necessário o fornecimento de calor ao sistema, assim são caracterizados como endotérmicos, ao contrário do processo de incineração. Tal processo é realizado em temperaturas na faixa de 150 até 1600 °C, conforme o tipo de resíduos a ser tratado, bem como o tipo de equipamento utilizado poderá ocorrer por meio de conversão catalítica ou não (OLIVEIRA *et. al*, 2009).

De acordo com Reichert (2012) apud Muniz (2015) o processo de pirólise pode ser subdividido em três, podendo ser distinguidos conforme os parâmetros de operação como o tempo de residência dos resíduos e a temperatura a qual é submetido, como visto na tabela 01. Contudo conforme Contini (2009) apud Muniz (2015) os processos que utilizam a pirólise lenta são mais eficientes para tratamento de RSU.

Tabela 1 - Classificação dos tipos de pirólise

Tipo de pirólise	Temperatura em °C	Tempo de residência
Pirólise Lenta	400°C	40min – 1hora
Pirólise Rápida	400°C e 600°C	t < 2 segundos
Flash Pirólise	800°C	t~1 segundo

Fonte: Adaptado de Muniz (2015)

Ainda conforme Reichert (2012) apud Muniz (2015) os reatores utilizados nestes processos podem ser divididos em três distintos modelos onde o modo de movimentação bem como o aquecimento dos resíduos diferem significativamente, sendo eles:

Tambor Rotativo – Temperaturas de operação variam entre 400oC e 850oC e a granulometria do material é da ordem de 50mm. O reator é aquecido externamente e os resíduos são alimentados em uma das entradas do tambor, que roda lentamente e provoca uma movimentação deles em direção à outra extremidade do reator;

Tubo Aquecido – Os tubos são aquecidos externamente a temperaturas da ordem de 800oC. O processo pode utilizar material com maiores dimensões (50mm). Os resíduos são conduzidos através do tubo a uma velocidade fixa que garante que o material seja completamente pirolisado;

Contato Superficial – Materiais com pequenas dimensões, com necessidade de um pré-tratamento avançado. Tem como objetivo alcançar uma reação de pirólise otimizada (REICHERT, 2012 apud MUNIZ, 2015).

Contemplando uma evolução da tecnologia de pirólise, Muniz (2015) afirma que a Pirólise Lenta a Tambor Rotativo é um processo que utiliza um reator onde os resíduos são submetidos a temperaturas de aproximadamente 450°C, por um tempo de residência de 40 min a 1 hora, na ausência de oxigênio. Segundo Contini (2009) todo material orgânico submetidos a essas condições se degrada, produzindo um gás referido na literatura internacional como syngás (gás de síntese).

De acordo com Basu (2010), o processo de pirólise lenta é usado principalmente para a produção de carvão, sendo este processo dividido em dois tipos, o de carbonização e o convencional. Ainda com base no autor a carbonização caracteriza-se por ser a forma mais antiga de pirólise, em uso há milhares de anos, onde na ausência de oxigênio a biomassa é aquecida lentamente a uma temperatura consideravelmente baixa de aproximadamente 400°C por um longo período de tempo, permitindo assim que o vapor condensável seja convertido em carvão e gases não condensáveis.

Já a pirólise convencional envolve não só o carvão como produto final, mas também o gás e líquido (efluente), onde este processo aquece a biomassa a uma temperatura moderada de aproximados 600 °C tendo de tempo de permanência a ordem de minutos anteriormente mencionada (BASU, 2010).

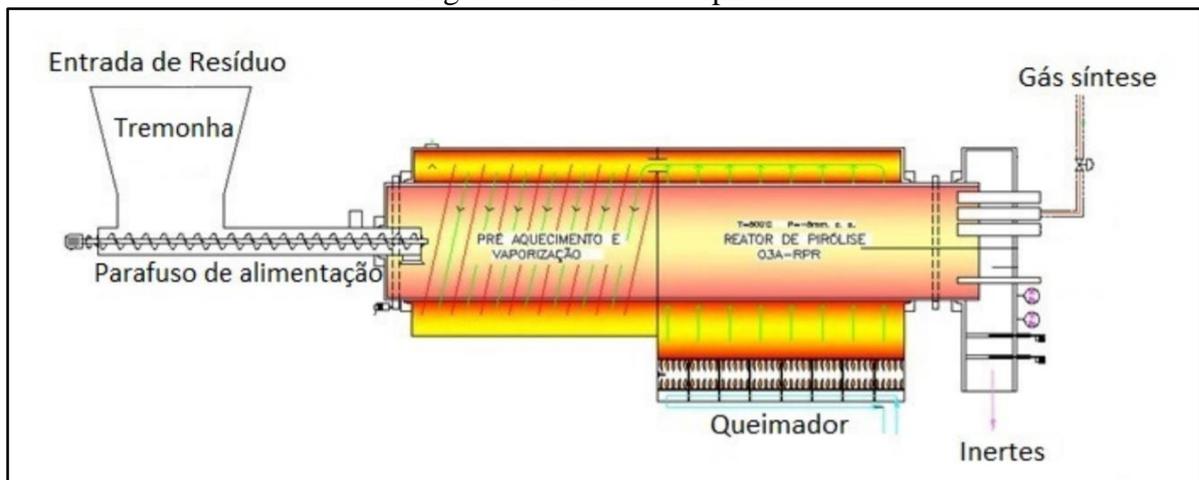
Com base nas conclusões do Centro Nacional de Pesquisas da Itália (CNP) em avaliações realizadas nas unidades em operação Chamon, Cardoso e Barros (2013) defendem algumas vantagens da tecnologia de Pirólise Lenta por Tambor Rotativo sendo elas:

- a) É capaz de tratar resíduos com baixo poder calorífico, inclusive solo contaminado com hidrocarbonetos, que é quase exclusivamente matéria inerte sem potencial energético (solo). Naturalmente o rendimento da usina é inferior nestes casos;
- b) É capaz de remediar lixões, ao processar os resíduos que se encontram ali depositados;
- c) Não concorre com a reciclagem, pelo contrário, a usina opera de modo a maximizar os recursos provenientes do lixo, sejam eles energéticos ou de material. Sendo assim, ela pode tratar seja lixo indiferenciado que a fração orgânica da coleta seletiva;
- d) Pode operar em conjunto com uma unidade semi manual de segregação de recicláveis, o que permite a integração dos catadores gerando trabalho e renda, que é previsto pela nova Lei Nacional de Resíduos Sólidos;

- e) A limpeza do gás de síntese permite grandes vantagens: ganho de eficiência elétrica ao utilizar grupos geradores, modularidade, emissões sensivelmente inferiores às outras tecnologias, utilização do calor residual para processos térmicos, etc.;
- f) É capaz de transformar um combustível de péssima qualidade (lixo) em um ótimo combustível (gás de síntese), mantendo 85% da energia original;
- g) O processo é autossustentável, sendo que 30% do gás de síntese limpo é enviado para o sistema de aquecimento do reator e os restantes 70% são utilizados em grupos geradores para produzir energia elétrica;
- h) A modularidade do processo permite facilmente a ampliação e a adequação às necessidades locais, sendo que cada módulo trata 47 t/dia de lixo;
- i) Os gases de escape dos grupos geradores que seriam liberados na atmosfera a uma temperatura de 460°C podem ser reaproveitados para produzir energia térmica;
- j) A tecnologia é robusta e não possui nenhum equipamento extremamente complexo com tecnologia de ponta, que viria a encarecer o processo. O mesmo não se pode dizer de outras tecnologias como a de plasma;
- k) Quando o syngas é finalmente queimado no grupo gerador ou no sistema de aquecimento do reator não há mais cloro e, portanto, não há formação de dioxinas e furanos;

O processo, ilustrado na Figura 5, apresenta as etapas desde a alimentação do reator de pirólise pelos resíduos, até a formação do gás de síntese e o recolhimento de inertes.

Figura 5 - Processo de pirólise



Fonte: Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico de Bento Gonçalves (2017).

Esse processo tem a capacidade de geração de ácidos, em especial ácido clorídrico, fluorídrico e sulfídrico, sendo que a melhor maneira de prevenção quanto à formação destes ácidos é a criação já dentro do reator de um meio básico que venha a prevenir a geração dos mesmos. Para isso, é necessário realizar a adição de cal hidratada juntamente com os resíduos, onde a quantidade irá depender da concentração de enxofre ou halogênios presentes na composição da biomassa (SMDE, 2017).

3.3.4 Destinação e disposição final

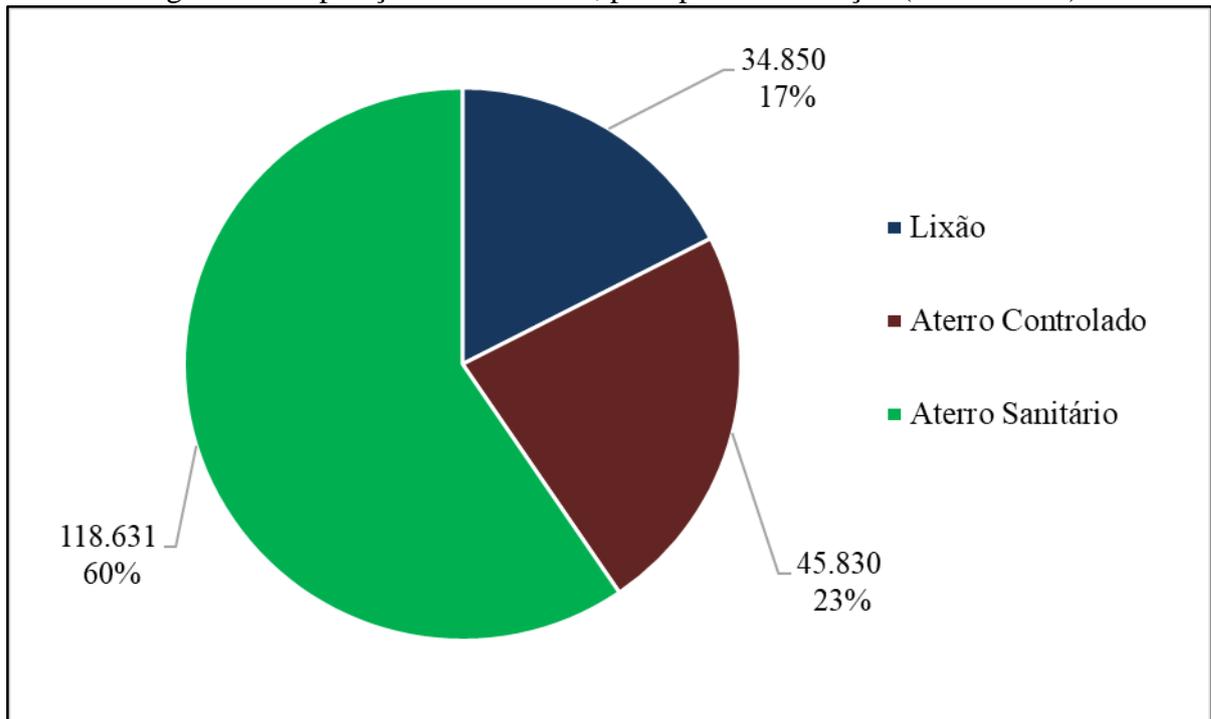
Com base na Política Nacional de Resíduos Sólidos, nos últimos anos vem sendo estruturadas ações de nível federal onde ocorre apoio e incentivo à gestão adequada dos resíduos sólidos no país, em destaque para a destinação final em aterros sanitários e os acordos para elaboração de alianças setoriais para a logística reversa (MANNARINO; FERREIRA; GANDOLLA, 2016).

De acordo com a ABRELPE; PLASTIVIDA (2012) os critérios estabelecidos na PNRS referente a destinação final orientam que a mesma seja feita de maneira a garantir a maior reintegração dos resíduos no sistema produtivo, observando a viabilidade técnica e viabilidade econômico-financeira dos projetos.

Desse modo, compreende-se que a disposição final só deve ocorrer quando não houver mais nenhuma forma de aproveitamento do material que está sendo descartado (rejeito) e que não haja qualquer outra tecnologia mais adequada para destinar, a não ser o aterro sanitário (BRASIL, 2010). Importante salientar que a destinação dos resíduos deve ser feita em locais e sob condições adequadas de modo que ocorra minimização dos impactos socioeconômicos e ambientais (SILVA; TONELI; BERECHÉ, 2019).

Dados apontam a melhoria do cenário brasileiro, onde se verificou uma evolução de 1,1%, em 1989, para 27,7% em 2008 com relação aos municípios que dispõem seus resíduos de maneira correta, em aterros sanitários (REICHERT; MENDES, 2014). Ainda, segundo ABRELPE (2019), das 72,7 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2018, 59,5% recebeu a destinação adequada em aterros sanitários, entretanto o restante deste material coletado (40%) foi descartado em locais inadequados por 3.001 municípios, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Disposição final de RSU, por tipo de destinação (tonelada/dia)



Fonte: Adaptado ABRELPE (2019).

Esses números indicam, conforme ABRELPE (2019) uma expansão de 2,4% em relação ao valor total do ano anterior (2017), todavia locais inadequadas tais como lixões e aterros controlados ainda têm uma participação considerável (17% e 23%, respectivamente) em todas as regiões do Brasil.

4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no presente estudo é fundamentada em análise documental constituídos basicamente por instrumentos legais resolutivos e normativos, relatórios técnicos, projetos e dados fornecidos pelo poder público municipal.

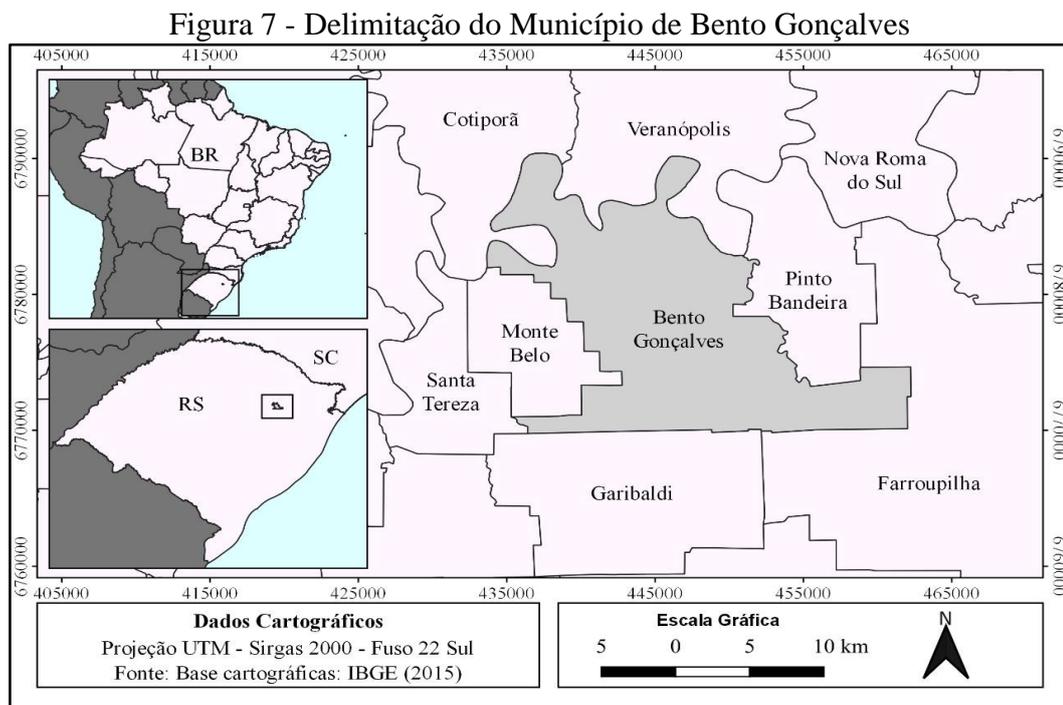
A partir da sistematização dos dados obtidos em fontes secundárias foi realizada a análise de viabilidade econômica e ambiental conforme apresentado na sequência.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1.1. Município de Bento Gonçalves

O município de Bento Gonçalves está inserido na Mesorregião do Nordeste Rio-Grandense, a cerca de 124 km da capital Porto Alegre, fazendo divisa ao norte com os municípios de Veranópolis, Cotiporã e Nova Roma do Sul, ao sul com Garibaldi e Farroupilha, a oeste com Monte Belo do Sul e Santa Tereza e a leste com Pinto Bandeira (CISGA, 2018).

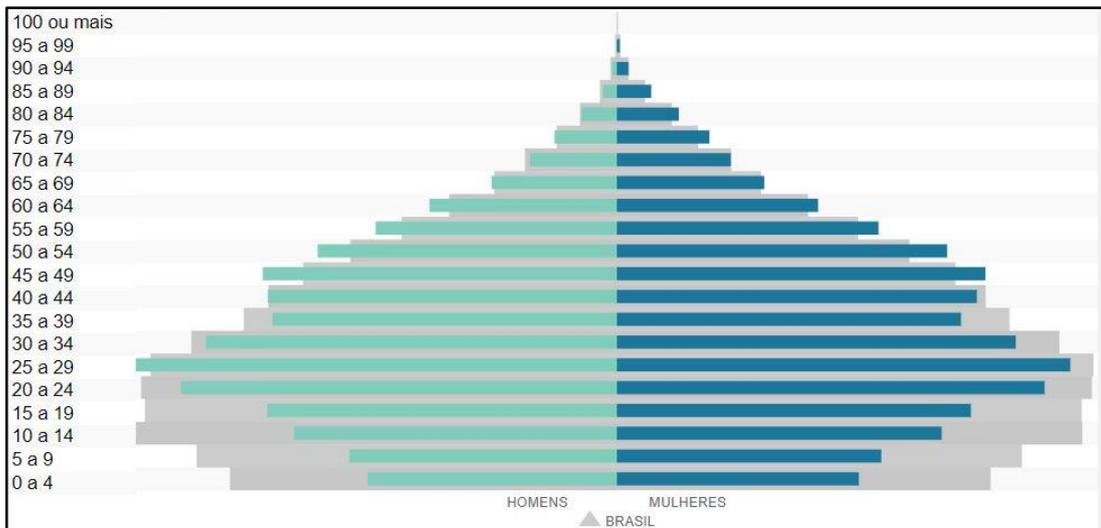
De acordo com o IBGE (2019), a área da unidade territorial é de 273,576 km², bioma predominante de Mata Atlântica, na Figura 7 é apresentada a localização do município dentro do território nacional e estadual.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Com base nos dados do IBGE (2020), estima-se que a população do município esteja na faixa de 121.803 habitantes. Onde quando avaliado o número de habitantes por tipo de sexo estima-se que a população está dividida de forma igualitária, já que de acordo com a estimativa da FEE (2016), 49,30% habitantes correspondem aos homens enquanto 50,70 % habitantes correspondem as mulheres. A respeito da faixa etária da população é possível observar na Figura 8 que a população de idade de 29 a 49 anos é predominante no município e quando comparado ao Brasil a população de idade entre 0 a 4 anos é muito menor em proporção.

Figura 8 - Pirâmide etária 2010 - BG

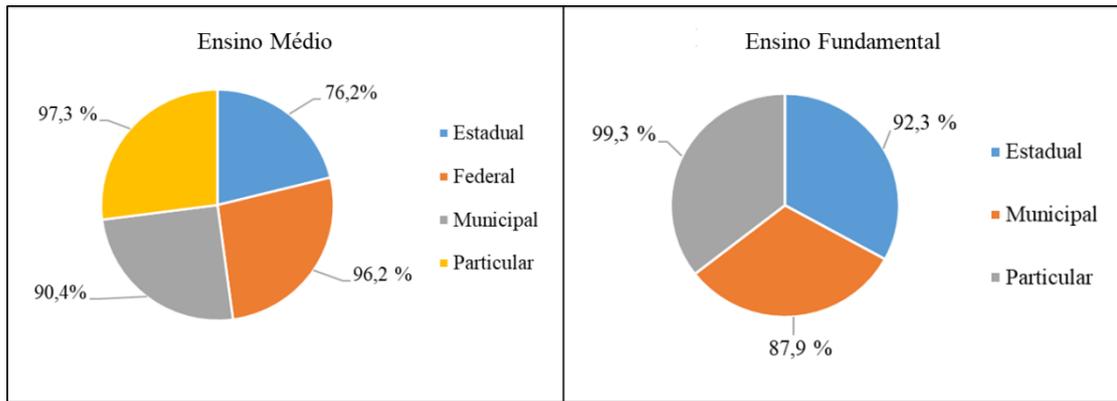


Fonte: IBGE (2010).

Quando avaliado os rendimentos no município conforme IBGE (2020) no ano de 2018 a média mensal de rendimento era de 3,2 salários mínimos onde a proporção de pessoas ocupadas em relação a toda população era de 43,5 %.

Já a taxa de escolarização entre 6 e 14 anos no município conforme o último censo (IBGE, 2010) é de 96,6 % e está na posição de 497º quando comparado ao estado do Rio Grande do Sul. No ano de 2018 haviam 11.852 alunos matriculados no ensino fundamental e 2.946 no ensino médio (IBGE, 2020). É apresentado na Figura 9 o percentual de aprovação no ensino fundamental e médio das escolas estaduais, federais, municipais e particulares no município, onde é possível observar que no ensino médio há uma diferença em média de 18% em aprovações quando comparado a rede estadual com a municipal, particular e federal (RIO GRANDE DO SUL, 2019).

Figura 9 - Percentual de aprovação nas escolas do município



Fonte: elaborado pela autora com base FEE (2019).

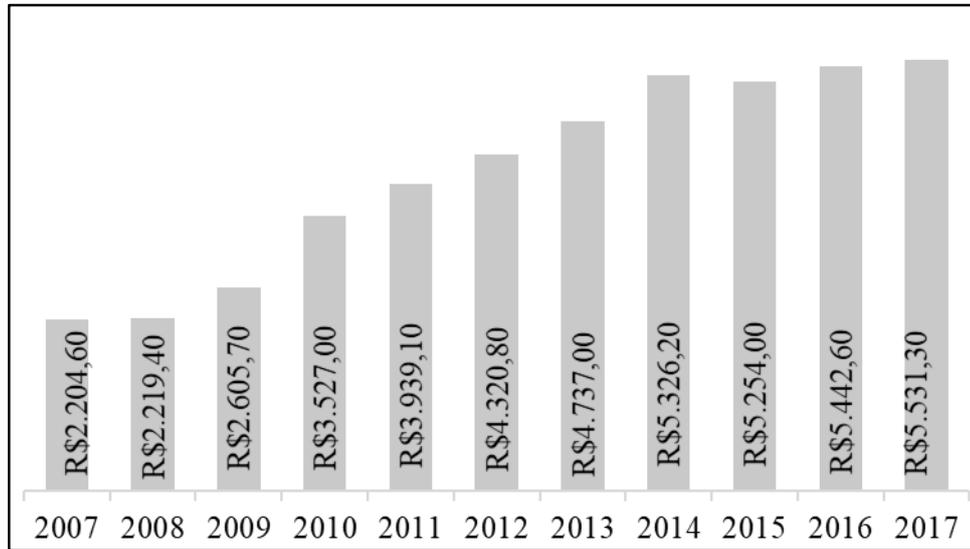
Em relação a saúde no município segundo a FEE (2016), Bento Gonçalves foi classificado como alto desenvolvimento, obtendo uma nota de 0,8926. O município possui dois hospitais particulares, que também oferecem serviços à população que não é conveniada, por meio de contrato entre prefeitura e os mesmos (BENTO GONÇALVES, 2020).

Quando analisada a saúde pública todas ações são coordenadas pelo Secretário Municipal de Saúde, juntamente com outros servidores, entre eles fiscais, técnicos e profissionais da saúde (BENTO GONÇALVES, 2020). O município conta com diferentes serviços disponibilizados por meio do Sistema Único de Saúde (SUS), os quais são: 4 Unidades Básicas de Saúde na zona rural, 18 Unidades Básicas de Saúde na zona urbana, 1 Unidade de Pronto Atendimento - UPA III, 1 Pronto Atendimento Zona Norte - PA Zona Norte, Centro de Referência Materno Infantil – CRMI, 3 Centros de Atendimento Psicossocial – CAPS, 1 Centro Municipal de Fisioterapia – CMF, 1 Serviços de Atendimento Especializado e Centro de Testagem e Aconselhamento - SAE/CTA, 1 Centro de Especialidades Odontológicas – CEO, 1 Programa Melhor em Casa, 1 Espaço de Saúde do Idoso e 1 Unidade Móvel de Saúde.

Ao avaliar o desenvolvimento local e econômico de Bento Gonçalves é importante salientar que o mesmo se caracteriza por ser “Capital Brasileira do Vinho” sendo a pioneira no desenvolvimento do Enoturismo no Brasil e também consolidada como Polo Moveleiro do Brasil, conhecida nacional e internacionalmente por ter no setor moveleiro uma grande força da sua economia (BENTO GONÇALVES, 2020).

De acordo com IBGE (2017) no ano de 2017 o município apresentava um PIB per capita de R\$ 48.069,12, ocupando a posição 369º do país e 67º no Estado. Já com dados do DATASEBRAE (2020) no ano de 2017 o município obteve um PIB de R\$ 5.531,20 milhões, conforme pode ser visto na Figura 10.

Figura 10 - PIB em milhões



Fonte: adaptado do DATASEBRAE (2020).

Conforme apresentado na Tabela 2, os setores que mais cooperam para o crescimento econômico são os ligados ao comércio e serviços e são principalmente microempresas. (DATASEBRAE, 2020).

Tabela 2 - Composição do mercado por setor e porte, segundo n° de funcionários em 2018.

Setor	Microempresa	Pequena Empresa	Médio e Grande Empresa
Indústrias de Transformação	1371	114	34
Construção Civil	570	11	1
Comércio	2.741	153	13
Serviços	4.497	216	40
Agropecuária e Extração Vegetal		93	
Total	9.272	494	88

* Para fins de contabilização, o setor agropecuário é somado na categoria "microempresa"

Fonte: Adaptado do DATASEBRAE (2020).

4.1.2. Sistema de Gerenciamento de RSU

O município de Bento Gonçalves é um dos 10 municípios da Serra Gaúcha que integram o Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável da Serra Gaúcha (CISGA), este consórcio é uma ferramenta de auxílio aos gestores municipais com objetivo de promover a economia de forma coletiva, e também implantar iniciativas na promoção do desenvolvimento sustentável. Implantado no ano de 2010 os gestores almejavam uma melhor qualidade de vida da população, e também visavam os seguintes propósitos:

- Promover ações de gestão associada de serviços públicos, inclusive mediante a aquisição de bens e a contratação de serviços e obras;
- Fomento às atividades de turismo sustentável;
- Agregação de valor à produção de todos os setores da economia dos municípios consorciados, diferenciando-a no mercado nacional e internacional;
- Resolução dos problemas comuns dos entes consorciados relacionados à preservação e conservação do meio ambiente, bem como à produção dos diversos setores econômicos da região;
- Saneamento básico dos municípios consorciados;
- Viabilização da produção florestal através de manejo, da produção agropecuária e da agroindústria sustentável (CISGA, 2010).

Atualmente a coleta de resíduos em Bento Gonçalves opera na sua maior parte com o sistema de coleta porta a porta, porém o município também conta com o serviço de containerização na zona central. Os resíduos sólidos urbanos são classificados em orgânicos/rejeitos, recicláveis e vidro. Desde o ano de 2017 a empresa que efetua a coleta dos resíduos no município é a Transportes RN Freitas, e a escolha é feita mediante licitação.

De acordo com a SMMAM (2020) os resíduos recicláveis, são distribuídos entre as 09 associações de recicladores cadastradas junto a prefeitura. Após a segregação prévia do material passível de reciclagem, os mesmos são vendidos para empresas recicladoras as quais os próprios associados efetuam a negociação de venda. Ainda, a partir do ano de 2016 foi implementada a coleta somente de vidros, que consiste em um cronograma específico para efetuar o recolhimento nos bairros, o qual é devidamente programado e realizado com caminhão apropriado. Em seguida, os materiais coletados são encaminhados para a Associação de Recicladores localizada no distrito de Tuiuty em Bento Gonçalves (SMMAM, 2020).

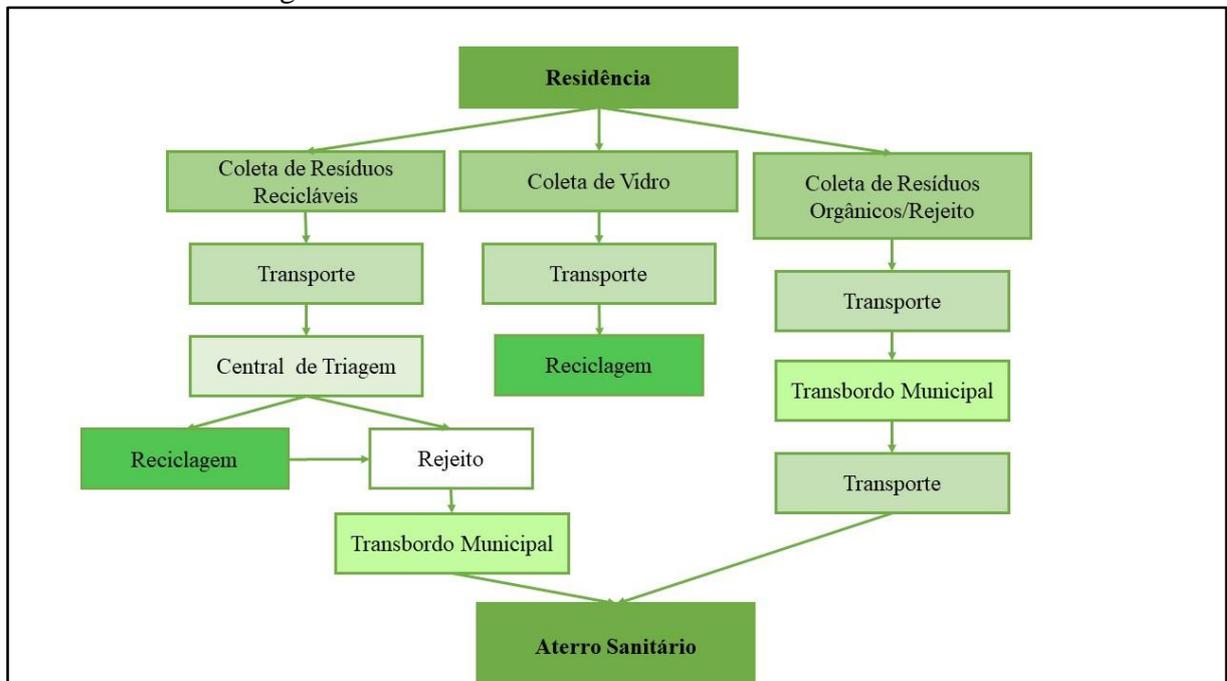
É importante ressaltar que parte do material reciclável é recolhido por catadores clandestinos (termo utilizados por catadores não cadastrados a prefeitura) e empresas particulares de reciclagem, os mesmos recolhem o material antes que a equipe da empresa RN

Freitas passe nos domicílios, assim cerca de 5% deste tipo de material não é contabilizado pela prefeitura (SMMAM, 2020).

Já os rejeitos resultantes do processo de triagem juntamente com os orgânicos recolhidos nas residências são encaminhados para a estação de transbordo municipal, localizada na rua Davile Sandrim, na altura dos Bairros Pomarosa e Jardim Glória, onde os resíduos são acondicionados provisoriamente antes de serem enviados para o aterro sanitário operado pela Companhia Rio-grandense de Valorização de Resíduos (CRVR), localizado no município de Minas do Leão. Diariamente, atualmente são transportadas cerca de 100 toneladas de rejeito por dia do município de Bento Gonçalves para o aterro (SMMAM, 2020).

A Figura 11 ilustra a rota tecnológica atual de coleta e destino final dos RSU em Bento Gonçalves.

Figura 11 - Rota de coleta e destino final dos RSU - BG



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

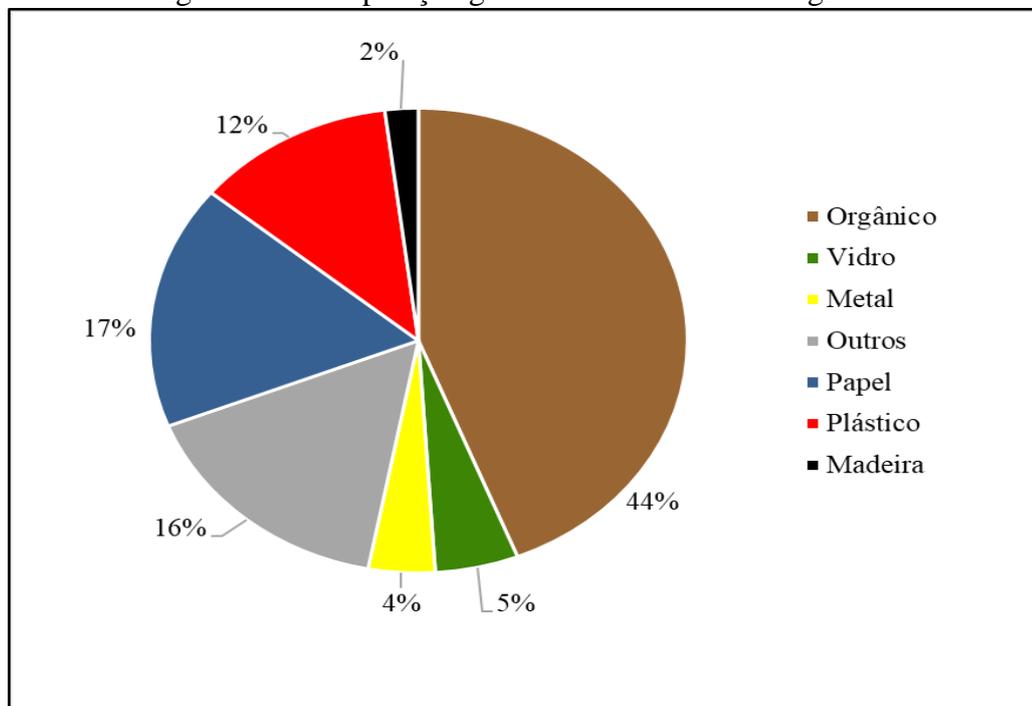
4.1.3. Composição Gravimétrica

Comumente expressa em kg a composição gravimétrica de resíduos sólidos retrata a porcentagem de cada material em relação ao peso total da amostra de resíduo analisado (ARAÚJO *et al.*, 2019). De acordo com Trentin *et al.* (2019), ao planejar o gerenciamento dos resíduos sólidos o mesmo deve ser iniciado através de um estudo para se conhecer e analisar as características dos resíduos gerados e sua composição gravimétrica. Sendo que esta composição

depende de diversos fatores, como tamanho do município, hábitos sociais, padrões de consumo, localização geográfica, PIB dentre outros que devem ser levados em consideração, pois podem variar de município para município.

Em âmbito internacional a maior parte dos resíduos são alimentos e verdes (orgânico). Na Figura 12 é apresentada a composição gravimétrica dos resíduos globais, sendo importante ressaltar que a mesma varia consideravelmente de acordo com o nível de renda, e sendo assim a porcentagem de matéria orgânica diminui à medida que os níveis de renda aumentam (KAZA *et al.*,2018).

Figura 12 - Composição gravimétrica dos resíduos globais

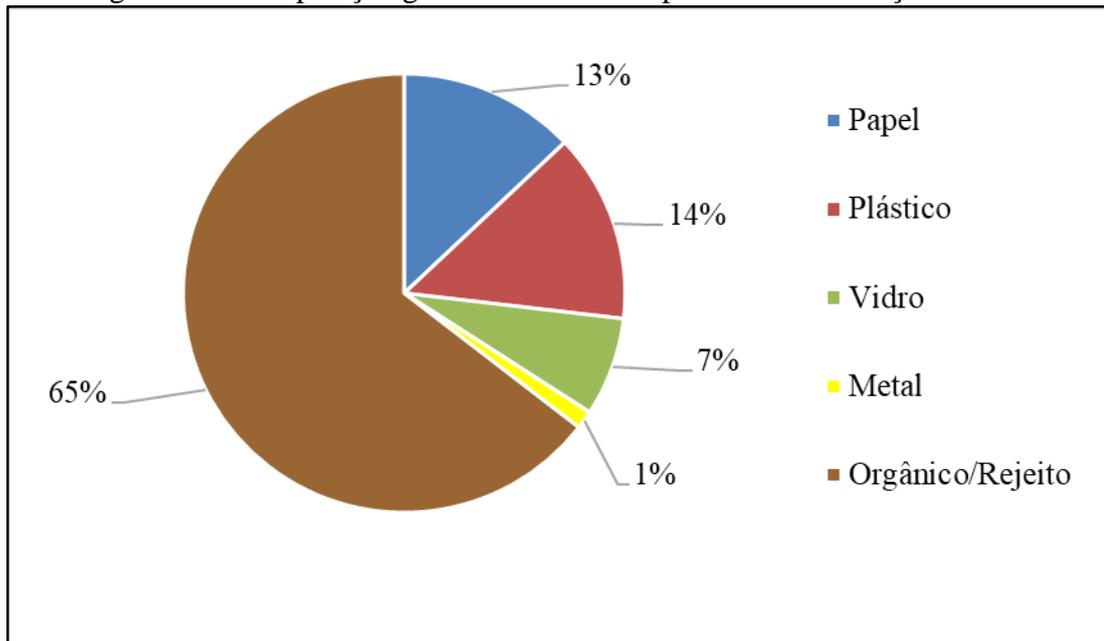


Fonte: Adaptado Kaza et al. (2018).

Já em âmbito municipal a composição gravimétrica dos resíduos recicláveis é quantificada de acordo com dados disponibilizados pelas associações de recicladores, onde mensalmente o responsável pelo setor de Resíduos da SMMAM – BG recebe das 09 associações a relação dos resíduos que foram previamente segregados e pesados, sendo estes sistematizados em uma e realizada a análise das informações.

Com base nos dados disponibilizados pela SMMAM – BG, apresenta-se na Figura 10 a composição gravimétrica do município no período de um ano (junho de 2019 a julho de 2020).

Figura 13 - Composição gravimétrica município de Bento Gonçalves - RS



Fonte: Elaborado pelo autor, com dados disponibilizados pela SMMAM – BG (2020).

Conforme a Figura 13 é possível observar que a maioria dos resíduos são compostos por orgânico/rejeito, onde cerca de 35% são de materiais recicláveis e 65% são de resíduos orgânicos e rejeito.

Ao compararmos a Figura 13 com a 12, é possível verificar que o município de Bento se mantém dentro das estimativas mundiais onde a maioria dos resíduos são orgânicos/rejeito.

Importante considerar que o ano de 2020 foi atípico uma vez que em função da pandemia¹ as pessoas passaram a fazer mais refeições em casa podendo desta forma ter aumentado a geração de resíduos orgânicos

¹ O novo Corona vírus, cujo nome científico é SARS-CoV-2 foi detectado em dezembro de 2019, após os primeiros casos registrados na China. Um surto local de pneumonia inicialmente de causa desconhecida, foi descoberto em Wuhan (Hubei, China), e apressadamente foi definido de ser causado por um novo Corona vírus nomeado como síndrome respiratória aguda grave Corona vírus 2 (SARS-CoV-2), desde então tal surto se espalhou para a maioria dos moradores da província da China continental e em seguida no Brasil e no mundo. Devido a este cenário foram necessárias diversas ações de prevenção para que as atividades no comércio e indústrias fossem retomadas gradualmente.

4.1.4. Projeção populacional

O método escolhido para efetuar o cálculo da projeção, foi o de projeção aritmética, conforme apresentado na Tabela 3, método este que apresentou o melhor resultado de crescimento populacional quando comparado com os últimos censos dos IBGE.

Os dados utilizados para os cálculos foram da população de acordo com o último e o penúltimo censo realizado. Também, foi utilizado a estimativa da população, de acordo com o IBGE (2020), para o ano de 2019.

Tabela 3– Número de habitantes em Bento 2000, 2010 e 2020

Ano	Número de habitantes
2000	91.505
2010	107.278
2020	121.803

Fonte: IBGE - Censo Demográfico (2000), Censo Demográfico (2010) e estimativa populacional (2020).

A partir dos dados apresentados na Tabela 3, é possível calcular a taxa de crescimento, através da projeção aritmética, dada pela Equação 1.

$$\frac{dP}{dt} = Ka \quad (1)$$

Sendo:

dP/dt : variação da população por unidade de tempo;

Ka : calculado pela Equação 2:

$$Ka = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0} \quad (2)$$

Sendo:

Ka : constante;

P_2 : população do último censo (hab);

P_0 : população do penúltimo censo (hab);

t_2 : ano do último censo;

t_0 : ano do penúltimo censo.

Desta forma, obteve-se:

$$K_a = \frac{107.278 - 91.505}{2010-2000}$$

$$K_a = 1.577,30$$

Considerando para 20 anos, determinou-se a projeção da população para o ano de 2040, a partir da Equação 3.

$$P_t = P_o + K_a * (t - t_o) \quad (3)$$

Sendo:

P_t : população no ano de projeção (hab);

P_o : população atual (hab);

K_a : constante;

t : ano de projeção;

t_o : ano atual.

Para o cálculo da população em 20 anos, foi utilizado o dado da estimativa da população atual (2020) do IBGE, de 121.803 habitantes, o que resultou em:

$$P_t = 121.803 + (1.577,20) * (2040 - 2020)$$

$$P_t \cong 153.349 \text{ habitantes}$$

Dessa forma, a projeção populacional para o ano de 2040 é de aproximadamente 153.349 habitantes, demonstrando tendência de crescimento populacional.

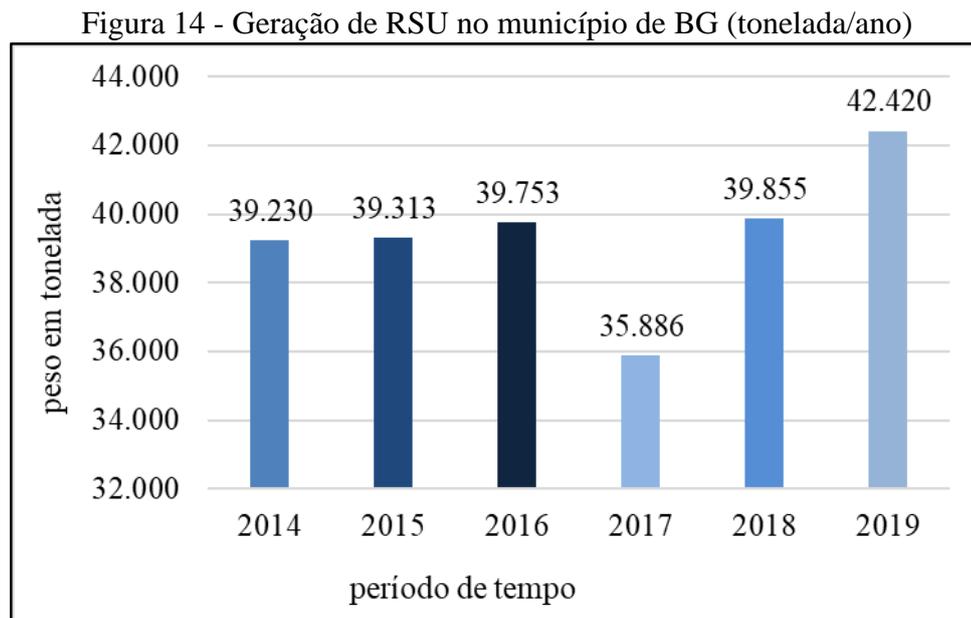
Tabela 4 - Projeção da População para 20 anos

Método	Taxa de Crescimento (hab/ano)	Projeção da População (habitantes em 2040)
Aritmético	1.577	153.349
Geométrico	2.662	167.413
Taxa decrescente de crescimento	2.001	175.050

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

4.1.5. Projeção da geração de RSU

Na Figura 14 apresenta-se a geração de resíduos em Bento Gonçalves no período de 2014 a 2019. Os dados são baseados na quantidade de resíduos coletados pelo sistema de coleta seletiva do município bem como estimativa de coleta clandestina e particular dos mesmos, o município apresentou um aumento de 1,6 % na geração de RSU entre o período de 2014 a 2019 (SMMAM, 2020). Com base nos dados disponibilizados pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Bento Gonçalves, no ano de 2019 foi gerado aproximadamente 42.420 toneladas de resíduo, onde deste montante cerca de 32.530,71 toneladas são de resíduos orgânicos/rejeitos e 9.889 toneladas de recicláveis. Sendo importante salientar que ao questionar a responsável do setor de resíduos pela discrepância da tonelagem do ano de 2017 a mesma não soube informar, acredita-se que tenha ocorrido a falta de preenchimento de algum dado.



Fonte: Elaborado pelo autor, com dados disponibilizados pela SMMAM – BG (2020).

A partir do valor da constante K_a (taxa de crescimento) obtidos na projeção de população e com os dados de geração per capita de resíduos sólidos, é possível estimar a geração diária e anual de resíduos sólidos em 2040, conforme é apresentado na Tabela 5.

Com base nos dados de geração de resíduos dos anos de (2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019) do município, admitiu-se que a taxa de geração de resíduos sólidos domiciliares teve um aumento de aproximadamente 1,6%, com isso, foi considerada a geração atual de resíduos

e acrescido um aumento de 1,6% a cada ano para estimar a geração total de resíduos no município. Já a geração per capita de resíduos, foi calculada usando a equação 4:

$$G_{PR} = \frac{Q}{P} \quad (4)$$

Sendo:

GPR = Geração per capita de resíduos (kg/hab.dia)

Q = Quantidade de resíduos coletados por dia (kg)

P = População com coleta de resíduos (hab)

Com base no exposto foi possível estimar o crescimento populacional e a geração de resíduos para os próximos 20 anos.

Tabela 5 - Crescimento populacional e geração de resíduos

Ano	População total	Geração per capita (kg/hab/d)	Geração anual considerando 1,6% de aumento de geração ao ano	Geração diária de RSU (t/dia)
2020	121803,00	1,055	46903244,01	128,50
2021	124465,37	1,049	47653695,91	130,56
2022	127127,74	1,048	48606769,83	133,17
2023	129790,11	1,047	49578905,23	135,83
2024	132452,49	1,046	50570483,33	138,55
2025	135114,86	1,046	51581893,00	141,32
2026	137777,23	1,046	52613530,86	144,15
2027	140439,60	1,047	53665801,48	147,03
2028	143101,97	1,048	54739117,51	149,97
2029	145764,34	1,049	55833899,86	152,97
2030	148426,72	1,051	56950577,85	156,03
2031	151089,09	1,053	58089589,41	159,15
2032	153751,46	1,056	59251381,20	162,33
2033	156413,83	1,059	60436408,82	165,58
2034	159076,20	1,062	61645137,00	168,89
2035	161738,57	1,065	62878039,74	172,27
2036	164400,95	1,069	64135600,53	175,71
2037	167063,32	1,073	65418312,55	179,23
2038	169725,69	1,077	66726678,80	182,81
2039	172388,06	1,082	68061212,37	186,47

2040	175050,43	1,087	69422436,62	190,20
-------------	-----------	-------	-------------	--------

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

A projeção populacional, por meio do método de projeção aritmética, estima um aumento de 31.546 habitantes, em um período de 20 anos. Esse aumento na população do município acarreta em um acréscimo de aproximadamente 1.125,96 toneladas/ano na geração de resíduos sólidos urbanos.

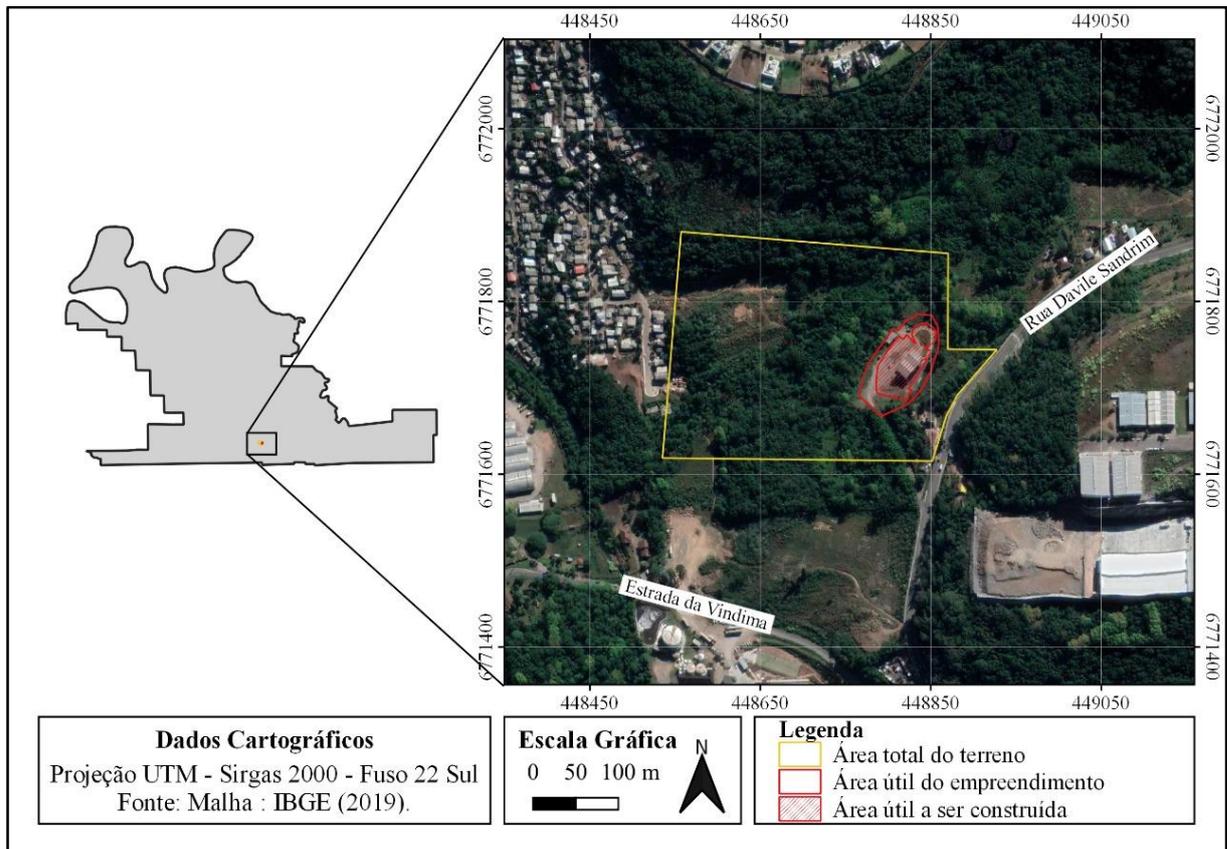
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO DA USINA DE TRATAMENTO TÉRMICO E DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO.

4.2.1 Localização da área de Implantação

Com base em informações explanadas no anteprojeto da Usina realizado pela empresa Planax S/A Consultoria de Planejamento e Execução, o local de implantação da mesma será junto ao atual de transbordo municipal, operado pela Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves, onde são realizadas as operações de descarga dos resíduos coletados diariamente os quais já não são mais reaproveitáveis.

Na Figura 15 é apresentada a localização da futura Usina na Rua Davile Sandrim, na altura dos Bairros Pomarosa e Jardim Glória. O lote é de propriedade do município de Bento Gonçalves e possui área de 45.359,92 m², sendo que o município detém, ainda, a propriedade de área com 37.415,00 m², tal imóvel faz divisa com a atual área de transbordo e também será utilizada para implantação da Usina. O somatório destes dois imóveis perfaz, assim, o total de 82.774,92 m² (PMBG, 2018).

Figura 15 - Área de implantação da Usina de Tratamento Térmico e de Conversão em Energia Elétrica



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

4.2.2 Projeto

De acordo com informações e dados disponibilizados na documentação protocolada ao processo administrativo nº 006348-0567/18-1 – LP para obtenção da Licença Prévia do empreendimento, a instalação da Usina de Tratamento Térmico e Aproveitamento Energético no Município De Bento Gonçalves, permitirá a manutenção bem como o melhoramento dos atuais resultados de coleta seletiva, podendo futuramente avaliar a possibilidade de inclusão de tratamento de resíduos hospitalares.

Quando comparado com um aterro sanitário, a área de ocupação da usina é menor, como também o impacto visual causado no local. Com base nos dados do Anexo III – Da Infraestrutura e Operação, incluso no projeto disponibilizado pela PMBG (2018) O empreendimento será instalado em um terreno cedido pela Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves, onde atualmente se encontra o Transbordo Municipal, sendo que as operações irão iniciar com o processamento de 150 toneladas/dia de resíduo, tendo como produto direto o gás de síntese, que após a limpeza e resfriamento a temperatura ambiente ($< 45^{\circ}\text{C}$) será utilizado

para conversão em energia elétrica, a qual será utilizada cerca de 30% para o funcionamento da usina e 70% para distribuição nos prédios públicos do município. O sistema é caracterizado por possuir um moderno sistema de automação englobando a totalidade dos componentes, onde será incluindo além do sistema de pirólise, a segregação semiautomática e a geração de energia elétrica (PMBG, 2018).

O carvão vegetal, mais conhecido como *biochar*, é o segundo produto resultante do processo de pirólise, o qual poderá ser utilizado como melhorador de solo para incremento da produção agrícola.

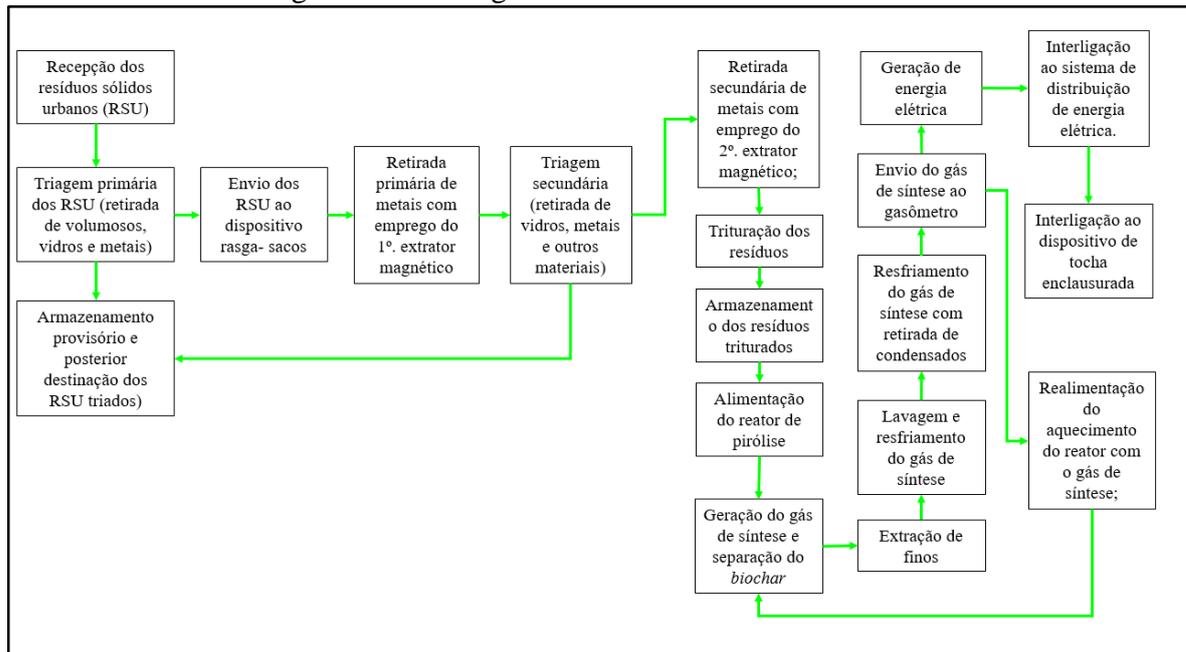
4.2.2.1 Funcionamento da planta de tratamento térmico dos RSU

Com base no Anexo I – Projeto Básico de Referência, divulgado no ano de 2018 pela PMBG o sistema de funcionamento da Usina será contínuo, totalmente automático e dimensionado para operação em 24 horas por dia, durante os 7 dias na semana, visto que a operação será dividida em 6 etapas distintas, sendo elas:

- 1 Recepção e armazenamento dos resíduos;
- 2 Triagem e pré-tratamento dos resíduos;
- 3 Produção do gás de síntese;
- 4 Tratamento do gás de síntese;
- 5 Equalização do gás de síntese e queima controlada;
- 6 Geração de energia elétrica.

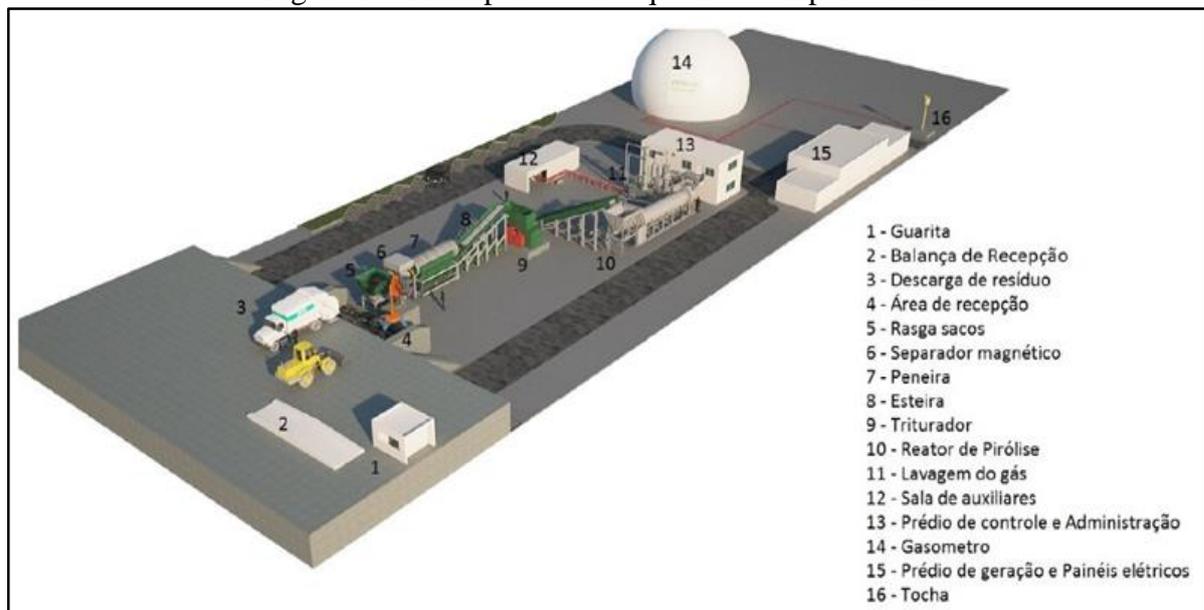
Na Figura 16 é apresentado o fluxograma de funcionamento da usina e na Figura 17 são apresentados os principais setores que irão compor a usina.

Figura 16 - Fluxograma de funcionamento da Usina



Fonte: Elaborado pela autora com base no Anexo I – Projeto Básico de Referência, PMBG (2018).

Figura 17- Principais setores que irão compor a usina



Fonte: Anexo I – Projeto Básico de Referência, PMBG (2018).

Na Figura 18 é apresentado fluxograma básico com identificação da interligação entre as atividades envolvidas no processo de reciclagem.

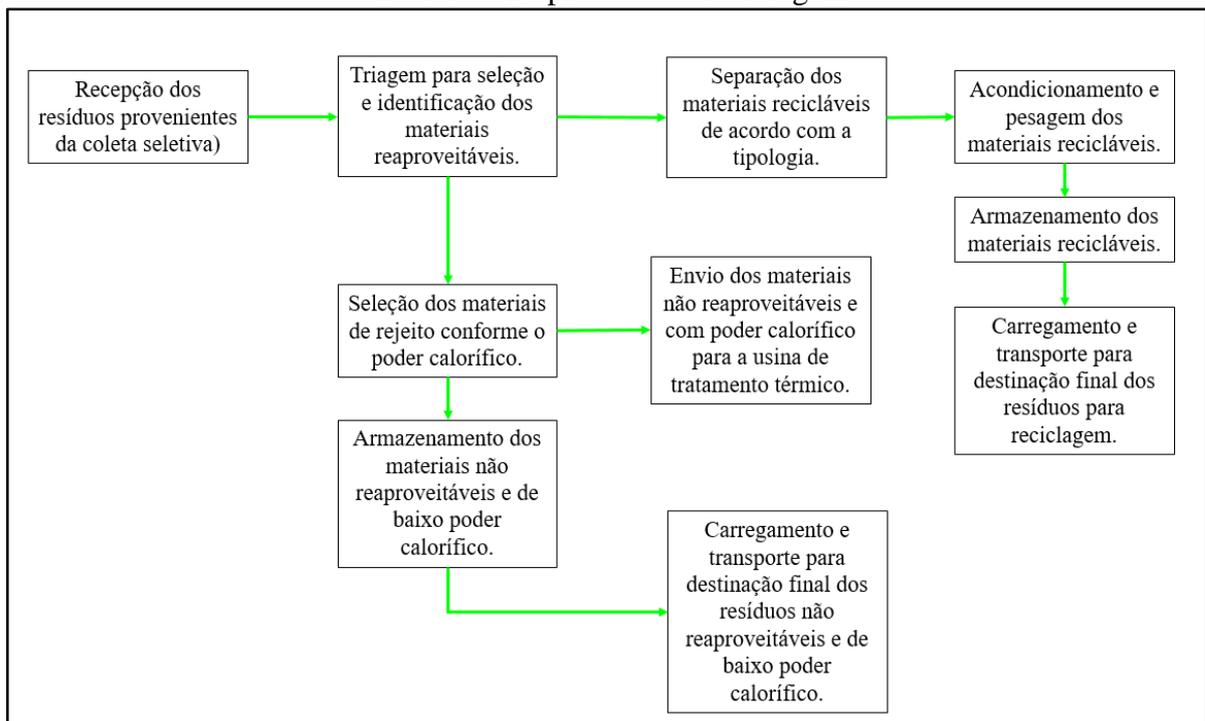
No sistema de triagem e reciclagem os resíduos recicláveis coletados serão encaminhados a uma central provisória de resíduos dentro da área da usina, onde a mesma se responsabilizará pela comercialização deste material, sendo importante ressaltar que os materiais previamente segregados que apresentarem características que não possibilitem o

reaproveitamento em procedimentos de reciclagem serão usados no processo de geração de energia elétrica, sendo os demais destinados a ações de reutilização.

A atividade de triagem será realizada em parceria com as associações de catadores já cadastradas junto a prefeitura, sendo de forma remunerada onde este valor será calculado sobre o percentual obtido pela comercialização dos resíduos passíveis de reaproveitamento, bem como a mão de obra para a realização das atividades.

Este novo sistema acarretará em melhores condições de trabalho, um melhoramento no índice de separação dos resíduos, poderá ocorrer também um aumento na renda dos colaboradores. O projeto também inclui uma possível absorção da mão de obra dos catadores das associações em atividades relacionadas ao tratamento térmico, onde será oferecida uma melhor condição de trabalho e remuneração a estas pessoas.

Figura 18 - Fluxograma básico com identificação da interligação entre as atividades envolvidas no processo de reciclagem.



Fonte: Elaborado pela autora com base no Anexo I – Projeto Básico de Referência, PMBG (2018).

4.3. INDICADORES ECONÔMICOS E AMBIENTAIS

4.1.1 Indicadores Econômicos

Para realizar a análise de viabilidade econômica utilizou-se como base os dados disponibilizados pela prefeitura do município, sendo eles: estimativa de investimentos para pré-implantação, estimativa de investimentos para implantação, estimativa de investimentos para operação e manutenção, receitas operacionais e receita acessória.

Foram utilizados três métodos de avaliação sendo eles:

1) Taxa Interna de Retorno (TIR): caracteriza-se por ser uma taxa de desconto hipotética, que faz com que os valores das despesas quando aplicadas em um determinado fluxo de caixa sejam iguais aos dos retornos dos investimentos, assim trazendo ao valor atual do mesmo (CASTANHEIRA, 2016).

2) Valor Presente Líquido (VPL): é um método matemático, empregado para determinar o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma determinada taxa de juros menos o custo inicial, onde se avalia se um investimento deve ou não ser feito (CASTANHEIRA, 2016).

3) *Pay Back*: conhecido como tempo de retorno do investimento, é o período em que os recursos financeiros disponibilizados serão resgatados pelo projeto aos investidores (BURATTO, et al. 2017).

Para o estudo foi considerada uma projeção de 20 anos, os custos de operação e manutenção e os benefícios financeiros que podem ser inflacionados. Sendo assim foi considerada a taxa de juros do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), sendo que o mesmo é o índice inflacionário oficial do Brasil o qual utiliza como base o consumo pessoal de famílias, cuja renda mensal varie de 1 a 40 salários mínimos para medir a inflação de diversos produtos e serviços comercializados a estas famílias, tendo como objetivo garantir o alcance de 90 % das famílias pertencentes às áreas urbanas de cobertura do Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor (SNIPC). Com base no exposto se utilizou-se a Equação 5 para cálculo do valor futuro.

$$VF = VP \times (1 + i)^n \quad (5)$$

Sendo:

VF: valor futuro (R\$);
 VP: valor presente (R\$);
 i: taxa de juros (% a.a.);
 n: período de capitalização (anos).

Foi utilizado o valor de 3,13% da taxa de juros do IPCA acumulado dos 12 últimos meses considerando como referência outubro de 2020 (IBGE, 2020). Já, para o cálculo dos custos e receitas VP, foi necessário calcular o fator de valor presente (FVP) o qual é obtido através aplicando a Equação 6.

$$FVP = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (6)$$

Sendo:

FVP: fator de valor presente;
 i: taxa de juros (% a.a.);
 n: período de capitalização (anos).

Os valores presentes devem ser corrigidos pela Taxa de Juros a Longo Prazo – TJLP, a qual foi instituída pela Medida Provisória nº 684, de 31.10.94, publicada no Diário Oficial da União em 03 de novembro de 1994, assim, sendo definida como o custo básico dos financiamentos concedidos pelo BNDES, a mesma é consolidada pelo Conselho Monetário Nacional e divulgada até o último dia útil do trimestre imediatamente anterior ao de sua vigência (BNDS, 2020). Conforme BNDS, (2020) a TJLP foi substituída pela TLP (Taxa de Longo Prazo) em contratos de financiamento firmados a partir de 1º de janeiro de 2018. Considerando-se que o projeto a ser analisado foi firmado no ano de 2017, será utilizada a TJLP que possui um valor vigente de 4,91% a.a. no período de jul. /2020 a set. /2020.

4.3.2 Indicadores Ambientais

Neste item foram explanadas as metodologias utilizadas para elaborar a avaliação do meio biótico, físico e os impactos ambientais com base nos laudos elaborados pela empresa Seiva Monitoramento Ltda, bibliografia específica e com visita in loco.

4.1.1.1 Meio Biótico

No período de 12 a 22 de agosto de 2019 foi realizado um levantamento de campo para identificação da fauna presente na área de instalação do empreendimento, levantamento este feito pelos técnicos da empresa Seiva Monitoramento Ltda, a qual foi contratada para dar suporte na elaboração dos estudos e relatórios para envio a FEPAM no processo de licenciamento.

Para reconhecimento da Mastofauna ²ali presente foi feita busca de vestígio de animais, busca ativa e montagem de 3 camas de areia, já para identificação da Herpetofauna³ foi feita a busca ativa dos animais, desde indícios sob a vegetação até em potenciais abrigos (SEIVA MONITORAMENTO LTDA, 2019).

As amostragens de avifauna⁴ e entomofauna⁵ foram efetuadas principalmente nas primeiras horas da manhã, através de registro visual/auditivo e também no final da tarde e início da noite, contemplando assim a amostragem de espécies noturnas presente, foi identificada mediante registro visual e fotográfico. Por fim a amostragem de ictiofauna ⁶foi realizada num período de 24 horas no curso hídrico presente por meio de instalação de armadilhas utilizando isca de minhoca e migalhas de pão (SEIVA MONITORAMENTO LTDA, 2019).

Algumas informações referentes a fauna presente na área do empreendimento foram levantadas com base em entrevistas realizadas aos moradores que ali habitam e relatos de funcionários do transbordo (SEIVA MONITORAMENTO LTDA, 2019).

Durante a visita ao local realizada pela autora (outubro de 2020) não foi possível identificar espécies de anfíbios, répteis ou biota aquática que ali poderiam habitar.

Para definição do estágio da vegetação da área do empreendimento utilizou-se como base a Resolução CONAMA nº 33, de 7 de dezembro de 1994, a qual *“define estágios sucessionais das formações vegetais que ocorrem na região da Mata Atlântica do Estado do Rio Grande do Sul, visando viabilizar critérios, normas e procedimentos para o manejo, utilização racional e conservação da vegetação natural”*.

² Mastofauna: é o conjunto de mamíferos existentes em uma região.

³ Herpetofauna: é o conjunto de répteis e anfíbios em uma região.

⁴ Avifauna: é o conjunto de aves em uma região.

⁵ Entomofauna: é o conjunto de insetos em uma região.

⁶ Ictiofauna: é o conjunto de peixes em uma região.

Ainda com base na Resolução CONAMA n° 33/1994, a autora classificou a vegetação por estágio inicial, médio e avançado.

4.1.1.2 Avaliação de Impactos Ambientais

Classificado como um instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente, no art.9º da Lei n° 6.938 de 31 de agosto de 1981 a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) que conforme Stamm (2003) é uma avaliação a qual irá analisar, identificar e quantificar os possíveis impactos que determinado empreendimento poderá ocasionar, desde que seja cautelosamente implementada, sendo uma das ferramentas que auxilia na garantia de manutenção e a melhoria nas qualidades ambientais.

Com base no art.1º da resolução CONAMA n ° 001 de 23 de janeiro de 1986,

Considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais.

De acordo com a diretriz III do art. 5º da resolução já citada, para avaliação de impactos deve ser definido os limites da área geográfica direta ou indiretamente afetada, sendo classificados como área diretamente afetada, área de influência direta e área de influência indireta, que conforme CETESB (2019), são descritas como:

Área Diretamente Afetada (ADA) - corresponde à área que sofrerá a ação direta da implantação e operação do empreendimento.
 Área de Influência Direta (AID) - corresponde à área que sofrerá os impactos diretos de implantação e operação do empreendimento.
 Área de Influência Indireta (AII) - corresponde à área real ou potencialmente sujeita aos impactos indiretos da implantação e operação do empreendimento. Para um mesmo nível de abordagem poderão eventualmente ser definidos diferentes limites geográficos para os estudos dos meios físico, biótico e socioeconômico.

A Área de Influência (AI) é aquela que de alguma maneira sofrerá influência decorrente da implantação do empreendimento, seja nos aspectos físico, biótico ou socioeconômico.

Dentre os principais métodos utilizados para avaliação de impactos ambientais se pode elencar os métodos de: AD HOC, check-list (listagem), matrizes de interação, redes de

interação, superposição de cartas, modelos de simulação, metodologias quantitativas e matriz de Leopold (CREMONEZ *et al.*, 2014).

A identificação, descrição e a avaliação dos impactos socioambientais foram realizadas com base nos resultados do diagnóstico ambiental realizado, utilizando o método de listagem de controle (CHECK-LIST) a autora definiu este método por ser largamente utilizada em estudos preliminares para identificação de impactos relevantes. É prático e de fácil utilização, uma vez que consiste em uma relação de fatores e parâmetros ambientais que servem de referência, sendo abordados os elementos mais importantes (MEDEIROS, 2010, p.44; SÁNCHEZ, 2013, p. 221). O modelo consiste na identificação e enumeração dos impactos, a partir de um diagnóstico ambiental, que deverá contemplar os meios físico, biológico e socioeconômico. Após o diagnóstico, deverá relacionar os impactos acarretados nas fases de implantação e operação, e classifica-los em positivo e negativo (COSTA *et al.* 2005, p.7; MEDEIROS, 2010, p. 44).

4.1.1.3 Meio Físico

Para avaliação do meio físico foram utilizados dados digitais vetoriais disponibilizados pelo IBGE (2019) para elaboração do mapa pedológico de Bento Gonçalves.

Para identificação do tipo de solo foram analisados os dados que compõe o relatório da empresa Seiva Monitoramento Ltda que utilizou a técnica de sondagem até a profundidade do limite impenetrável do solo ao trado, sendo este limite aproximadamente 4,5m, a identificação do solo ocorreu numa profundidade de 1,00 e 2,5 m (SEIVA MONITORAMENTO LTDA, 2019).

De acordo com a FEPAM (2018) o município de Bento Gonçalves se encontra inserido integralmente nos limites da bacia hidrográfica Taquari-Antas, mais especificamente na unidade de gestão (UG) do Médio Taquari-Antas, os mapas de recursos hídricos foram elaborados a partir de dados vetoriais disponibilizados pela Fundação Estadual do Meio Ambiente e a partir da delimitação automática no software QGIS com base no MDE (BRASIL, 2008).

No mês de julho de 2019, foi realizada a medição de vazão do córrego utilizando o método do flutuador⁷, onde foi constatada uma vazão de aproximadamente 0,0288 m³/s, sendo importante ressaltar que as medições foram efetuadas durante um mês de cheia pluviométrica para a região (SEIVA MONITORAMENTO LTDA, 2019).

⁷ Método do flutuador: consiste em determinar a velocidade de deslocamento de um objeto flutuante, medindo o tempo necessário para que o mesmo se desloque em um trecho de rio de comprimento conhecido, é muito utilizado pela sua simplicidade e na ausência de equipamentos sofisticados que apresentam custos elevados.

5 ANÁLISE DE VIABILIDADE

Neste capítulo será apresentado o resultado do estudo realizado, com base nos dados disponibilizados do projeto onde buscou-se apresentar a análise de viabilidade dos aspectos econômicos e ambientais.

5.1 ANÁLISE ECONÔMICA

Na análise econômica apresentada foram considerados dois cenários sendo que estes cenários os quais são apresentados no item 5.1.3 - Análise de Indicadores.

Os custos referentes à pré-implantação e implantação atingem um total de R\$ 47.964.283,75 e os custos referentes à operação e manutenção somam um total de R\$ 6.235.026 por ano. A receita totaliza R\$ 11.579.905,36. Estabelecidos os custos e benefícios do sistema, foi determinado o fluxo de caixa do projeto. Todos os valores elencados foram retirados do Anexo IV – Modelagem Econômica – Financeira, documento disponibilizado por meio eletrônico pela Prefeitura de Bento de Gonçalves no de 2018.

5.1.1 Projeção da Receita

As receitas consideradas para efetuar a análise econômica/financeira são: venda dos resíduos sólidos passíveis de reciclagem, a exclusão no transporte desde o transbordo do município até o aterro sanitário, os custos de contrato juntamente com a CRVR (empresa que administra o aterro sanitário) e a economia em energia elétrica nos prédios públicos.

Importante ressaltar que as receitas variam a cada ano, devido as variações na geração de resíduos, uma vez que, todo montante da receita é baseado em tonelada. Na Tabela 6 são apresentados os custos pelos serviços que acarretarão em receita na modelagem econômica.

Para quantificação do valor da venda dos resíduos foi utilizado valor comercial de: papel/papelão: R\$ 0,25/kg, plástico R\$ 0,40/kg, metal R\$ 2,50/kg e vidro: R\$ 0,10/kg. Sendo que estes valores foram estabelecidos mediante consulta realizada em empresas de venda de resíduos recicláveis na região da Serra Gaúcha/RS, onde em média os valores cobrados da venda apresentados anteriormente.

Já os valores de Transporte final, desde o transbordo até sanitário contratado e os custos com a CRVR, foram disponibilizados pela SMMAM (2020) e os gastos com energia elétrica nos prédios públicos pela Secretaria de Finanças do Município.

Tabela 6 - Receita projetada

SERVIÇO	VALOR
Venda dos resíduos recicláveis por ano	R\$ 3.829.502,50
Extinção do transporte final, desde o transbordo até sanitário contratado, por tonelada.	R\$ 2.032.133,88
Exclusão de custos CRVR, por tonelada, por ano.	R\$ 3.037.142,48
Exclusão de gastos com energia elétrica nos prédios públicos por ano.	R\$ 6.510.629,00
TOTAL	R\$ 11.579.905,36

Fonte: Adaptado do Anexo IV – Modelagem Econômico-Financeira (SMDE, 2017).

5.1.2 Projeção de Custos

Para realizar a projeção de custos do empreendimento foram considerados os custos de: pré-implantação, implantação e operação e manutenção, custos estes apresentados no Anexo IV – Modelagem Econômica Financeira PMBG (2018).

5.1.2.1 Pré-Implantação

Nesta fase foi analisado todo o custo com atividades referente aos estudos e projetos de engenharia, os quais deverão ser desenvolvidos para a implantação do empreendimento os quais abrangem todas as atividades necessárias para a obtenção das licenças ambientais, onde são inclusos: pesquisas e obtenção de dados, estudos geológicos e geotécnicos, análise topográfica, estudos hidrológicos e hidráulicos, análise aprofundada em toda base fiscal e legal no âmbito federal, estadual e municipal, estudos ambientais, elaboração de programas ambientais e sociais e também todo o anteprojeto urbanístico e arquitetônico.

Tabela 7 - Estimativa de Investimento pré-instalação

SERVIÇO	VALOR PREVISTO
Envio dos projetos das especialidades necessárias aos órgãos competentes e acompanhamento do trâmite para aprovação e obtenção de autorização/licenças para implantação	R\$ 1.100.000,00
TOTAL	R\$ 1.100.000,00

Fonte: Adaptado do Anexo IV – Modelagem Econômico-Financeira (PMBG, 2018).

5.1.2.2 Custos da Instalação

Na fase de instalação do empreendimento será envolvida toda a parte de obras civis, bem como todo maquinário. Na Tabela 8 são expostos os custos elencados nas obras onde foi incluída a parte estrutural para a instalação da Usina. Já na Tabela 8 são apresentados os custos com maquinário (ANEXO IV – MODELAGEM ECONÔMICA FINANCEIRA PMBG, 2018).

Tabela 8 - Estimativa de investimento para implantação

(continua)

SERVIÇO	VALOR PREVISTO
Terraplenagem da área	R\$ 150.000,00
Drenagem da área, inclusive dos pátios e do sistema viário	R\$ 231.763,28
Urbanização da área, inclusive dos pátios e do sistema viário	R\$ 270.174,00
Construção do sistema viário interno	R\$ 267.910,45
Implantação de pátios de manobra e descarga de resíduos	R\$ 68.857,43
Edificação de pátios fechados e cobertos para recepção e armazenamento de resíduos recebidos e triturados	R\$ 1.483.897,10
Construção de posto de pesagem	R\$ 444.916,20
Implantação de galpões fechados e cobertos para instalação dos equipamentos da estrutura de triagem e do sistema de pirólise	R\$ 2.129.587,02
Edificação das unidade administrativa, almoxarifado e oficina	R\$ 500.000,00
Construção do galpão de grupos geradores	R\$ 673.723,19
Implantação da reservação de água pluvial para reuso industrial	R\$ 87.743,13
Construção da base do gasômetro, do estacionamento para veículos leves e da estrutura de controle do acesso	R\$ 168.812,91
Edificação dos pátios de resíduos	R\$ 198.213,90
Implantação de sistema de combate e prevenção a incêndios e pânico	R\$ 300.000,00
Construção de sistema para coleta e retorno do chorume/e das atividades de triagem de resíduos ao processo de pirólise	R\$ 142.194,20

(conclusão)

SERVIÇO	VALOR PREVISTO
Edificação do sistema de armazenamento de GLP	R\$ 218.750,00
Eventuais	R\$ 733.654,28
TOTAL	R\$ 8.070.197,09

Fonte: Adaptado do Anexo IV – Modelagem Econômico-Financeira (PMBG, 2018).

Tabela 9 – Estimativa de investimento de maquinário

SERVIÇO	VALOR PREVISTO
Sistema de triagem, seleção, classificação e tratamento dos resíduos composto por correias transportadoras, separadores magnéticos (eletro ímãs), rasga sacos, separador balístico, triturador, separador ótico, estruturas de suporte, escadas, passarelas e outros	R\$ 11.295.980,00
Conjunto do reator de pirólise e dos sistema de lavagem e limpeza do gás de síntese composto por reator de pirólise, soprador de gás, queimador, alimentador de cal, ciclone, venturi, torre de lavagem, chiller, decantador, soprador de ar, trocador de calor, trem de gás	R\$ 17.187.500,00
Sistema de gasômetro e tocha enclausurada	R\$ 1.387.053,75
Conjunto de grupos geradores	R\$ 9.212.500,00
Sistema de coleta dos resíduos inertes oriundos do processo de pirólise	R\$ 825.000,00
Sistema de medição, controle e conexão de energia elétrica	R\$ 3.350.000,00
Sistema de monitoramento e supervisão	R\$ 625.000,00
Diversos	R\$ 881.250,00
Gerenciamento da obra	R\$ 2.100.000,00
TOTAL	R\$ 46.864.283,75

Fonte: Adaptado do Anexo IV – Modelagem Econômico-Financeira (PMBG, 2018).

5.1.2.3 Custos da Operação e Manutenção

Os custos estimados para operação e manutenção do empreendimento abrangem desde mão de obra envolvida nos trabalhos, bem como em serviços que serão terceirizados, serviços estes como assessoria contábil e jurídica, serviços de informática e comunicação, tal qual o fornecimento de insumos para operação das instalações administrativas e de apoio situadas na área das instalações industriais (ANEXO IV – MODELAGEM ECONÔMICA FINANCEIRA PMBG, 2018).

Tabela 10 - Estimativa de custos com operação e manutenção

SERVIÇO	VALOR PREVISTO
Mão de obra operacional: gerente de usina, supervisor de operação por turno de trabalho, técnico eletromecânico para manutenção por turno de trabalho, ajudantes de manutenção por turno de trabalho, operador de usina por turno de trabalho, ajudantes de operação de usina por turno de trabalho, operador de pátio por turno de trabalho, operador de equipamento, motorista de caminhão, gestor ambiental, técnico de segurança do trabalho por turno de trabalho, auxiliares de serviços gerais, vigia, controlador de acesso e operador de balança por turno de trabalho, técnico administrativo, auxiliar administrativo.	R\$ 3.653.727,00
Custos administrativos indiretos que totalizarão o valor anual	R\$ 228.000,00
Manutenção, envolvendo toda a operação (manutenção de veículos e equipamentos de apoio, processo de pirólise, geração de energia elétrica e triagem, seleção, classificação e trituração dos resíduos)	R\$ 1.245.178,00
Garantias e Seguros sobre a operação com valor anual estimado	R\$ 361.027,00
Fornecimento de utilidades, também variável de acordo com o quantitativo de resíduos tratados no reator de pirólise	R\$ 149.646,00
Monitoramento ambiental do processo ao custo anual estimado	R\$ 60.000,00
Complementarmente aos custos citados está prevista a remuneração das atividades da cooperativa de recicladores como percentual sobre a receita proveniente da comercialização de recicláveis recuperados, e cuja estimativa estabelece o valor anual	R\$ 537.448,00
TOTAL	R\$ 6.235.026,00

Fonte: Adaptado do Anexo IV – Modelagem Econômico-Financeira (PMBG, 2018).

5.1.3 Análise de Indicadores Econômicos

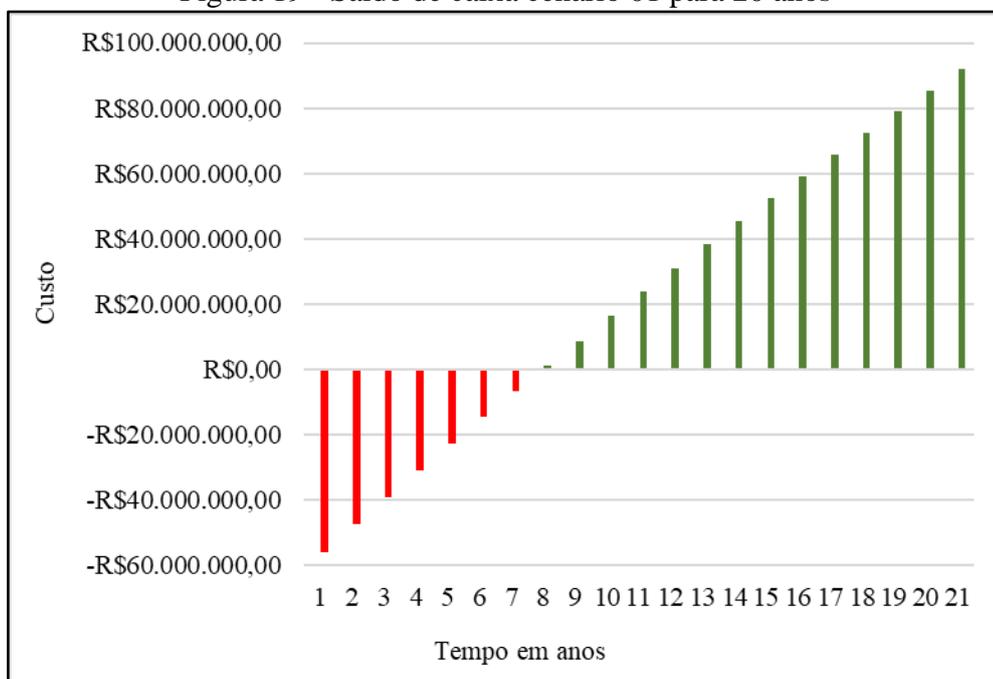
Foram considerados dois cenários para avaliação econômica do empreendimento, onde o primeiro cenário foi elaborado com valores disponibilizados nos projetos enviados a FEPAM para obtenção da Licença Prévia, já para elaboração do segundo cenário foi retirada a receita com a venda dos resíduos recicláveis.

5.1.3.1 Cenário 01 - Viabilidade econômica conforme projeto apresentado

Neste cenário foi analisado o projeto apresentado para a FEPAM, onde o intuito é obtenção da Licença Prévia do mesmo, para elaboração da análise foram considerados os valores apresentados no item 5.1.1 – Projeção da Receita e no item 5.1.2. – Projeção dos custos.

Os resultados obtidos da análise são apresentados na Tabela 11 e a síntese do saldo de caixa é informado na figura 19. Ao efetuar uma projeção de 20 obteve-se um tempo de retorno de 8 anos, onde resultou em um VPL de R\$ 91.832.780,01 e TIR: 13 %

Figura 19 - Saldo de caixa cenário 01 para 20 anos



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

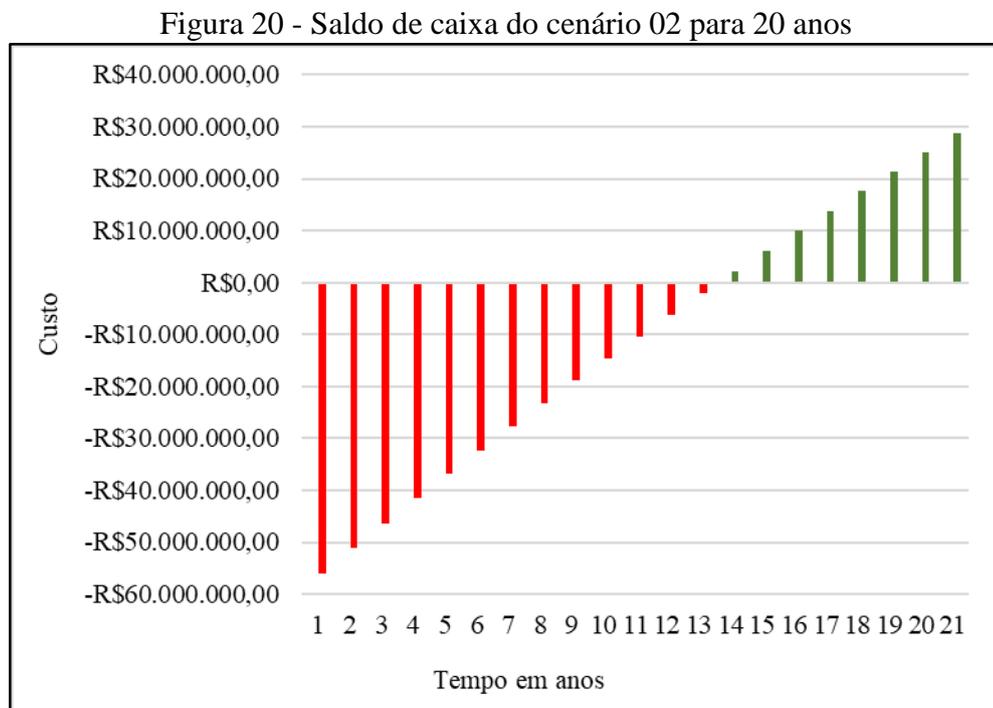
Tabela 11 - Análise econômica do cenário 01

Ano	Custo de implantação, operação e manutenção (R\$)	Receitas	FVP	Custos (VP)	Receitas (VP)	Fluxo de caixa (VP)	Saldo de caixa (VP)
0	R\$ 56.034.480,84	R\$ -	1	R\$ 56.034.480,84	R\$ -	-R\$ 56.034.480,84	-R\$ 56.034.480,84
1	R\$ 6.235.026,00	R\$ 15.208.905,37	0,95	R\$ 5.941.515,15	R\$ 14.492.953,47	R\$ 8.551.438,32	-R\$ 47.483.042,52
2	R\$ 6.440.781,86	R\$ 15.710.799,25	0,91	R\$ 5.848.661,28	R\$ 14.266.457,92	R\$ 8.417.796,63	-R\$ 39.065.245,89
3	R\$ 6.653.327,66	R\$ 16.229.255,63	0,87	R\$ 5.757.258,53	R\$ 14.043.502,03	R\$ 8.286.243,49	-R\$ 30.779.002,40
4	R\$ 6.872.887,47	R\$ 16.764.821,06	0,82	R\$ 5.667.284,23	R\$ 13.824.030,49	R\$ 8.156.746,26	-R\$ 22.622.256,14
5	R\$ 7.099.692,76	R\$ 17.318.060,16	0,79	R\$ 5.578.716,03	R\$ 13.607.988,84	R\$ 8.029.272,81	-R\$ 14.592.983,33
6	R\$ 7.333.982,62	R\$ 17.889.556,14	0,75	R\$ 5.491.531,98	R\$ 13.395.323,50	R\$ 7.903.791,51	-R\$ 6.689.191,81
7	R\$ 7.576.004,05	R\$ 18.479.911,49	0,71	R\$ 5.405.710,44	R\$ 13.185.981,68	R\$ 7.780.271,23	R\$ 1.091.079,42
8	R\$ 7.826.012,18	R\$ 19.089.748,57	0,68	R\$ 5.321.230,12	R\$ 12.979.911,45	R\$ 7.658.681,33	R\$ 8.749.760,75
9	R\$ 8.084.270,58	R\$ 19.719.710,28	0,65	R\$ 5.238.070,05	R\$ 12.777.061,68	R\$ 7.538.991,62	R\$ 16.288.752,37
10	R\$ 8.351.051,51	R\$ 20.370.460,72	0,62	R\$ 5.156.209,61	R\$ 12.577.382,04	R\$ 7.421.172,43	R\$ 23.709.924,80
11	R\$ 8.626.636,21	R\$ 21.042.685,92	0,59	R\$ 5.075.628,48	R\$ 12.380.822,99	R\$ 7.305.194,51	R\$ 31.015.119,32
12	R\$ 8.911.315,21	R\$ 21.737.094,55	0,56	R\$ 4.996.306,67	R\$ 12.187.335,76	R\$ 7.191.029,09	R\$ 38.206.148,41
13	R\$ 9.205.388,61	R\$ 22.454.418,67	0,53	R\$ 4.918.224,50	R\$ 11.996.872,35	R\$ 7.078.647,85	R\$ 45.284.796,26
14	R\$ 9.509.166,43	R\$ 23.195.414,49	0,51	R\$ 4.841.362,60	R\$ 11.809.385,49	R\$ 6.968.022,90	R\$ 52.252.819,16
15	R\$ 9.822.968,92	R\$ 23.960.863,17	0,49	R\$ 4.765.701,89	R\$ 11.624.828,68	R\$ 6.859.126,79	R\$ 59.111.945,95
16	R\$ 10.147.126,90	R\$ 24.751.571,65	0,46	R\$ 4.691.223,60	R\$ 11.443.156,11	R\$ 6.751.932,51	R\$ 65.863.878,45
17	R\$ 10.481.982,09	R\$ 25.568.373,52	0,44	R\$ 4.617.909,27	R\$ 11.264.322,72	R\$ 6.646.413,46	R\$ 72.510.291,91
18	R\$ 10.827.887,49	R\$ 26.412.129,84	0,42	R\$ 4.545.740,68	R\$ 11.088.284,13	R\$ 6.542.543,45	R\$ 79.052.835,36
19	R\$ 11.185.207,78	R\$ 27.283.730,13	0,40	R\$ 4.474.699,95	R\$ 10.914.996,68	R\$ 6.440.296,73	R\$ 85.493.132,09
20	R\$ 11.554.319,64	R\$ 28.184.093,22	0,38	R\$ 4.404.769,43	R\$ 10.744.417,35	R\$ 6.339.647,91	R\$ 91.832.780,01
TIR		13%					
VPL		R\$ 91.832.780,01					
TEMPO DE RETORNO		08 anos					

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

5.1.3.2 Cenário 02 – Viabilidade econômica sem considerar a venda dos resíduos recicláveis

Neste cenário 02 buscou-se retirar a receita com a venda dos resíduos recicláveis, visto que atualmente este material é comercializado pelas associações de recicladores, receita esta que fica para as associações. Em um cenário onde a operação da usina deverá devolver este montante aos associados e não utilizar em seu capital, os valores de TIR, VPL e tempo de retorno mudam significativamente quando comparado com o cenário 01. Assim, com base no exposto, os valores dos indicadores resultaram em: TIR: 5%, VPL: 28.732.082,80 e o tempo de retorno é de 13 anos.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Tabela 12 - Análise econômica cenário 02

Ano	Custo de implantação, operação e manutenção (R\$)	Receitas	FVP	Custos (VP)	Receitas (VP)	Fluxo de caixa (VP)	Saldo de caixa (VP)
0	R\$ 56.034.480,84	R\$ -	1	R\$ 56.034.480,84	R\$ -	-R\$ 56.034.480,84	-R\$ 56.034.480,84
1	R\$ 6.235.026,00	R\$ 11.379.402,87	0,95	R\$ 5.941.515,15	R\$ 10.843.722,96	R\$ 4.902.207,81	-R\$ 51.132.273,03
2	R\$ 6.440.781,86	R\$ 11.754.923,17	0,91	R\$ 5.848.661,28	R\$ 10.674.257,50	R\$ 4.825.596,21	-R\$ 46.306.676,82
3	R\$ 6.653.327,66	R\$ 12.142.835,63	0,87	R\$ 5.757.258,53	R\$ 10.507.440,44	R\$ 4.750.181,90	-R\$ 41.556.494,92
4	R\$ 6.872.887,47	R\$ 12.543.549,21	0,82	R\$ 5.667.284,23	R\$ 10.343.230,39	R\$ 4.675.946,16	-R\$ 36.880.548,76
5	R\$ 7.099.692,76	R\$ 12.957.486,33	0,79	R\$ 5.578.716,03	R\$ 10.181.586,61	R\$ 4.602.870,58	-R\$ 32.277.678,18
6	R\$ 7.333.982,62	R\$ 13.385.083,38	0,75	R\$ 5.491.531,98	R\$ 10.022.469,00	R\$ 4.530.937,02	-R\$ 27.746.741,16
7	R\$ 7.576.004,05	R\$ 13.826.791,13	0,71	R\$ 5.405.710,44	R\$ 9.865.838,08	R\$ 4.460.127,64	-R\$ 23.286.613,52
8	R\$ 7.826.012,18	R\$ 14.283.075,24	0,68	R\$ 5.321.230,12	R\$ 9.711.654,98	R\$ 4.390.424,86	-R\$ 18.896.188,66
9	R\$ 8.084.270,58	R\$ 14.754.416,72	0,65	R\$ 5.238.070,05	R\$ 9.559.881,45	R\$ 4.321.811,40	-R\$ 14.574.377,26
10	R\$ 8.351.051,51	R\$ 15.241.312,47	0,62	R\$ 5.156.209,61	R\$ 9.410.479,83	R\$ 4.254.270,23	-R\$ 10.320.107,03
11	R\$ 8.626.636,21	R\$ 15.744.275,79	0,59	R\$ 5.075.628,48	R\$ 9.263.413,06	R\$ 4.187.784,58	-R\$ 6.132.322,45
12	R\$ 8.911.315,21	R\$ 16.263.836,89	0,56	R\$ 4.996.306,67	R\$ 9.118.644,65	R\$ 4.122.337,98	-R\$ 2.009.984,47
13	R\$ 9.205.388,61	R\$ 16.800.543,50	0,53	R\$ 4.918.224,50	R\$ 8.976.138,67	R\$ 4.057.914,17	R\$ 2.047.929,70
14	R\$ 9.509.166,43	R\$ 17.354.961,44	0,51	R\$ 4.841.362,60	R\$ 8.835.859,78	R\$ 3.994.497,18	R\$ 6.042.426,88
15	R\$ 9.822.968,92	R\$ 17.927.675,17	0,49	R\$ 4.765.701,89	R\$ 8.697.773,15	R\$ 3.932.071,27	R\$ 9.974.498,15
16	R\$ 10.147.126,90	R\$ 18.519.288,45	0,46	R\$ 4.691.223,60	R\$ 8.561.844,55	R\$ 3.870.620,94	R\$ 13.845.119,09
17	R\$ 10.481.982,09	R\$ 19.130.424,97	0,44	R\$ 4.617.909,27	R\$ 8.428.040,23	R\$ 3.810.130,96	R\$ 17.655.250,05
18	R\$ 10.827.887,49	R\$ 19.761.728,99	0,42	R\$ 4.545.740,68	R\$ 8.296.327,00	R\$ 3.750.586,32	R\$ 21.405.836,38
19	R\$ 11.185.207,78	R\$ 20.413.866,05	0,40	R\$ 4.474.699,95	R\$ 8.166.672,19	R\$ 3.691.972,24	R\$ 25.097.808,62
20	R\$ 11.554.319,64	R\$ 21.087.523,63	0,38	R\$ 4.404.769,43	R\$ 8.039.043,62	R\$ 3.634.274,18	R\$ 28.732.082,80
TIR		5%					
VPL		R\$ 28.732.082,80					
TEMPO DE RETORNO		13 anos					

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

5.2 ANÁLISE DE VIABILIDADE AMBIENTAL

Conforme disposto no Art. 9º, § 1º da Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010).

“Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental”.

Neste contexto, será apresentada neste item a análise de viabilidade ambiental. Os métodos utilizados foram a análise de documentação disponibilizada pela prefeitura, uso de bibliografias e análise *in loco*.

5.2.1 Fauna

De acordo com o laudo de fauna realizado pela empresa Seiva Monitoramento (2019) durante todo o período de amostragem foram identificadas algumas espécies de mastofauna, avifauna, herpetofauna e entomofauna, espécies estas mostradas na Tabela 13 e na Figura 21. Não foi identificada nenhuma espécie de ictiofauna, apesar da armadilha ter ficado durante um período de 24 horas.

Tabela 13 - Espécies de mastofauna, avifauna, herpetofauna e entomofauna, identificadas na área do empreendimento.

(continua)

Nome Popular	Nome Científico	Ordem	Conservação	Método de registro
Mastofauna				
Gado bovino	<i>Bos taurus</i>	<i>Artiodactyla</i>	Domesticado	Relato
Cachorro doméstico	<i>Canis lupus familiaris</i>	<i>Carnivora</i>	Domesticado	Visual e pegada
Gato doméstico	<i>Felis silvestres catus</i>	<i>Carnivora</i>	Domesticado	Visual
Cavalo	<i>Equus caballus</i>		Cavalo	<i>Equus caballus</i>
Veado-do-mato	<i>Mazama nana</i>	<i>Artiodactyla</i>	Em perigo (segundo o Decreto Estadual nº 51.797/2014.)	Relato

(continuação)

Ratão-do-banhado	<i>Myocastor coypus</i>	<i>Rodentia</i>	Não ameaçado	Relato
Avifauna				
Quero-quero	<i>Vanellus Chilensis</i>	<i>Charadriiformes</i>	Pouco preocupante	Visual e relato
Pombo-doméstico	<i>Columba livia</i>	<i>Columbiformes</i>	Domesticado	Visual e relato
Tiziu	<i>Volatinia jacarina</i>	<i>Passeriformes</i>	Pouco preocupante	Visual e relato
Urubu	<i>Coragyps atratus</i>	<i>Cathartiiformes</i>	Pouco preocupante	Relato
Trinca-ferro	<i>Saltator similis</i>	<i>Passeriformes</i>	Pouco preocupante	Relato
Saracura/Galinha do mato	<i>Aramides saracura</i>	<i>Gruiformes</i>	Pouco preocupante	Relato
Jacu	<i>Penelope obscura</i>	<i>Galliformes</i>	Pouco preocupante	Relato
Tucano	<i>Ramphastos dicolorus</i>	<i>Piciformes</i>	Pouco preocupante	Relato
Caturrita	<i>Myiopsitta monachus</i>	<i>Psittaciformes</i>	Pouco preocupante	Relato
Aracuã	<i>Ortalis guttata</i>	<i>Galliformes</i>	Pouco preocupante	Relato
Gralha	<i>Cyanocorax chrysops</i>	<i>Passeriformes</i>	Pouco preocupante	Visual e relato
Canário-da-terra	<i>Sicalis flaveola</i>	<i>Passeriformes</i>	Pouco preocupante	Visual
Herpetofauna				
Lagarto teiú	<i>Tupinambis teguixim</i>	<i>Squamata</i>	Pouco preocupante	Vestígio e relato
Cobras	Não identificada	<i>Squamata</i>	-	Relatos
Entomofauna				
Minhoca comum	<i>Pontoscolex corethrurus</i>	<i>Glossoscolecidae</i>	Pouco preocupante	Visual
Grilo verde	<i>Gryllus sp.</i>	<i>Orthoptera</i>	Pouco preocupante	Visual
Grilo comum	<i>Gryllus assimilis</i>	<i>Orthoptera</i>	Pouco preocupante	Visual
Formiga-cortadeira	<i>Acromyrmex sp.</i>	<i>Hymenoptera</i>	Pouco preocupante	Visual

				(conclusão)
Borboleta laranja	<i>Tegosa claudina</i>	<i>Nymphalidae</i>	Pouco preocupante	Visual
Borboleta	<i>Heliconius besckei</i>	<i>Nymphalidae</i>	Pouco preocupante	Visual
Aranha	Não identificada	<i>Araneida</i>	Pouco preocupante	Visual
Libélula Cinza	<i>Orthetrum</i> sp.	<i>Odonata</i>	Pouco preocupante	Visual

Fonte: Adaptado do Laudo de Fauna Seiva Monitoramento Ltda (2019).

Figura 21- Evidência da presença da fauna na área



Fonte: Adaptado do Laudo de Fauna Seiva Monitoramento Ltda (2019).

Conforme analisado na Figura 23, é possível que a APP existente na área de implantação do empreendimento seja utilizada como corredor ecológico para fauna, bem como um local de afugentamento (área de migração). Quando se der início as atividades de implantação da Usina, a fauna ali presente poderá utilizar a área de APP para reprodução e para extração da alimentação necessária.

Sendo possível classificar esta área de APP como um corredor ecológico, o qual é considerado um espaço essencial tanto do ponto de vista econômico, quanto para conservação da sociobiodiversidade conforme afirma o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), evidencia-se que existe um grau de importância crescente em corredores ecológicos

onde os mesmos são classificados como ecossistemas naturais ou seminaturais que conectam fragmentos de áreas naturais, bem como unidades de conservações, assim possibilitando o fluxo de genes e o movimento de todo um conjunto de seres vivos de um ecossistema, facilitando a disseminação, reprodução e recolonização de espécies de áreas degradadas.

É importante ressaltar que como a instalação do empreendimento será realizada na área que atualmente opera o transbordo municipal, haverá pouca ou nenhuma interferência no habitat da fauna presente, caso ocorra tal interferência as espécies poderão se reinstalar na APP.

5.2.2 Flora

Segundo o MMA (2020) o município de Bento Gonçalves localiza-se no Bioma Mata Atlântica, o qual é composto por florestas nativas e ecossistemas associados que são protegidos pela Lei nº 11.428/2006, conhecida como Lei da Mata Atlântica. Estima-se que atualmente este bioma abriga cerca de 35% das espécies vegetais existentes no Brasil, bem como milhares de espécies da fauna, sendo um dos biomas mais ricos em biodiversidade do mundo, porém em consequência disto também é o segundo mais ameaçado em extinção, afirma APREMAVI (2020).

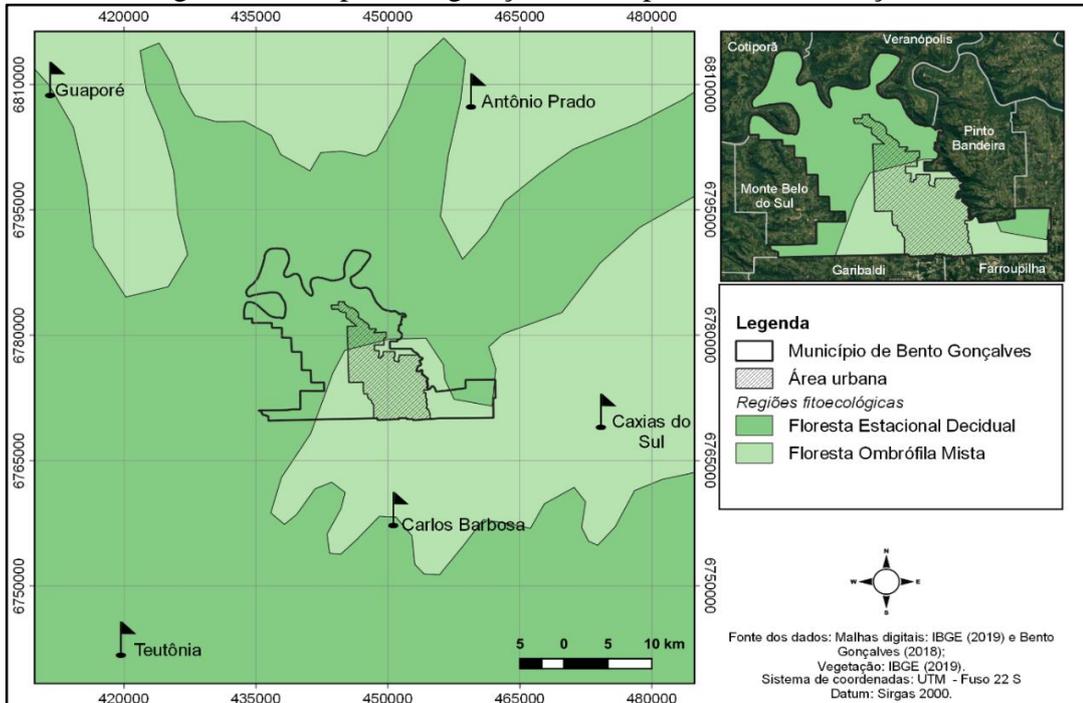
Conforme apresentado no mapa da Figura 22, elaborado pela autora a partir de dados digitais vetoriais disponibilizados pelo IBGE (2019), as formações florestais nativas presentes no município são compostas por Floresta Ombrófila Mista, também identificada como Mata de Araucárias, a qual abrange aproximadamente 41% (112,50 km²) da área de Bento Gonçalves e, a Floresta Estacional Decidual, a qual abrange os 59% (161,50 km²) restantes do território municipal.

De acordo com Art. 4º, capítulo II da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, a qual dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, deve se manter uma faixa marginal de qualquer curso d' água perene e intermitente em largura mínima de 30 m, para cursos d' água que tenham de 10 m de largura, o que é o caso do recurso hídrico presente na área de implantação da Usina, assim classificando esta área como Área de Preservação Permanente (APP).

APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. (BRASIL, 2012).

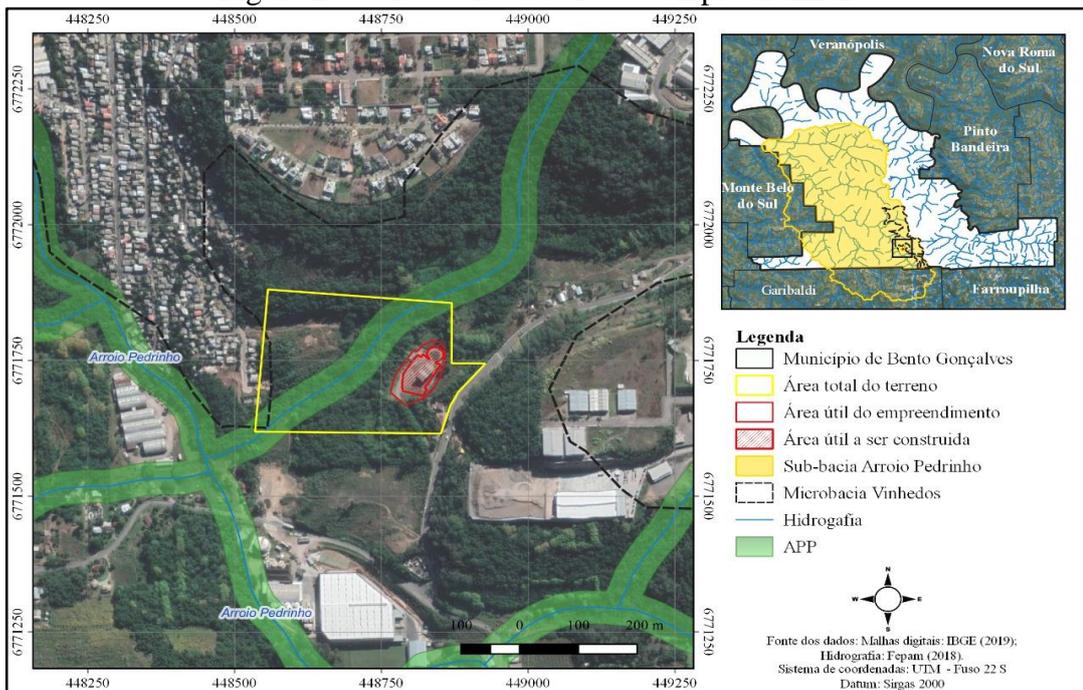
Conforme a Figura 23 elaborada a partir do Anexo 01 – Mapa de situação, é possível verificar que para a construção do empreendimento não será necessário intervir na APP existente.

Figura 22 - Mapa da vegetação município de Bento Gonçalves



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 23 - Vista aérea da área do empreendimento



Fonte: Elaborado pela autora, com base nos dados do Mapa de situação (2020).

Figura 24 - Área de Preservação Permanente



Fonte: A autora (2020).

Na Tabela 14 é ilustrada a definição do estágio sucessional e suas principais características conforme CONAMA 33/1994.

Tabela 14 - Estágios sucessionais de regeneração da vegetação secundária

Estágio sucessional	Altura média da formação (m)	DAP (cm)	Epífitas	Serrapilheira	Trepadeiras
Inicial	3	< ou = 8	Líquens, briófitas e pteridófitos	Pouca ou inexistência	Se presentes, são herbáceas
Médio	Até 8	Até 15	Mais intensa em Floresta Ombrófila	Variável (conforme a época do ano)	Se presentes, são lenhosas
Avançado	Mais de 8	Mais de 15	Abundância	Abundante	Em geral lenhosas

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA nº 33/1994.

Com base no exposto e em análise realizada *in loco*, efetuou-se a classificação dos estágios sucessionais da vegetação da área de estudo conforme apresentado na tabela 15 e nas Figuras 24 a 28.

Tabela 15 - Caracterização do estágio sucessional da vegetação na área do empreendimento

Área	Estágio	Nome popular	Nome científico
01	inicial/ médio	Canela Branca	<i>Nectandra opositifolia</i>
		Pinheiro	<i>Pinus palustris</i>
		Trepadeira	<i>Ficus pumila</i>
02	médio e avançado	Araucária	<i>Araucaria angustifolia</i>
		Canela Branca	<i>Nectandra opositifolia</i>
		Jerivá	<i>Syagrus romanzoffiana</i>
		Platano	<i>Platanus</i>
		Vassoura	<i>Baccharis cognata</i>
03	Inicial e média	Araucária	<i>Araucaria angustifolia</i>
		Macega	<i>Saccharum angustifolium (Nees) Trin.</i>
		Uva do Japão	<i>Hovenia dulcis</i>
		Samambaia do mato	<i>Phlebodium decumanum</i>
04	inicial e médio	Bambu	Bambusoideae
		Fumo-bravo	<i>Solanum mauritianum</i>
		Trevo vermelho	<i>Trifolium incarnatum</i>
		Platano	<i>Platanus</i>

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Na figura 25 é apresentado o mapa dos pontos avaliados, sendo considerado ponto 01: leste, ponto 02: norte, ponto 03: oeste e ponto 04: sul.

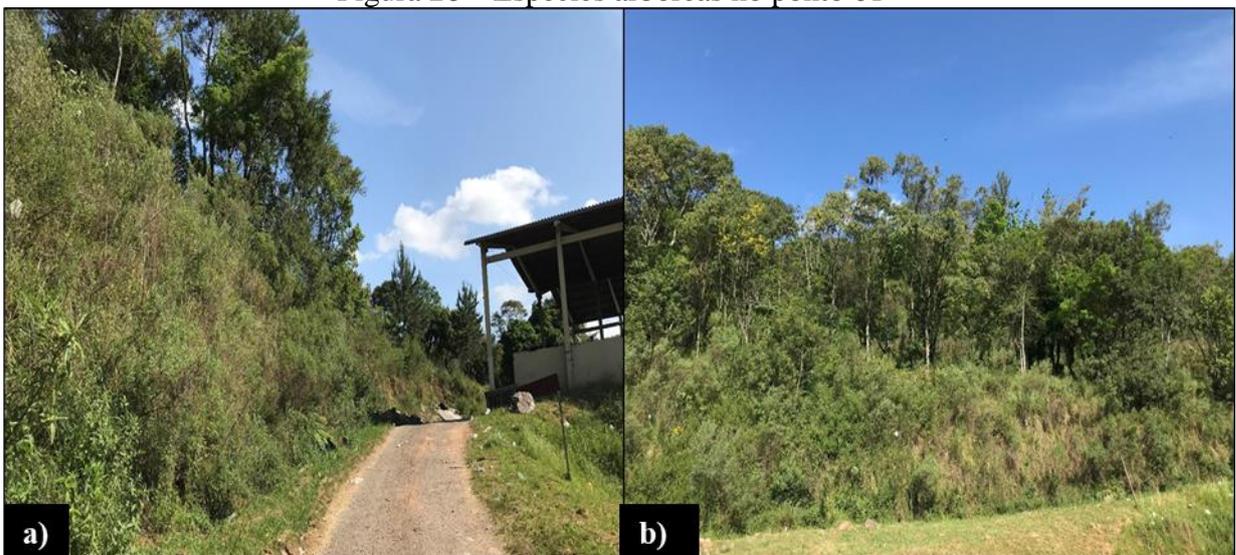
Figura 25 – Pontos de análise da vegetação



Fonte: Adaptado do Google Earth (2020).

Na Figura 26 é demonstrada a situação atual do ponto 01 onde é possível verificar uma significativa alteração antrópica, onde atualmente opera o transbordo de RSU. Já a vegetação caracteriza-se por estar no estágio inicial e médio.

Figura 26 – Espécies arbóreas no ponto 01



Fonte: A autora (2020) - a) estrada de acesso ao pavilhão do transbordo, b) área leste do empreendimento

No ponto 02 possui uma vegetação em estágio inicial e médio, com ocorrência de algumas espécies em estágio avançado, conforme indicado na Figura 27.

Figura 27 - Espécies arbóreas no ponto 02



Fonte: A autora (2020) – a) área norte do empreendimento, b) área norte com vista da APP.

É possível constatar no ponto 03 (Figura 28), alteração antrópica, sendo ela corte e aterro do local. Constatou-se a presença de exemplares arbóreos de espécies nativas de maneira esparsa, onde o local está caracterizado como uma área de campo aberto.

Figura 28 - Espécies arbóreas no ponto 03



Fonte: A autora (2020)

Já na porção sul onde se localiza o ponto 04, é possível identificar um relevo de pouca declividade, localizado na borda da APP, com vegetação em estágio inicial e médio em estado de regeneração. O local também sofre por alteração antrópica, sendo que é utilizado como área de passagem pelos moradores do entorno. Conforme exposto na Figura 29.

Figura 29 - Espécies arbóreas no ponto 04

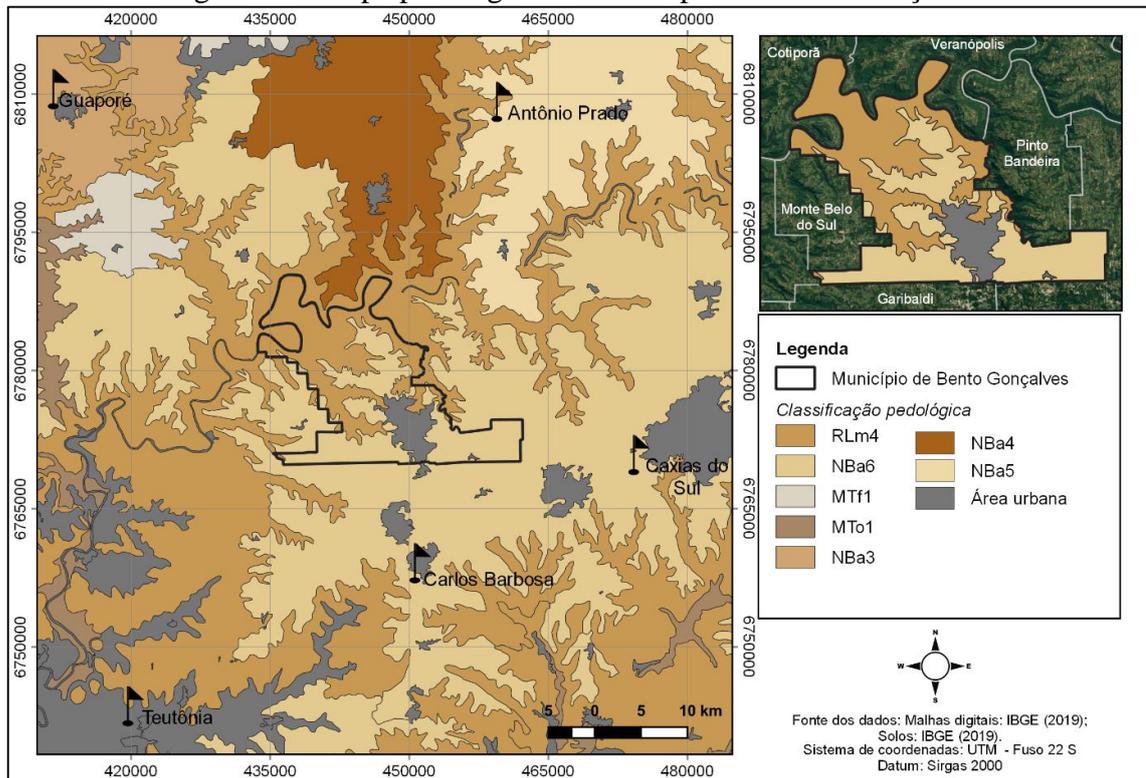


Fonte: A autora (2020) - a) área de passagem, b) área sul do empreendimento.

5.2.3 Solo

Conforme apresentado na Figura 30, são encontrados dois tipos de solos no município: Nitossolos Brunos Alumínicos (NBa), presente em torno de 55% (150,60 km²) do município, e Neossolos Litólicos Chernossólicos (RLm), que ocorre em cerca de 45% (123,40%) do território municipal.

Figura 30 - Mapa pedológico do município de Bento Gonçalves



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Segundo o Laudo Geológico realizado pela empresa Seiva Monitoramento Ltda em agosto de 2019, o solo na área do empreendimento é composto por material de textura argilo-arenosa de coloração marrom-alaranjada, e sobreposto a camada de solo, existe um substrato rochoso o qual não foi possível penetrar (SEIVA MONITORAMENTO LTDA, 2019).

Após a execução da sondagem foi possível constatar que o perfil de alteração do solo da área possui uma boa resistência ao cisalhamento. Na área norte foi possível identificar um significativo processo erosivo e escorregamento de solo devido a percolação de drenagem pluvial que ocorreu no local. Na Figura 31 é apresentado a constatação de uma voçoroca com cerca de 2 m de profundidade (SEIVA MONITORAMENTO LTDA, 2019).

Figura 31 - Voçoroca na área norte do empreendimento

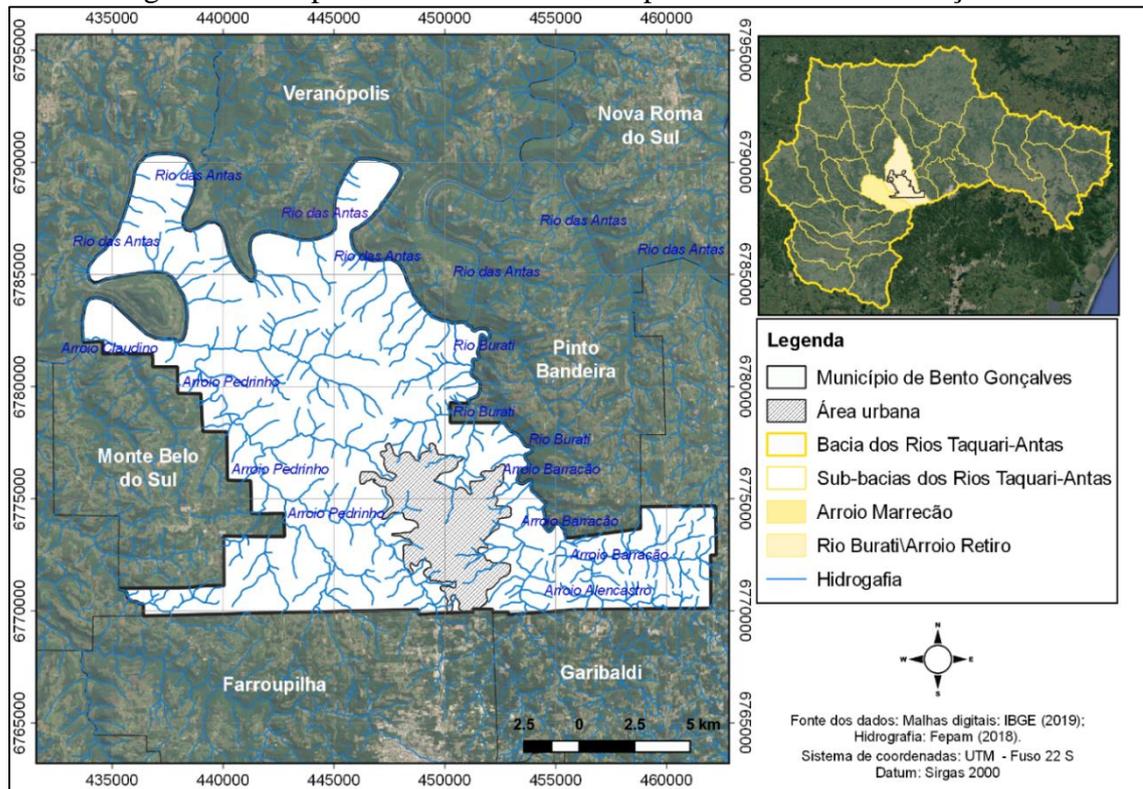


Fonte: Laudo Geológico Seiva Monitoramento LTDA (2019).

5.2.4 Recursos Hídricos

Na Figura 32, demonstra que a maior porção do território de Bento está inserido nos limites geomorfológicos da sub-bacia dos Rios Rio Burati/Arroio Retiro e, uma pequena parcela está inserida na sub-bacia do Arroio Marrecão (FEPAM, 2018), constam também os recursos hídricos que cruzam e circundam Bento Gonçalves, onde destacam-se: Arroio Pedrinho, Arroio Barracão, Arroio Claudino e Arroio Alencastro e, os rios lindeiros ao município, que são: Rio das Antas e Rio Burati.

Figura 32 - Mapa de recursos hídricos superficiais de Bento Gonçalves.

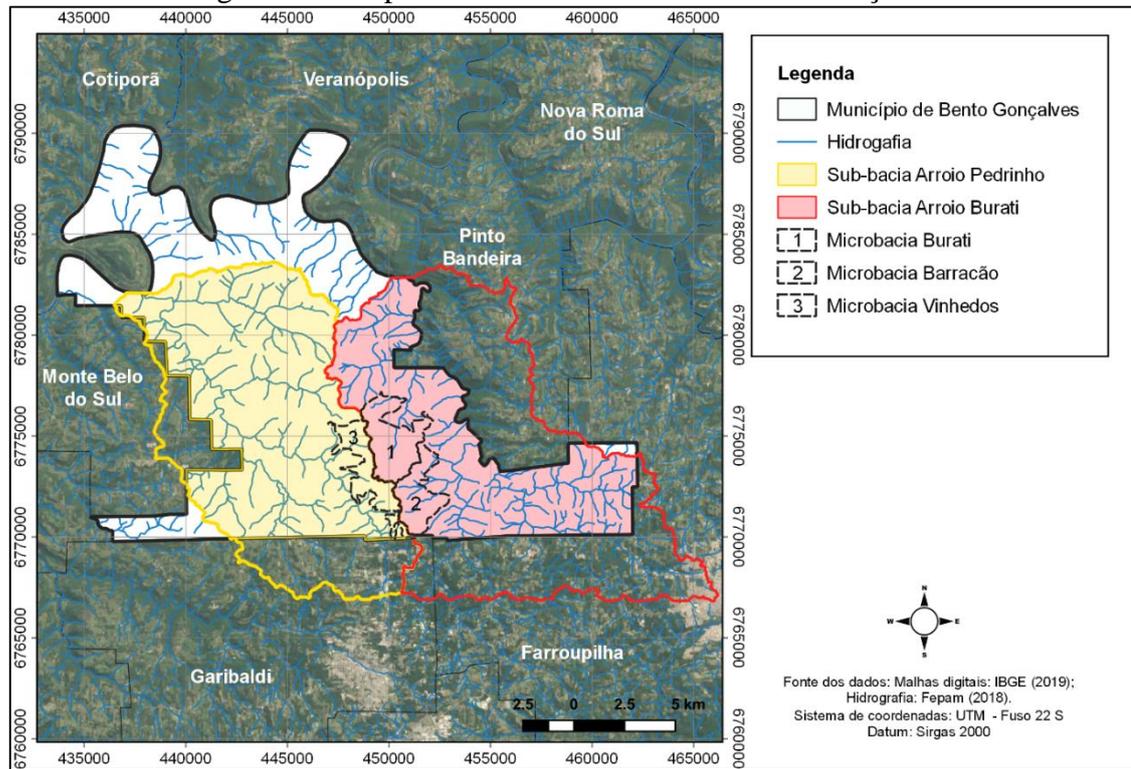


Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Conforme apresentado na Figura 33 o município está contido em seis diferentes sub-bacias municipais: Bacia do Rio Burati, Bacia do Arroio Pedrinho, Bacia do Arroio Claudino, Bacia Arroio Vinte e Dois, e outras duas Bacias do trecho Rio das Antas. Entretanto, visto que a Bacia do Arroio Pedrinho ocupa cerca de 112 km² e a Bacia do Arroio Burati 84 km², assim as mesmas são as mais abrangidas pelo município em questão territorial,

Além do mais, proveniente destas duas sub-bacias são formadas as três microbacias ocupadas pela área urbana: microbacia Burati, microbacia Barracão e microbacia Vinhedos (BENTO GONÇALVES, 2018).

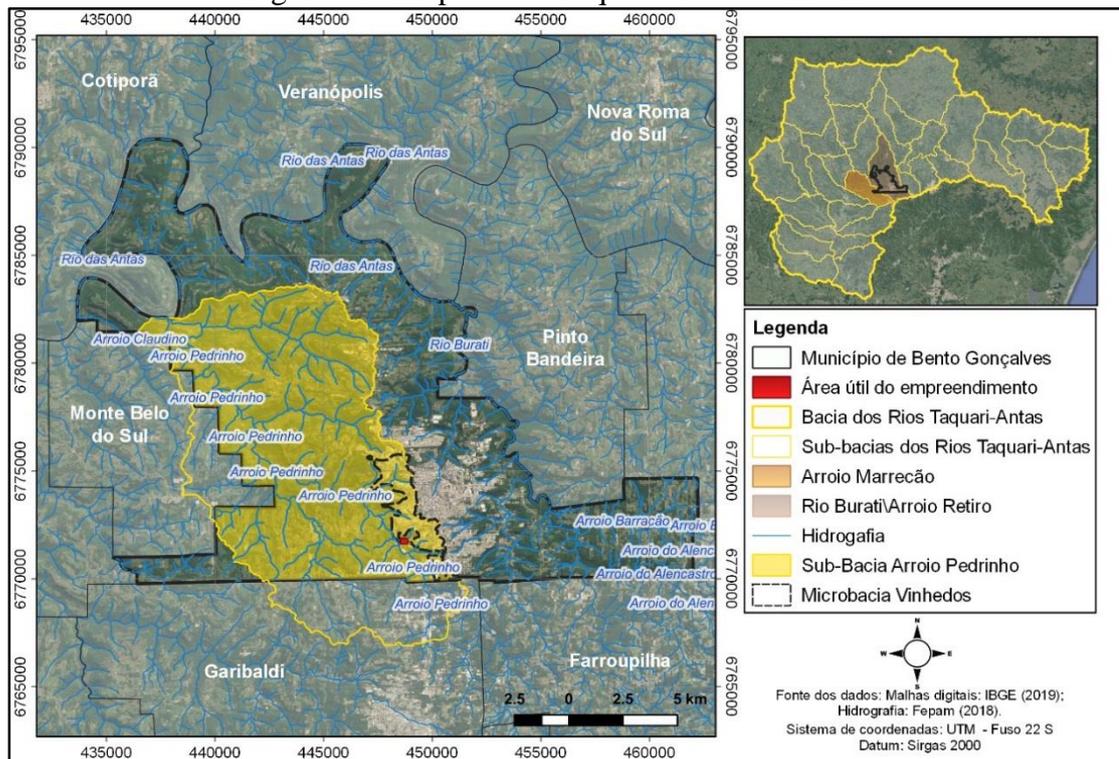
Figura 33 - Mapa de recursos hídricos de Bento Gonçalves.



Fonte: A autora (2020).

De acordo com o exposto na Figura 34, a área de implantação do empreendimento está localizada na Sub-Bacia Arroio Pedrinho e na Microbacia Vinhedos. Representando aproximadamente 27% do perímetro urbano atual a bacia dos Vinhedos ocupa uma área de 11,24km². (FELIPETTO, 2010)

Figura 34 - Mapa da bacia que a área está inserida



Fonte: A autora (2020).

Na área do empreendimento existe um córrego de aproximadamente 3 m de largura, conforme pode ser visto nas Figuras 35 e 36.

O corpo hídrico não irá sofrer interferência com a instalação do empreendimento, porém se faz necessário efetuar análises laboratoriais antes do início das obras de implantação, durante as obras e pós início da operação, para assim comprovar que a nova atividade inserida na área não interferiu na qualidade da água, caso ocorra alteração nas análises e que se comprove que seja proveniente as atividades da usina, deverá ser feita a reparação imediatamente.

Figura 35 - Córrego na área do empreendimento, vista norte



Fonte: A autora (2020).

Figura 36 - Córrego na área do empreendimento, vista sul



Fonte: A autora (2020).

5.2.5 Emissões Atmosféricas

Como forma de criar padrões da qualidade do ar, o Brasil instituiu a resolução do CONAMA n° 491/2018, que visa implementar parâmetros e ações de controle atmosféricos. No Rio Grande do Sul, a Diretriz Técnica n° 01/2018 emitida pela FEPAM, a qual estabelece condições e os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos a serem adotados para fontes fixas e dá outras providências, os limites máximos permitidos para emissão de poluentes atmosféricos de fontes fixas foram delimitados por poluente ou tipologia de fonte potencial de poluição do ar. Nesta mesma diretriz é sugerido que seja feito um monitoramento frequente dos poluentes mediante técnicas de amostragem, análises entre outras. Sendo importante ressaltar que esta diretriz foi baseada na Resolução CONAMA n° 491 de 2018.

Na Tabela 16 são apresentados os limites de emissão para tratamento térmico de resíduos estabelecidos na legislação exposta.

Tabela 16 - Limites de emissão para tratamento térmico de resíduos

Tratamento Térmico		Resíduos em geral ⁽²⁾
MP-total		70 (100 para crematórios)
Inorgânicos - Classe	I	0,28 ⁽¹⁾
	II	1,4 ⁽¹⁾
	III	7 ⁽¹⁾
CO		125 (100ppmv)
NOx (como NO2)		560
SOx (como SO2)		280
Compostos clorados inorgânicos (como HCL)		80 (até 1,8 kg/h)
Compostos fluorados inorgânicos (como HF)		5
Dioxinas e Furanos (como TEQ)		0,5 ng/Nm ³
Monitoramento - Amostragem	Parâmetros	Frequência
	Opacidade CO e O2	Contínuo
	Mp-total, NOx, SOx, Compostos clorados e fluorados	Semestral
	Inorgânicos	Anual
	Dioxinas e Furanos	A cada 2 anos

Fonte: Adaptado da Diretriz Técnica 01/2018 – FEPAM.

Na Tabela 17, são apresentadas informações complementares para análise e compreensão da Tabela 16.

Tabela 17 - Informações complementares dos limites emissão para tratamento térmico de resíduos

	Descrição
Opacidade	Não pode exceder 20% equivalente ao padrão 1 da escala <i>Ringelmann</i> , exceto na operação de partida do incinerador. Atendimento e avaliação contínua
(1)	Na soma
(2)	Para Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) classificados como infectantes, também devem ser atendidos os seguintes padrões de emissão, base seca, a 7% de oxigênio
	a) MP-total: 50 mg/Nm ³ para sistemas de incineração com capacidade maior que 1500 kg/dia;
	b) SOx (como SO ₂): 250 mg/Nm ³ ;
	c) Chumbo: 1,29 mg/Nm ³ para sistemas de incineração com capacidade de até 200 kg/dia; e 0,08 mg/Nm ³ para sistemas de incineração com capacidade superior a 200 kg/dia;
	d) Cádmio: 0,17 mg/Nm ³ para sistemas de incineração com capacidade de até 200 kg/dia; e 0,04 mg/Nm ³ para sistemas de incineração com capacidade superior a 200 kg/dia;
	e) Dioxinas e Furanos: 0,5 ng/Nm ³ , baseado no item 5.3.14 do Anexo da Resolução CONSEMA 009/2000.
Notas	I - Valores em mg/Nm ³ , exceto quando especificada outra unidade
	II – Todos os parâmetros em base seca, na condição referencial de oxigênio de 7 %.
	II - Dioxinas e Furanos: Dibenzo-p-dioxinas e Dibenzo-p-furanos, expressos em TEQ (total de toxicidade equivalente) da 2,3,7,8 TCDD (tetracloro-dibenzo-para-dioxina), considerando a Tabela 11
	IV – Atender ao Art. 29 da Resolução CONAMA 316/2002.
	V – Compostos clorados inorgânicos: todos os compostos de cloro inorgânicos, incluindo Cl ₂ e HCl.
	VI - Compostos fluorados inorgânicos: todos os compostos de flúor inorgânicos, incluindo sólido e gasoso.

Fonte: Adaptado da Diretriz Técnica 01/2018 – FEPAM.

Tabela 18 - Fatores de toxicidade equivalente

SUBSTÂNCIA	FATOR
<i>Dibenzeno-p-dioxinas</i>	
2,3,7,8-TCDD	1
1,2,3,7,8-PeCDD	0,5
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01
OCDD	0,001
<i>Dibenzeno-p-furanos</i>	
2,3,7,8-TCDF 0,1	0,1
1,2,3,7,8-PeCDF	0,05
2,3,4,7,8-PeCDF	0,5
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,01
OCDF	0,001

Fonte: Adaptado da Diretriz Técnica 01/2018 – FEPAM e Resolução CONAMA nº 316/2002

Conforme a Resolução CONAMA 491/2018 o conteúdo mínimo para elaboração do relatório de avaliação da qualidade do ar em um empreendimento implantado ou a ser implantado são: 1. Descrição das características da região do estado e do Distrito Federal (condições meteorológicas, uso e ocupação do solo e outras características consideradas relevantes), 2. Descrição da rede de monitoramento, 3. Poluentes atmosféricos monitorados, 4. Redes de monitoramento, 5. Tipos de rede e parâmetros monitorados (rede automática e rede manual), 6. Metodologia de monitoramento, 7. Metodologia de tratamento dos dados, 8. Representatividade de dados (Rede Automático e Rede Manual), 9. Representatividade espacial das estações, 10. Descrição das fontes de poluição do ar, 11. Considerações gerais sobre estimativas de emissão de fontes móveis e fontes estacionárias, 12. Apresentação dos resultados quanto aos poluentes, 13. Medidas de gestão implementadas e 14. Referências legais e bibliográficas

Foram elaborados os itens de: descrição das características da região, descrição das fontes de poluição do ar e considerações gerais sobre estimativas de emissão de fontes móveis e fontes estacionárias. Devido a inconsistência nos dados de emissões atmosféricas apresentados para o processo de licenciamento, optou-se por não os utilizar para elaboração do presente estudo.

1. Descrição das características da região:

a) Condições Meteorológicas

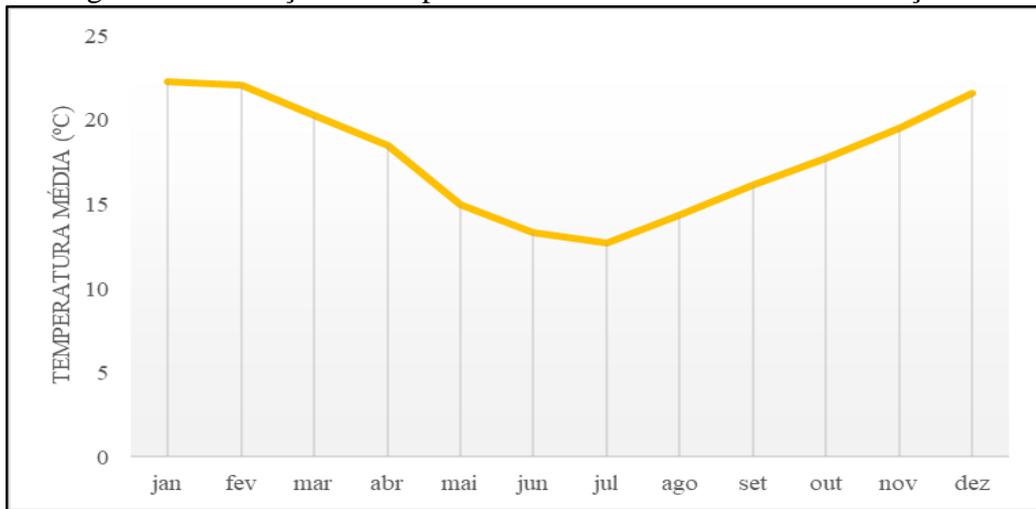
De acordo com Sentelhas *et al.* (2002) apud. Junges *et al* (2020) para efetuarmos uma caracterização climática, devemos definir os valores médios das variáveis meteorológicas em um conjunto de dados de no mínimo 30 anos, assim é possível descrever e analisar o clima local que representa o ritmo anual mais provável de ocorrência dos fenômenos atmosféricos.

Atualmente as características climáticas são calculadas a cada 10 anos em razão das rápidas alterações que estão ocorrendo no ambiente. Outra razão para se ter fixado estes períodos é para se garantir ser possível a comparações dos eventos climatológicos em todo o mundo, numa base de uniformidade (Szalai, 2019).

Com base no exposto e nos dados disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020) explorou-se valores médios da normal climatológica provisória de 10 anos, do período entre setembro de 2011 a setembro de 2020, dados esses da estação automática operante em Bento Gonçalves, com código de identificação A840, situada na latitude sul -29,164581 e longitude oeste -51,534202.

Na figura 37 é possível analisar que a temperatura média anual do município é de aproximadamente 17,8 °C, sendo o mês de janeiro caracterizado como o mais quente, com temperatura média de 22,27 °C, bem como o mês de julho como o mais frio, com temperatura média de 12,7 °C.

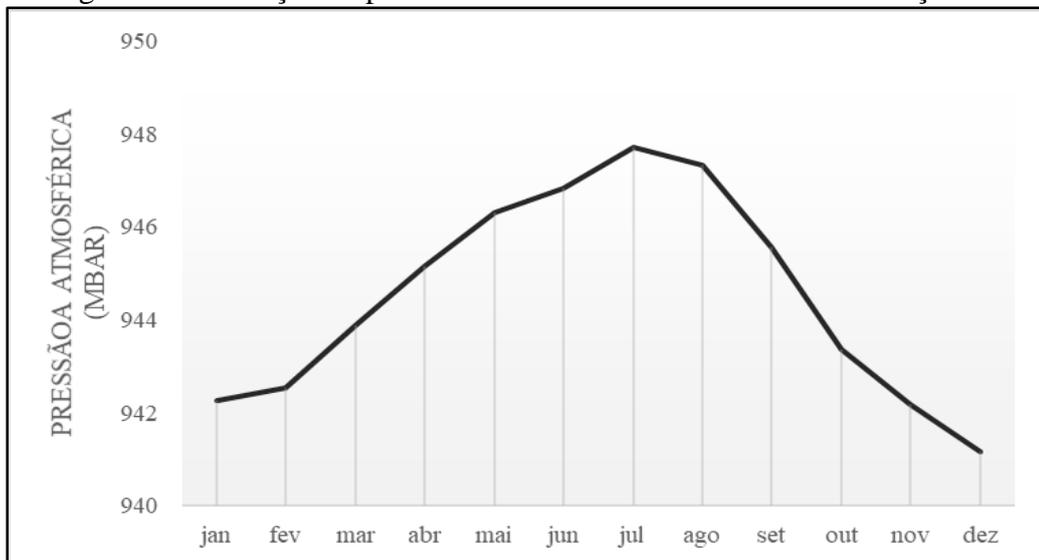
Figura 37 - Variação da temperatura média mensal em Bento Gonçalves



Fonte: elaborado pelo autor com base em INMET (2020).

Conforme apresentado na Figura 38, a pressão atmosférica no município tem seu pico no mês de julho, com valor de 347,70 mbar, e sua mínima no mês de dezembro, com valor de 941,20 mbar e possui uma média mensal é 944,50 mbar.

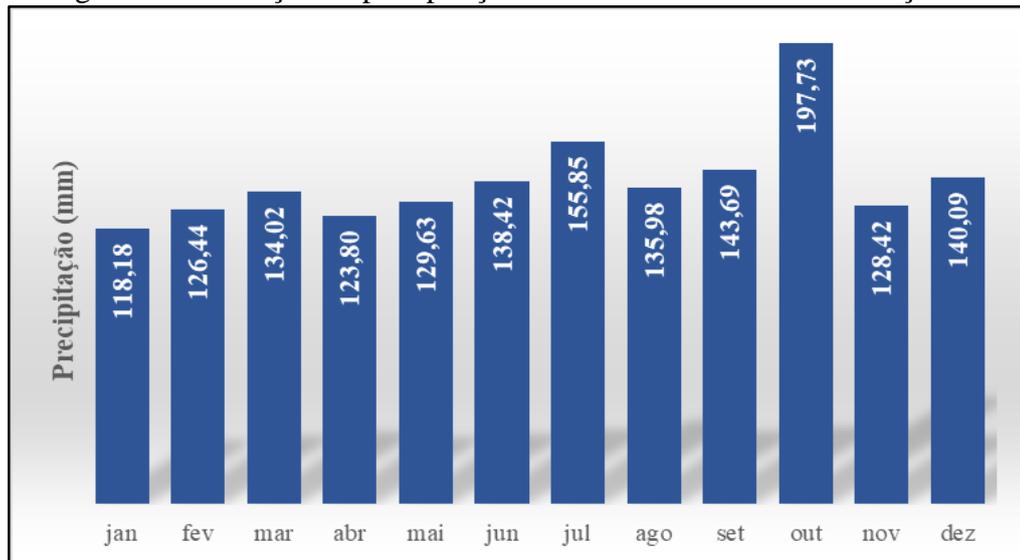
Figura 38 - Variação da pressão atmosférica mensal em Bento Gonçalves.



Fonte: elaborado pelo autor com base em INMET (2020).

A distribuição anual das chuvas sobre o município se conduz de maneira uniforme, sendo a precipitação média mensal de 139,40 mm, conforme Figura 39. O mês mais chuvoso é outubro, com precipitação média de 197,73 mm, enquanto janeiro caracteriza-se como o mês mais seco, com precipitação média de 118,18 mm. O volume total anual precipitado sobre Bento Gonçalves é de aproximadamente 1.672,20 mm.

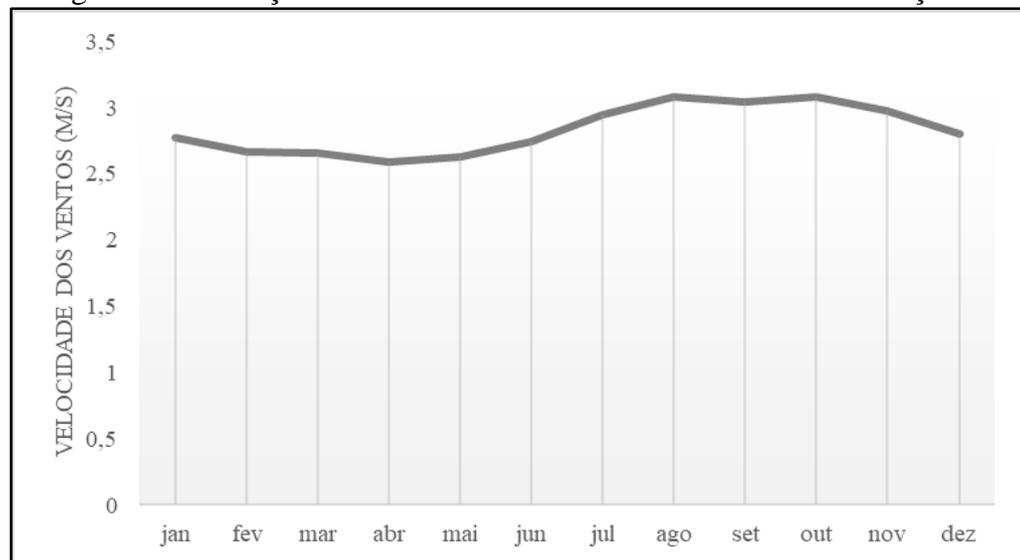
Figura 39 - Variação da precipitação média mensal em Bento Gonçalves.



Fonte: elaborado pelo autor com base em INMET (2020).

Conforme apresentado na Figura 40 há uma variação entre 2,59 m/s na velocidade do vento, que ocorre em abril, e 3,10 m/s, que ocorre em outubro, já a velocidade média dos ventos no município é 2,83 m/s.

Figura 40 - Variação da velocidade do vento mensal em Bento Gonçalves



Fonte: elaborado pelo autor com base em INMET (2020).

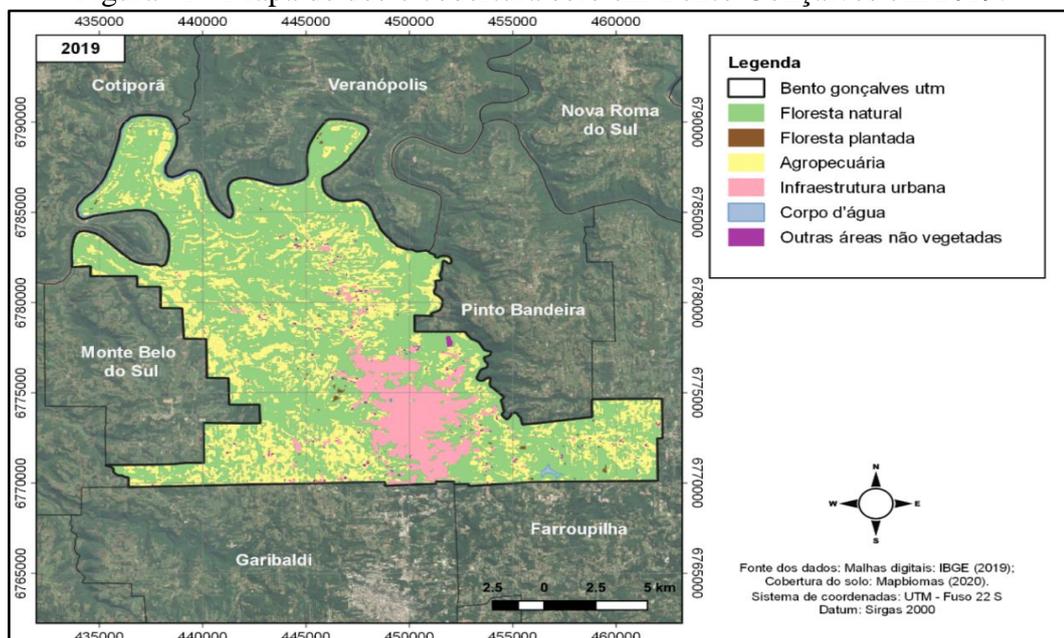
O clima do município é classificado como clima subtropical úmido em todas estações, diagnosticado assim com base nos valores médios de precipitação e temperatura média, principais variáveis do Modelo de Köppen-Geiger ⁸ (KÖPPEN & GEIGER, 1928).

Com total de chuva no mês seco maior que 30 mm, verão moderadamente quente, sendo o mês mais quente com temperaturas médias inferiores a 22 °C e o mês mais frio com temperatura média menor que 18°C (CARDOSO, *et al.*, 2014).

b) Uso e ocupação do solo

O mapa apresentado na figura 41 baseado em dados disponibilizados na plataforma MapBiomas (2019), este mapa aborda seis classes representativas: floresta natural, floresta plantada, agropecuária, infraestrutura urbana, corpo d'água e outras áreas não vegetadas. Ainda com base no MapBiomas (2019), é possível verificar que o município de Bento Gonçalves, possui 57,55% de seu território de floresta natural, 018% de floresta plantada, 31,09% agropecuária, 9,04% de infraestrutura urbana, 0,67% outras não vegetadas e 1,47% de corpos d' água.

Figura 41 - Mapa de uso e cobertura solo em Bento Gonçalves em 2019.

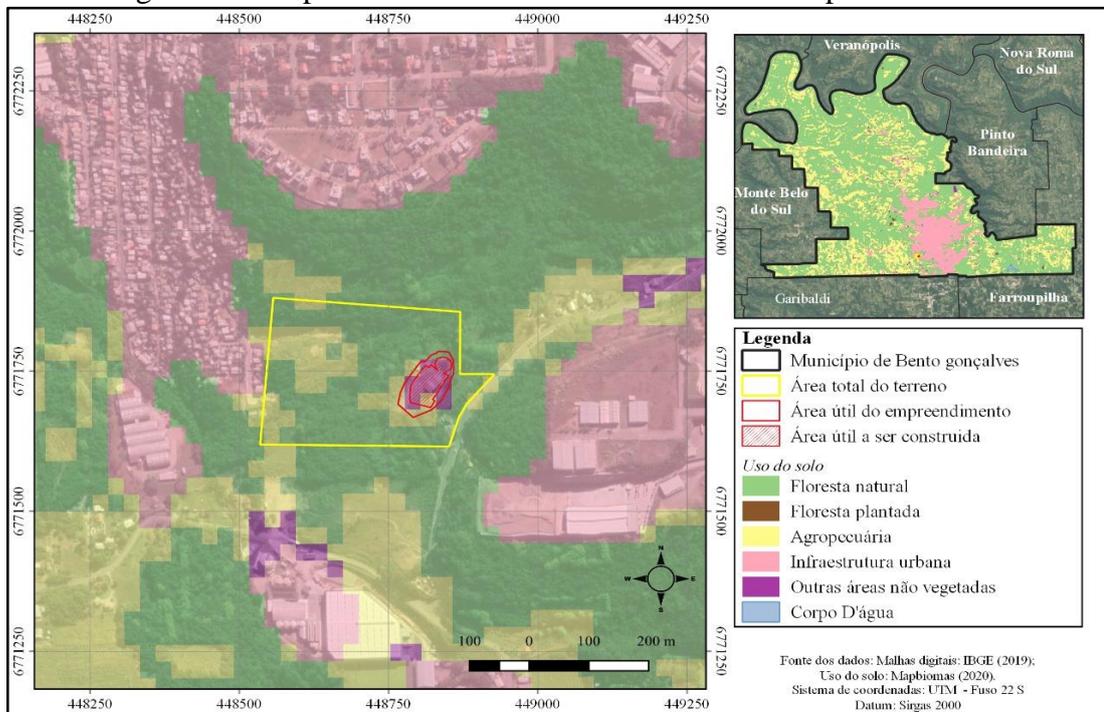


Fonte: elaborado pela autora (2020).

⁸Modelo de Köppen-Geiger: é uma classificação genérica, lançado pela primeira vez em 1900, onde Köppen relacionava o clima com a vegetação, a partir de critérios numéricos que definiriam os tipos climáticos, porém em algumas ocasiões esta classificação não apresenta parâmetros para distinguir quanto às regiões e biomas distintos.

Conforme apresentado na Figura 42, o mapa indica que a área onde será instalado o empreendimento e faz parte de outras áreas não vegetadas dentro da infraestrutura urbana.

Figura 42 - Mapa de uso e cobertura solo da área do empreendimento.



Fonte: elaborado pela autora (2020).

2. Descrição das fontes de poluição do ar

Em concordância com Reichert (2013), na tecnologia aplicada (pirólise) as principais emissões atmosféricas resultantes do processo são: óxidos de nitrogênio (NO), óxidos de enxofre (SO), monóxido de carbono (CO), material particulado (PM10), metais, gases ácidos, e dioxinas e furanos.

Ainda conforme o autor em todo o mundo esta tecnologia vem enfrentando grandes objeções devido o potencial de geração de chuvas ácidas resultantes da emissão dos gases citados anteriormente.

No empreendimento a ser instalado por não utilizar oxigênio no processo interno do reator, as emissões atmosféricas bem como os impactos ambientais provenientes a este processo são próximo de zero, conforme afirma Muniz (2020), onde é apresentado o projeto da empresa RTB Holding Energia, este mesmo projeto é o que será utilizado no município de Bento Gonçalves. Conforme apresentado por Muniz (2020) este tipo de equipamento utiliza catalizadores de ar, os quais tem como principal função a neutralização dos gases ácidos.

Considerando que o empreendimento será instalado em uma área determinada a fonte de emissão será classificada como fixa, onde de acordo com o MMA (2020) é o tipo de fonte que ocupa uma área parcialmente restringida, permitindo assim uma avaliação direta na fonte.

5.2.6 Geração de Resíduos Sólidos

O tipo de tecnologia empregada na Usina para tratar RSU não produz resíduos perigosos, como por exemplo cinzas voláteis, que contêm alta concentração de dioxinas e furanos. Assim, os resíduos sólidos provenientes da atividade são basicamente os metálicos, que não tenham sido separados nas etapas prévias, e o resíduo inerte proveniente da conversão de hidrocarboneto em carvão, carvão este conhecido como *biochar*.

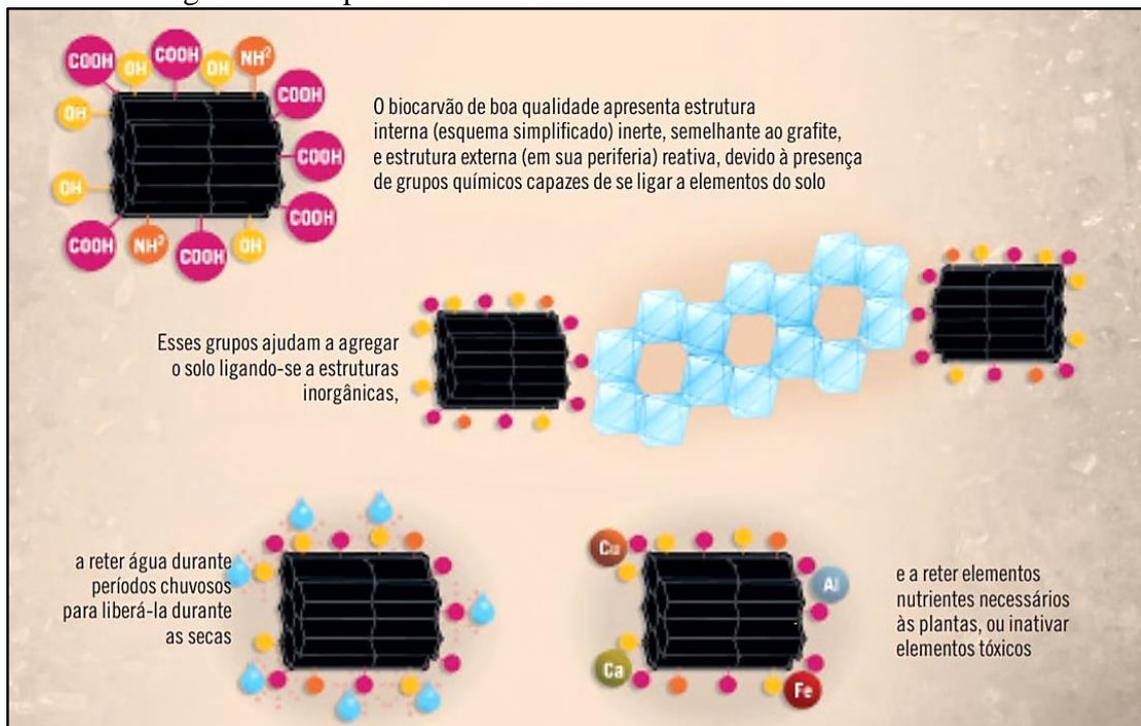
A formação deste *biochar* é o resultado do rompimento das cadeias de hidrocarboneto que quando rompidas dentro do reator de pirólise geram hidrogênio que vira gás e o carbono que precipita virando o carvão, o qual pode ser utilizado na fertilização de quase todos os tipos de solo (PEDROZA, et al. 2017).

Com base no projeto apresentado à FEPAM, pela Prefeitura de Bento Gonçalves, o processo de transformação de resíduo sólido urbano em energia elétrica, irá resultar em cerca de 10%, ou seja, aproximadamente 13 toneladas diárias de biocarvão, mais conhecido como *biochar*, onde este montante será armazenado em um pátio de deposição temporário de 180 m², antes de ser destinado.

De acordo com Basu (2010) apud Rocha (2016) o *biochar* é composto por aproximadamente 85% de carbono e possui poder calorífico inferior (PCI) de 32 MJ.kg⁻¹, sendo que, conforme Alho *et al.* (2011) o *biochar* é altamente resistente à oxidação térmica, química e foto⁹. Devido esta característica sua incorporação ao solo é um mecanismo importante e sustentável, onde pode ser usado para efetuar a correção do solo rico em carbono efetuando o sequestro de carbono. Na Figura 43 é possível verificar alguns benefícios do uso do biocarvão no solo.

⁹ Foto-oxidação: é a degradação de uma superfície de polímero, na presença de oxigênio ou ozônio. O efeito é facilitado por energia radiante tais como raios UV ou luz artificial. Este processo é o fator mais significativo nas intempéries de polímeros, sendo uma alteração química que reduz o peso molecular do polímero.

Figura 43 - Importância e benefícios do uso do biocarvão no solo



Fonte: MANGRICH, MAIA e NOVOTNY (2011).

Conforme o exposto, possivelmente todo biocarvão gerado no processo de pirólise do empreendimento será destinado para incorporação ao solo, sendo que na região de implantação da Usina, com base no DATASEBRAE (2020) existe cerca de 1.133 propriedades rurais, responsáveis por plantar 5.410 hectares em 2018, onde aproximadamente 80% são utilizados para o plantio da uva, seguido de milho, tangerina, laranja e pêsego.

Contudo antes da incorporação ao solo das propriedades rurais, será necessário efetuar análises laboratoriais, as quais deverão comprovar a inexistência de metais pesados, óleos, solventes, fertilizantes, medicamentos, dentre outros compostos perigosos, visto que apesar da previa segregação e seleção de materiais que serão introduzidos no processo de pirólise, deverá se trabalhar com uma possível falha podendo ocorrer a inserção destes materiais contaminados no processo. Caso o resultado das análises identificar a presença de algum contaminante a orientação é buscar uma destinação correta, tal como coprocessamento¹⁰. Sendo importante ressaltar que todas as análises realizadas devem ser aprovadas por um Engenheiro Agrônomo o qual irá avaliar se o resíduo poderá ser incorporado ao solo.

¹⁰ O coprocessamento reutiliza os resíduos sólidos industriais para ser fonte de energia de fornos de cimentos, ajudando a reduzir a produção de CO₂. A técnica utilizada no coprocessamento de resíduos sólidos é a técnica de **Blendagem**, na qual se misturam os materiais até alcançar uma consistência homogênea para ser reutilizada.

5.3 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

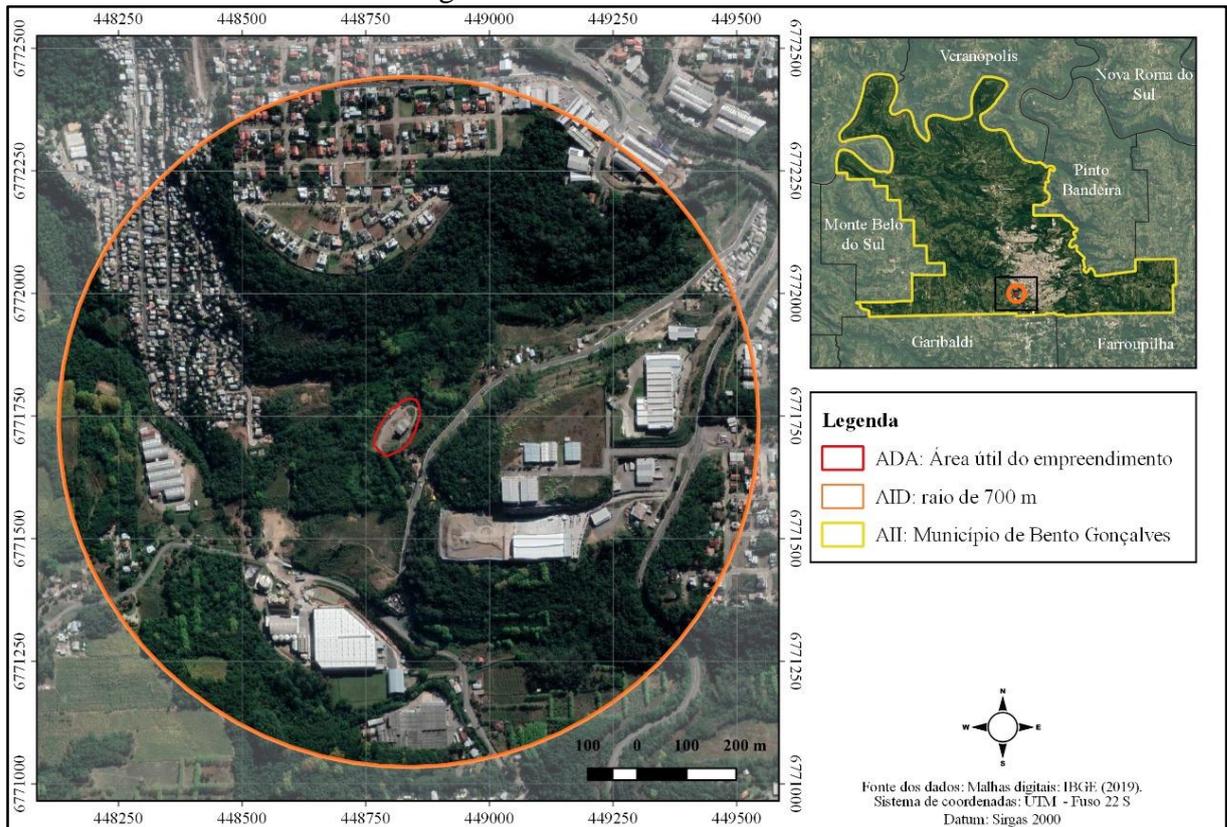
Neste item será apresentado a análise geral efetuando uma breve síntese dos principais aspectos e impactos ambientais, bem como possíveis ações mitigadoras.

5.3.1 Avaliação de impacto ambiental

Conforme apresentado na Figura 44, verificou-se as áreas de influência onde definiu-se como ADA a área útil do empreendimento, onde a usina será instalada; AID a área abrangida dentro do raio de 700 m de distância da ADA, onde foi avaliado que devido a dispersão da pluma de contaminação atmosférica poderá ser área indiretamente afetada, bem como devido ao fluxo de veículos durante o período de instalação e operação do empreendimento e a AII como sendo o município de Bento Gonçalves no qual a área de implantação está inserida.

Torna-se importante ressaltar que os aspectos físicos e bióticos da ADA, AID e AII já estão apresentados no item 5.2 ANÁLISE DE VIABILIDADE AMBIENTAL deste presente estudo. Já os aspectos socioeconômicos das áreas de influência são apresentados no item 5.3.1.1 – Aspectos Socioeconômicos.

Figura 44 - Áreas de influência



Fonte: elaborado pela autora (2020).

5.3.3.1 Aspectos Socioeconômicos das Áreas de Influência

Neste item são apresentados os aspectos socioeconômicos das três áreas de influência indicadas anteriormente (ADA, AID e AII).

5.3.3.1.1 Aspectos Socioeconômicos ADA

A área definida como ADA, está situada na região sul do município de Bento Gonçalves, tendo como principal e único acesso pela rua Davile Sandrin, sendo que o final desta rua se dá na RS – 444. Esta RS é um dos pontos de acesso ao Vale dos Vinhedos, um conhecido e frequentado ponto turístico do município. Na área de implantação da usina existem 02 residências as quais sofrerão influência direta em todos os aspectos com a construção do empreendimento.

5.3.3.1.2 Aspectos Socioeconômicos AID

Conforme informado anteriormente e indicado no mapa da Figura 44, a AID está num raio de 700 m da ADA, foi determinado este raio, tendo em vista que resultara da operação do empreendimento emissões atmosféricas, bem como durante a implantação do mesmo, irá ocasionar um aumento no fluxo de veículos e geração de ruídos. Dentro deste raio é possível verificar a existência de residências de diversas classes sociais, indústrias e comércios.

Importante ressaltar que as maiores mudanças se darão durante a fase de implantação, onde o fluxo de caminhões, a geração de ruídos e poeiras irão aumentar devido aos processos de construção do empreendimento, o que poderá afetar os cidadãos deste raio de influência.

5.3.3.1.3 Aspectos Socioeconômicos AII

Tendo em vista que a AII definida foi o município de Bento Gonçalves, os aspectos socioeconômicos foram apresentados na caracterização do município elaborada no item 4.1.2 Município de Bento Gonçalves do presente estudo.

5.3.2 Identificação e Avaliação de Impactos

No Quadro 1 é apresentado os resultados com base na utilização do método de Check List, onde os impactos foram elencados por fase de projeto, a autora buscou elencar de uma forma geral todos impactos que possivelmente possam vir a acontecer durante a fase de planejamento, implantação e operação da instalação do empreendimento.

Quadro 1 - Método Check List de avaliação (continua)

Impacto	Fase do Projeto		
	Planejamento	Implantação	Operação
POSITIVO			
Geração de empregos temporários	X	X	
Geração de empregos fixos			X
Redução de custos com energia elétrica ao município.			X

(conclusão)

Impacto	Fase do Projeto		
	Planejamento	Implantação	Planejamento

Redução de custos com transporte de resíduos.			X
Melhoria na logística da coleta e destinação dos resíduos			X
Eliminação do passivo ambiental (disposição de resíduos em aterro sanitário).			X
Melhoria nas condições sanitárias de trabalho dos colaboradores das associações.			X
Melhoria da infraestrutura		X	X
Aumento da renda local	X	X	X
NEGATIVOS			
Impacto	Fase do Projeto		
	Planejamento	Implantação	Planejamento
Geração de resíduos sólidos.		X	X
Movimentação do solo e alteração da topografia local.		X	
Geração de ruídos e vibrações		X	X
Aumento no fluxo de veículos na rodovia de acesso devido transporte de pessoal e equipamentos		X	X
Emissões atmosféricas		X	X
Atropelamento de fauna		X	X
Alteração na qualidade do ar		X	X
Impermeabilização do solo			X
Contaminação do solo		X	X
Assoreamento		X	X
Alteração da qualidade e fluxo da água superficial		X	X
Contaminação de água subterrânea.		X	X
Aumento da incidência de dispersão de espécies exóticas		X	X
Alteração da paisagem natural		X	
Alteração na mobilidade urbana		X	X
Ocorrência de Acidentes de Trabalho e de Doenças Ocupacionais		X	X
Falta de insumo para operação do processo.			X

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

A partir do método empregado, é possível observar que na fase de planejamento são elencados mais impactos positivos do que negativos e na fase de implantação e operação apresentam diversos impactos tanto positivos como negativos. Para os impactos negativos

deverá ser aplicadas ações mitigadoras, bem como elaboração de programas para melhor organização destas ações.

5.3.3 Programas ambientais e ações mitigadoras

Tendo em vista a necessidade da redução dos impactos negativos que ocasionaram a implantação e operação do empreendimento serão elencados neste item os programas ambientais e medidas mitigadoras utilizados para prevenir ou mitigar os impactos identificados.

No Quadro 02 é apresentado os programas ambientais definidos pela autora para a fase de implantação do empreendimento.

Quadro 2 - Programas e medidas mitigadoras da fase de implantação

(continua)

Programa e medida	
Programa de comunicação social: visa informar a comunidade da AID e AII.	<ul style="list-style-type: none"> - Deverá ser informada a população residente das áreas de influência (AID e AII), sobre o início das obras, esta divulgação se dará por meio de placas de sinalização, comunicação em mídias como rádio, televisão, redes sociais como Facebook e Instagram, bem como jornais do município. - Deverá ser criado um contato, tanto telefônico quanto por meio eletrônico para que a população tenha uma maneira de tirar dúvidas e entrar em contato com os responsáveis pela obra caso necessite.
Programa de acompanhamento da população atingida: este programa visa atender a população existente na AID do empreendimento	<ul style="list-style-type: none"> - Por meio de pesquisas públicas, deverá ser feito trimestralmente uma pesquisa aos moradores da AID do empreendimento, visando mostrar que não há intenção de alterar a rotina dos moradores do entorno, bem como criar um vínculo direto entre população e empreendimento. - Com base nas pesquisas/entrevistas efetuar planos de ação para que não seja alterada o dia a dia dos moradores em virtude da instalação do empreendimento.
Programa de monitoramento de fauna: este programa visa reduzir os impactos causados na fauna existente na área de implantação da usina.	<ul style="list-style-type: none"> - Deverá ser feito um corredor ecológico o qual conduza a fauna para a área de APP existente no local, durante toda fase de instalação do empreendimento, poderá ser feito com rede; - Deverá ser feito o levantamento descritivo e fotográfico de toda fauna morta por atropelamento ou acidente ocasionado pela obra; - Toda e qualquer fauna que sofrer algum acidente que seja proveniente a alguma ação da obra deverá receber atendimento no local ou deverá ser encaminhado para atendimento especializado imediatamente.

(conclusão)

Programa e medida	
Programa de monitoramento de resíduos: este programa visa efetuar o gerenciamento adequado dos resíduos gerados.	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil. - Colocar lixeiras identificadas conforme Resolução CONAMA nº 275/2001, a qual estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. - Contratar empresas que estejam licenciadas pela FEPAM ou município para destinação dos resíduos. - Efetuar treinamento para correta segregação com todos colaboradores envolvidos na obra.
Programa de monitoramento dos recursos hídricos: este programa visa minimizar os impactos causados nas águas superficiais e subterrâneas.	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar coleta e análise de águas superficiais antes do início das obras e durante a fase de implantação, estas análises deverão ser realizadas trimestralmente, visto que se os parâmetros analisados sofrerem alguma alteração significativa as obras deverão ser paralisada e ser feita a busca e correção da causa para se dar continuidade. - Realizar o monitoramento da biota aquática, para acompanhamento.
Programa de reposição florestal: o objetivo deste programa é fazer com que nenhuma vegetação nativa ou exótica sofra alteração significativa com a implantação da Usina	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar um levantamento de todas espécies nativas na ADA da instalação empreendimento. - Caso necessite o manejo de alguma espécie arbórea nativa efetuar o devido transplante e monitoramento da mesma. - Se necessário o corte de alguma espécie nativa, deverá ser feita a compensação conforme diretrizes municipais.
Programa de controle de ruídos: visa minimizar as emissões de ruídos durante o período de implantação.	<ul style="list-style-type: none"> - Efetuar treinamento aos colaboradores da importância e obrigatoriedade do uso de EPI's de proteção. - Disponibilizar protetores auriculares aos colaboradores e aos visitantes da obra. - Os equipamentos deverão ser usados por um período de tempo que não prejudique a audição do colaborador
Programa de controle de emissões atmosféricas: visa evitar a emissão de poluente atmosféricos.	<ul style="list-style-type: none"> - Todo transporte e equipamento que emita algum tipo fumaça deverá passar por inspeção, esta inspeção deverá ser feita por um colaborador treinado e deverá ser utilizado o cartão de Índice de Fumaça Tipo Ringelmann Reduzido, para medição da densidade aparente da fumaça emitida de fontes estacionárias ou por veículos. - Só poderá estar em operação na obra os equipamentos que passarem na inspeção.

Fonte: elaborado pela autora (2020).

No Quadro 3 são apresentados os programas ambientais definidos para a fase de operação da Usina, sendo importante ressaltar que alguns programas já elencados na fase de implantação foram mantidos, porém apenas adaptados para a fase de operação.

Quadro 3 - Programas e medidas mitigadoras da fase de operação

<p>Programa de comunicação social: visa informar a comunidade da AID e AII.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Deverá ser mantido o meio de comunicação entre população e empreendimento. - Manter a comunicação caso ocorra algum problema com a operação do empreendimento que venha a afetar diretamente a população.
<p>Programa de acompanhamento da população atingida: este programa visa atender a população existente na AID do empreendimento</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Poderá ser modificada a periodicidade da pesquisa pública a qual deverá ser feita pelo menos uma vez ao ano durante os 10 primeiros anos de operação, bem como mantido os planos de ação caso o resultado da pesquisa não seja satisfatório.
<p>Programa de Educação Ambiental: este programa visa educar a população e os colaboradores no âmbito ambiental.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Efetuar treinamentos/palestras semestrais a todos colaboradores envolvidos no processo, visando a demonstração e instrução aos mesmos da importância de cuidar do meio ambiente. - Entregar cartilhas educativas para melhor entendimento.
<p>Programa de monitoramento de fauna: este programa visa reduzir os impactos causados na fauna existente na área de implantação da usina.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Manter o atendimento emergencial a toda fauna que por um acidente oriundo da operação do empreendimento venha se machucar ou vir a óbito.
<p>Programa de monitoramento de resíduos: este programa visa efetuar o gerenciamento adequado dos resíduos gerados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos o qual deverá ser seguido; - Elaboração e aplicação de coleta seletiva com base na CONAMA 275/2001; - Instalação de um ponto de coleta de resíduos; - Emitir MTR para todo e qualquer resíduo que for transportado para fora do empreendimento proveniente do processo, tanto produtivo como de higienização.
<p>Programa de monitoramento dos recursos hídricos: este programa visa minimizar os impactos causados nas águas superficiais e subterrâneas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - As análises de água superficiais deverão se manter semestralmente, para fins de controle durante os primeiros 10 anos de operação, após deverá ser realizada 1 vez ao ano.
<p>Programa de controle de emissões atmosféricas: visa evitar a emissão de poluente atmosféricos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Deverá ser realizado semestralmente o controle de emissões, realizado por empresa terceirizada e licenciada para tal atividade, visando comprovar a não emissão de poluentes fora dos padrões estabelecidos na Diretriz Técnica 01/2018 – FEPAM

Fonte: elaborado pela autora (2020).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É de suma importância a realização de uma análise de viabilidade tanto ambiental quanto econômica quando se tem por interesse a implantação de qualquer empreendimento, seja ele de pequeno ou grande porte.

Visto a necessidade de implantação de novas tecnologias para o tratamento de resíduos sólidos urbanos, a alternativa de Pirólise Lenta por Tambor Rotativo é novidade no Brasil, sendo que atualmente apenas um protótipo opera em um município no estado de São Paulo, com base nisto a intenção do município de Bento Gonçalves em ser o pioneiro a operar esta tecnologia no estado do Rio Grande do Sul é um grande desafio.

Desafio esse que se inicia no processo de obtenção de Licença Prévia junto ao órgão regulador (FEPA) onde deve ser apresentado diversos documentos para que se dê andamento ao projeto, ao efetuarmos a análise de viabilidade ambiental do mesmo, é analisado que existem divergências nas documentações entregues ao órgão, bem como laudos e estudos desatualizados o que acarreta num atraso na obtenção da licença, bem como no início das obras. Ainda em relação aos impactos ambientais provenientes da implantação e operação do empreendimento, é imprescindível a aplicação de programas ambientais para efetuar um controle e a mitigação dos mesmos. A área a ser implantada a usina é um local de rica vegetação, fauna, flora e recursos hídricos o que se deve aumentar ainda mais o controle e cuidados em relação ao meio ambiente.

Quando verificado a parte econômica do empreendimento é possível concluir que se realmente forem aplicados todos os itens propostos no projeto, bem como toda operação ocorrer de maneira como prevista, o tempo de retorno de investimento será rápido, podendo assim eliminar um passivo ambiental ao município, bem como gerar um lucro para o mesmo.

Em uma última análise fica evidente que se o projeto da Usina de Tratamento Térmico e Aproveitamento Energético sair do papel e de fato entrar em operação, o município de Bento Gonçalves será o primeiro de muitos municípios brasileiros a utilizarem esta tecnologia para resolver um problema que vem crescendo gradativamente a cada ano, que é a disposição incorreta de resíduos sólidos urbanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**. São Paulo, 2019, 68p. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019/>. Acesso em: 11 abr. 2020.

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2013**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2013.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2020.

ABRELPE e PLASTIVIDA. **Caderno Informativo Recuperação Energética de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2012. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/caderno-informativo-recuperacao-energetica/>. Acesso em 21 abr. 2020.

ALHO, Carlos Francisco Brazão Vieira; CROSS, Andrew; SOHI, Saran Paul; MAIA, Claudia Maria Branco de Freitas; NOVOTNY, Etelvino Henrique; LELIS, Roberto Carlos da Costa. ***Pyrolysis final temperature effects on biochar stability***. IX Encontro Brasileiro de Substâncias Húmicas. 2011. Sergipe. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/43212/1/2011-ClaudiaM-EBSH-Pyrolysis.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2020.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Consulta Pública nº 025/2019**. Brasília – DF. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/consultas-publicas?p_p_id=participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_ideDocumento=39240&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_tipoFaseReuniao=fase&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_jspPage=%2Fhtml%2Fpp%2Fvisualizar.jsp. Acesso em: 15 jun. 2020.

ANCAT – Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis. **Sobre a ANCAT**, 2019. Disponível em: <https://ancat.org.br/historico-da-ancat/>. Acesso em: 24 abr. 2020.

ANUÁRIO DA RECICLAGEM 2017- 2018. Disponível em: <https://ancat.org.br/wp-content/uploads/2019/09/Anua%CC%81rio-da-Reciclagem.pdf>. Acesso em: 26 jun.2020.

APREMAVI – Associação de Preservação do Meio Ambiente e de Vida. **Mata Atlântica**. Disponível em: <https://apremavi.org.br/>. Acesso em: 20 nov. 2020.

ARAÚJO, Liz Geise Santos de; LEAL, Carlos Roberto Moura Júnior; AMORIM, Eduardo Lucena Cavalcante de; SILVA, Jayne Araújo. **Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos dos Municípios Alagoanos de Inhapi, Delmiro Gouveia e Piranhas**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 15, n. 1, p. 21-32, jun./jun. 2018.

BASU, Prabir. *Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory*. Burlington: Ed. Elsevier, 2010.

BENTO GONÇALVES. **Lei Complementar nº 200, de 27 de julho de 2018**. Dispõe sobre a ordenação territorial do município de Bento Gonçalves e sobre a política de desenvolvimento municipal e de expansão urbana, aprova o plano diretor municipal e dá outras providências. Bento Gonçalves: Câmara Municipal [2018]. Disponível em: http://ipurb.bentogoncalves.rs.gov.br/uploads/downloads/Lei_Complementar_200.pdf Acesso em: 12 out. 2020.

BITTENCOURT, Felipe Ribeiro. **A pirólise como tecnologia para redução de emissões de gases de efeito estufa e sequestro de carbono: um estudo de caso do tratamento de resíduos de couro *wet blue***. 2007. 93p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/ENGD-7AAQ4P>. Acesso em: 05 jun. 2020.

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento. **Taxa de Juros de Longo Prazo - TJLP. 2020**. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/custosfinanceiros/taxa-juros-longo-prazo-tjlp>. Acesso em: 15 out. 2020.

BRASIL. **Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. 2007. Planalto, Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm. Acesso em: 20 out. 2020.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil**. São José dos Campos, 2008. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/documentos.php>. Acesso em: 03 out. 2020.

BRASIL. 2010. **Lei n.º 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: Senado Federal.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº s 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº s 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166 -67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. Planalto, Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 20 out. 2020.

BURATTO, William Gouvêa; SIEGLOCH, Ana Emília; AMARANTE, Juliana Aparecida Souza; MUNIZ, Rafael Ninno; COSTA, Valdeci José; RIBEIRO, Camilo Bastos; BESINELLA, Geovanny Broetto; GUERI, Matheus Vitor Diniz. *Latin American Journal of Energy Research – Lajer* (2017) v. 4, n. 1, p. 10 – 16 DOI: <http://dx.doi.org/10.21712/lajer.2017.v4.n1.p10-16>. Acesso em 27 set. 2020.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40-55. 2014. DOI: 10.5654/actageo2014.0004.0016. Disponível em: <https://revista.ufr.br/actageo/article/view/1384/1480>. Acesso em: 11 out. 2020.

CASTANHEIRA, Nelson Pereira. **Cálculo aplicado à gestão e aos negócios [livro eletrônico]**. 1º edição. Curitiba: Intersaberes, 2016.

CBO – Classificação Brasileira de Ocupações. **Trabalhadores da coleta e seleção de material reciclável**. Disponível em: <http://www.mtecbo.gov.br/cbosite/pages/pesquisas/ResultadoFamiliaHistoricoOcupacoes.jsf> >. Acesso em: 27 abr. 2020.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Manual para Elaboração de Estudos Ambientais com AIA**. v.02_19. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/wpcontent/uploads/sites/32/2019/12/Manual_EIA_RAP_v_02.pdf. Acesso em: 20 nov. 2020.

CHAMON, Rian Cardoso.; CARDOSO, Rodolfo; BARROS, Carlos Frederico. **Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos - Introduzindo uma nova tecnologia para o cenário brasileiro: Pirólise Lenta a Tambor Rotativo**. Congresso Fluminense de Engenharia, Tecnologia e Meio Ambiente. Niterói: UFF. 2013. Disponível em: http://www.telecomuff.com/uploads/6/9/4/8/6948141/conenge_2013.pdf>. Acesso em 07 set. 2020.

COBALCHINI, Magda Susana Ranzi. **Zoneamento ambiental e planejamento de bacias hidrográficas : estudo de caso - do local (Arroio Barracão, no município de Bento Gonçalves/RS) ao regional (região metropolitana da Serra Gaúcha)**. 2017. 203 f.: il. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Direito, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/2857/Dissertacao%20Magda%20Susana%20Ranzi%20Cobalchini.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 02 nov.2020.

COMTUR – Conselho Municipal de Turismo. Disponível em: <https://bento.tur.br/comtur/>. Acesso em: 22 nov. 2020.

CONCEIÇÃO, Rochele Santos, **Uso do método AHP na tomada de decisão para seleção de uma rota tecnológica aplicada ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no município de Caxias do Sul/RS**, 2018. 115f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 275/2001**. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Brasília: 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br>. Acesso em: 22 nov. 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 491/2018**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Brasília: 2018. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740>. Acesso em: 12 out. 2020.

CONTI, L. **La pirolisi: il processo, I punti di forza, le opportunità**. Cagliari, Itália: Università degli Studi di Sassari, 2009. Disponível em: https://www.sardegna.ricerche.it/documenti/13_116_20090512122455.pdf. Acesso em 07 set. 2020.

COSTA, Tancio Gutier Ailan; IWATA, Bruna de Freitas; CASTRO, Camila Portela de; COELHO, Juliana Vogado; CLEMENTINO, Gleide Ellen dos Santos; CUNHA, Laécio Miranda. **Impactos ambientais de lixão a céu aberto no Município de Cristalândia, Estado do Piauí, Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 3(4), p. 79-86. 2016. ISSN 2359-1412. DOI: <http://dx.doi.org/10.21438/rbgas.030408>. Acesso em: 17 jun. 2020.

COSTA, M.V.; CHAVES, P.S.V; OLIVEIRA, F.C. **Uso das Técnicas de Avaliação de Impacto Ambiental em Estudos Realizados no Ceará**. In: XXVIII Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação, Anais. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.intercom.org.br/papers/nacionais/2005/resumos/r0005-1.pdf>>. Acesso: 22 nov.2020.

CREMONEZ, Filipe Eliazar; CREMONEZ, Paulo André; FEROLDI, Michael; CAMARGO, Mariele Pasuch de; KLAJN, Felipe Fernandes; FEIDEN, Armin. **Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil**. Revista Monografias Ambientais - REMOA v.13, n.5, dez. 2014, p.3821-3830 Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria e-ISSN 2236 1308 - DOI:10.5902/2236130814689. Acesso em: 22 nov. 2020.

DATASEBRAE. **Perfil das Cidades Gaúchas 2020** - Bento Gonçalves. 2020. Disponível em: https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_Gauchas-Bento_Goncalves.pdf. Acesso em: 02 nov. 2020.

DURSO, Thainara Felix; LOPES, José Carlos de Jesus; OTTO, Henrique Rossi. A gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil: análise de produção científica brasileira, no período de 2006-2016. Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/19/anais/arquivos/415.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2020.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. [recurso eletrônico]. 3 ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: guia de orientação para governos municipais de Minas Gerais / Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte**, 2012. 163 p.; il. Disponível em: [http://www.resol.com.br/cartilhas/aproveitamento_energetico_de_rsu_guia_feam_\(2\).pdf](http://www.resol.com.br/cartilhas/aproveitamento_energetico_de_rsu_guia_feam_(2).pdf). Acesso em: 05 jun. 2020.

FEE, Fundação de Economia e Estatística. **Indicadores: Idese**. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. 2016. Disponível em:

<https://arquivofee.rs.gov.br/indicadores/indice-de-desenvolvimento-socioeconomico/>. Acesso em: 22 nov. 2020.

FEE, Fundação de Economia e Estatística. **DEEDADOS**. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. 2019. Disponível em: <http://feedados.fee.tche.br/feedados/>. Acesso em: 22 nov. 2020.

FELIPETO, Leane Maria. **A educação ambiental como forma de desenvolver a cidadania: investigação sobre a percepção ambiental dos estudantes do curso técnico em Enologia do IFRS – Bento Gonçalves (RS)** - 2010. 94 f.: il. Disponível em: <http://cursos.ufrrj.br/posgraduacao/ppgea/files/2015/07/Leane-Maria-Filipetto.pdf>. Acesso em: 04 out. 2020.

FEPAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER. **Base cartográfica do estado do Rio Grande do Sul, escala 1:25.000 – BCRS25**. Versão 1.0, Porto Alegre: 2018. Disponível em: http://ww2.fepam.rs.gov.br/bcrs25/Documentacao_Tecnica%20_v01_20180810.pdf. Acesso em: 04 out. 2020.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM) – **Diretriz Técnica nº 01/2018**. Estabelece condições e os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos a serem adotados pela FEPAM para fontes fixas e dá outras providências. Porto Alegre: 2018. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/CENTRAL/DIRETRIZES/DIRET_TEC_01_2018.PDF. Acesso em: 15 out. 2020.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM) - **Portaria nº 28, de 31 de maio de 2019**. Dispõe procedimentos para emissão de autorizações para manejo de fauna silvestre nos processos de licenciamento que tramitam nesta Fundação. Porto Alegre: 2019. Disponível em: <https://www.diariooficial.rs.gov.br/materia?id=282489>. Acesso em: 20 out. 2020.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Programas municipais de coleta seletiva de lixo como fator de sustentabilidade dos sistemas públicos de saneamento ambiental na região metropolitana de São Paulo** – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2010. 168 p. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/39040/Programas+municipais+de+colata+seletiva+de+lixo...+sao+paulo.pdf/c5d213c8-0e62-492e-ad96-d0efad398efa>. Acesso em: 03 mai. 2020.

GRISA, Daniela Cristina; CAPANEMA, Luciana. **Resíduos Sólidos Urbanos = Municipal solid waste**. In: PUGA, Fernando Pimentel; CASTRO, Lavínia Barros de (Org.). **Visão 2035: Brasil, país desenvolvido: agendas setoriais para alcance da meta / Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social**. v.1, p 435-437. Rio de Janeiro/ RJ. 2018. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/16284>>. Acesso em: 21 abr. 2020.

HENRIQUES, Rachel Martins. **Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Abordagem Tecnológica**. Rio de Janeiro 2004. 189 f. Tese de mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.limpezapublica.com.br/textos/rachelh.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse preliminar censo demográfico**. Rio de Janeiro, 2000 Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv49230.pdf>. Acesso em: 19 set. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Vegetação do Brasil. 2004**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 12 nov. 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do Censo Demográfico**. Rio de Janeiro, 2010 https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/308/cd_2000_v7.pdf. Acesso em: 19 set. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Acesso e uso de dados geoespaciais**. 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/bibliotecacatalogo?view=detalhes&id=2101675>. Acesso em: 03 out. 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do Censo Demográfico**. Rio de Janeiro, 2020. **Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo, Conceitos e métodos**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo.html?=&t=conceitos-e-metodos>. Acesso em: 18 out. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Banco de Dados Meteorológico**. 2020. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/#>. Acesso em: 12 out. 2020.

JUNGES, Amanda Heemann; SANTOS, Henrique Pessoa dos; GARRIDO, Lucas da Ressurreição; TONIETTO, Jorge. **Condições meteorológicas de junho e julho de 2020, prognóstico climático para o bimestre agosto-setembro e recomendações fitotécnicas para Viticultura**. Boletim Agrometeorológico da Serra Gaúcha, Edição Agosto de 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215325/1/FOLHETO-Publica-748-BOLETIM-Agrometeorologico-Jun-Jul-2020-versao-2020-08-14-11h.pdf>. Acesso em: 18 out. 2020.

KAZA, Silpa; LISA, Yao; PERINAZ, Bhada-Tata; FRANK, Van Woerden. 2018. **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**. Urban Development Series. Washington, DC: World Bank. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>. Acesso em 13 set. 2020.

LIMA, José Dantas de Lima; JUCÁ, José Fernando Thomé; REICHERT, Geraldo Antônio; FIRMO, Alessandra Lee B. 2014. **Uso de modelos de apoio à decisão para análise de alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos na Região Sul do Brasil**. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/esa/v19n1/1413-4152-esa-19-01-00033.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2020.

LIMA, Maria Soares de. **Reflexão sobre o projeto de uma usina de resíduos sólidos no município de Bento Gonçalves – RS**. Braz. J. Anim. Environ. Res., Curitiba, v. 2, n. 1, p.

601-605, jan./mar. 2019. Disponível em:
<http://brjd.com.br/index.php/BJAER/article/view/1445/1332>. Acesso em: 15 mar. 2020.

MACHADO, Camila Frankenfeld Incineração: **Uma Análise do Tratamento Térmico dos Resíduos Sólidos Urbanos de Bauru/ SP**, – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2015. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10013010.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2020

MANGRICH, Antonio S.; MAIA, Claudia M. B. F.; NOVOTNY, Etelvino H. Biocarvão As Terras Pretas de Índios e o sequestro de carbono. **Revista Ciência Hoje**. v.47, 2011. Disponível em:
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/894661/1/biocarvao281.pdf>. Acesso em: 03 out. 2020.

MANNARINO, Camille Ferreira; FERREIRA, João Albeto; GANDOLLA, Mauro. Contribuições para evolução do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil com base na experiência Européia. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**. v. 21, n. 2 (abr./jun. 2016), p. 379-385. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n2/1809-4457-esa-S1413_41522016146475.pdf. Acesso em: 19 abr. 2020.

MAPBIOMAS. **Brazil collection 5.0: Bento Gonçalves**. 2020. Disponível em:
<https://plataforma.mapbiomas.org/faq>. Acesso em: 03 out. 2020.

MEDEIROS, Roselice Duarte. **Proposta metodológica para Avaliação de Impacto Ambiental aplicada a projetos de usinas eólio-elétricas**. Dissertação de Mestrado – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: http://www.ipt.br/pos_graduacao_ipt/solucoes/dissertacoes/641-proposta_metodologica_para_avaliacao_de_impacto_ambiental_aplicada_a_projetos_de_usinas_de_geracao_eolico_eletricas.htm. Acesso em: 22 nov.2020

MERSONI, Cristina; REICHERT, Geraldo Antônio. Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida como técnica de apoio à decisão no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no município de Garibaldi/ RS. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v22n5/1809-4457-esa-22-05-00863.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2020.

MMA - Ministério Do Meio Ambiente. – Brasil/2020. **Coleta Seletiva** Disponível em:
<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis/reciclagem-e-reaproveitamento>. Acesso em: 01 mai.2020.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mata Atlântica**. Disponível em:
https://www.mma.gov.br/biomas/mata-atl%C3%A2ntica_emdesenvolvimento. Acesso em: 11 out. 2020

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Cidades Sustentáveis**. Disponível em:
<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/fontes-fixas.html>. Acesso em: 11 out. 2020

MNCR – Movimento Nacional Dos Catadores De Materiais Recicláveis – Brasil/2019 – **Quantos Catadores existem em atividade no Brasil?** Disponível em: <http://www.mnrc.org.br/sobre-o-mnrc/duvidas-frequentes/quantos-catadores-existem-em-atividade-no-brasil>. Acesso em: 01 mai. 2020.

MONTEIRO, Vitor Alberto Lemes, 2019. **Modelagem Termodinâmica de Gás de Síntese de Combustível Derivado de Resíduos Sólidos Urbanos com Simulações em Ciclos de Potência a Gás e Vapor**. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/27117/4/ModelagemTermodin%20micaG%20a%20s.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2020.

MOREIRA, A. M. M. *Risks and health hazards of workers in recycling sorting facilities*. 2017. Thesis (Doctorate in Science) - School of Public Health, University of São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-5016062017141530/publico/AnaMariaManieroMoreiraREVISADA.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2020.

MUNIZ, R. N. **Desafios e Oportunidades para o Acesso Universal à Energia Elétrica na Amazônia**. 2015. 170 f. Universidade Federal do Pará, 2015. Disponível em: <https://inddra.com/wp-content/uploads/2019/06/MUNIZ-Mestrado-PPGEE-UFPA.pdf>. Acesso em 07 set. 2020.

MUNIZ, Rafael. **Pirólise como solução sustentável para pequenas e médias aplicações. 3º Webinar ABREN: 2º Dia – Pirólise**. Maio 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=t-NbjZpCo5g&t=3706s>. Acesso em 07 set. 2020.

NALINI, José Eduardo. **Mercado de reciclagem do lixo no Brasil: Entraves ao desenvolvimento**. São Paulo, 2008. Programa de estudo de pós-graduação em economia política da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC- SP). Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/9356#preview-link0>. Acesso em: 03 mai. 2020.

OLIVEIRA, M.L.; CABRAL, L.L., LEITE, M.C.A.M.; MARQUES, M.R.C. Pirólise de resíduos poliméricos gerados por atividades offshore. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 19, n.4, p. 297-304, 2009. Disponível em: <https://revistapolimeros.org.br/journal/polimeros/article/doi/10.1590/S0104-14282009000400009>. Acesso em: 05 jun. 2020.

OLIVEIRA, Luiz Felipa Nunes de. 2018. **Análise da viabilidade econômica e especificações técnicas de um processo de pirólise lenta**. Trabalho de conclusão de curso para obtenção do título de Graduação em Engenharia Mecânica. Disponível em: <http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/4584>. Acesso em 07 set. 2020.

OLIVEIRA, Erick Meira de; FRADE, Diego de Carvalho. **FINEP e seu Papel na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil**. Junho de 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.

ORTH, Maria Helena de Andrade. **O Futuro da recuperação energética no Brasil**. Revista Limpeza Pública, v. 84, p 14, 2013. Disponível em: http://www.ablp.org.br/revistaPDF/edicao_0084.pdf. Acesso em: 15 mar. 2020.

PEDROZA, Marcelo Mendes; GOMES, Magda Cristina Ferreira de Araujo; PAZ, Elaine Cunha da Silva; PEDROSA, Argemiro Lima; VIEIRA, Gláucia Eliza Gama; SOARES, João Evangelista Marques et al., **Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos Urbanos em Processo de Pirólise**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.6, n.2, p. 184-207, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/46577>. Acesso em: 10 mar. 2020.

PEREIRA, Bruna Cristina Jaqueto. GOES, Fernanda Lira. **Catadores de materiais recicláveis: um encontro nacional**. Rio de Janeiro: Ipea, 2016. 562. p.: il., mapas color. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160331_livro_catadores.pdf. Acesso em: 19 abr. 2020).

PERS – RS, **Plano Estadual de Resíduos Sólidos**. Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/plano-estadual-de-residuos-solidos>. Acesso em: 15 jul. 2020.

PMBG – Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves – **Anexo I – Projeto Básico de Referência**. Setembro de 2018. Disponível em: http://ppps.bentogoncalves.rs.gov.br/uploads/downloads/1_-_ANEXO_I_-1.pdf. Acesso em: 25 jun. 2020.

PMBG – Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves – **Anexo III – Da Infraestrutura e Operação**. Outubro de 2018. Disponível em: http://ppps.bentogoncalves.rs.gov.br/uploads/downloads/4_-_ANEXO_IV_-_MODELAGEM_ECON+%c3%b6MICO-FINANCEIRA_-_OK.pdf. Acesso em: 25 jun. 2020.

PMBG – Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves – **Anexo IV – Modelagem Econômica-Financeira**. Outubro de 2018. Disponível em: http://ppps.bentogoncalves.rs.gov.br/uploads/downloads/3_-_ANEXO_III_-_DA_INFRAESTRUTURA_E_OPERA+%c3%a7+%c3%a2O_-_OK.pdf. Acesso em: 25 jun. 2020.

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. Disponível em: <https://lataci.org/journal/index.php/apprehendere/article/view/40/49>. Acesso em: 24 jun. 2020.

REICHERT, Geraldo Antônio. **Apoio à tomada de decisão por meio da avaliação do ciclo de vida em sistemas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos: o caso de Porto Alegre**. 2013. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/87557>. Acesso em: 15 out. 2020.

REICHERT, Geraldo Antônio; MENDES, Carlos André Bulhões. **Avaliação do ciclo de vida e apoio à decisão em gerenciamento integrado e sustentável de resíduos sólidos urbanos. 2014** DOI: 10.1590/S1413-41522014019000001145. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/esa/v19n3/1413-4152-esa-19-03-00301.pdf>. Acesso em: 25 jun.2020.

REZENDE, Jozrael Henriques; CARBONI, Marina; MURGEL, Mauricio Arruda de Toledo; CAPPS, Ana Luíza de Almeida Prado; TEIXEIRA, Heverton Leandro; SIMÕES, Gislaine Teresinha Capra; RUSSI, Reinaldo Rogério; LOURENÇO, Bruna Letícia Romero; OLIVEIRA, Cristina de Almeida. **Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP) – 2011**. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/esa/v18n1/a01v18n1.pdf>. Acesso em: 13 set.2020

RIBEIRO, Bárbara Maria Giacom; MENDES, Carlos André Bulhões. **Avaliação de parâmetros na estimativa de geração de resíduos sólidos urbanos**. Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. v. 7, n. 3 (ago. 2018), p. 422-443. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/188796>. Acesso em: 19 abr. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. 2014. **Lei n.º 14.528, de 16 de abril de 2014**. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Porto Alegre. 2014. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/filerepository/replegis/arquivos/lei%2014.528.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

ROCHA, André Luiz Losano. **Desenvolvimento de um reator de pirólise em escala de bancada para tratamento de resíduos sólidos urbanos**. 2016. 45 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7273/1/LD_COEAM_2016_2_01.pdf. Acesso em: 20 out. 2020.

SAFFER, Mario; DUARTE, Guilherme Augusto Araujo. **Estudo do estado da arte e análise de viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de uma usina de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com geração de energia elétrica no estado de minas gerais**. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento19/TrabalhosCompletoPDF/III-464.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2020.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2013. Disponível em: <http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/Avaliacao-de-impacto-ambiental-2ed-DEG.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2020.

SANTOS, Carlos Eduardo dos. **Potencial de desenvolvimento de biocombustível produzido a partir de bio-óleo da pirólise de papel moeda descartado**. 89 f. : il. ; 30 cm. Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2014. Disponível em: < <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/4067>> Acesso em: 27 mai. 2020.

SCHNEIDER et al., **Avaliação dos Impactos Ambientais e Econômicos nos Sistemas de Coleta Seletiva e Regular no Município de Bento Gonçalves**. Revista Limpeza Pública, v.62, p 6-11, 2006. Disponível em: http://www.ablp.org.br/revistaPDF/edicao_0062.pdf. Acesso em: 10 mar. 2020.

SEIVA MONITORAMENTO LTDA - **Laudo Descritivo Da Fauna para Licenciamento Ambiental Unidade de Pirólise para Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2019. Disponível em: <https://secweb.procergs.com.br/sra/mod-geral/historicoVw-list.xhtml>. Acesso em: 02 jul. 2020.

SEIVA MONITORAMENTO LTDA - **Laudo Geológico para Licenciamento Ambiental**. 2019. Disponível em: <https://secweb.procergs.com.br/sra/mod-geral/historicoVw-list.xhtml>. Acesso em: 02 jul. 2020.

SEMTUR – Secretaria Municipal de Turismo. 2020. Disponível em: <http://www.bentogoncalves.rs.gov.br/secretaria-de-turismo>. Acesso em: 22 nov. 2020.

SILVA, Elissando Rocha da; TONELI, Juliana Tófano de Campos Leite; BERECHÉ, Reynaldo Palacios. **Estimativa do potencial de recuperação energética de resíduos sólidos urbanos usando modelos matemáticos de biodigestão anaeróbica e incineração**. Eng. Sanit. Ambient. vol.24 no.2. pg 347-357 Rio de Janeiro Mar./Apr. 2019. DOI: 10.1590/S1413-41522019179023. Acesso em: 03 mai. 2020.

SMMAM – Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Bento Gonçalves – RS. Maio de 2020.

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação. **Áreas Protegidas**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/areas-protegidas.html>. Acesso em: 25 out. 2020.

SOARES, Alessandro Carlos Braun; MOURA, Fernando Caetano de; PRASS, Maurício. Avaliação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos de São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler**. – V. 5, n. 1, p.10, 2011 -. Porto Alegre: FEPAM 2011. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/fepamemrevista/downloads/Revista_V5N1_2011.pdf. Acesso em 13 set. 2020.

SOUZA, Marcelo Alves *et al.* **Lixo zero: por uma rota tecnológica alinhada às diretrizes da política nacional de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: https://ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/160331_livro_catadores_cap_18.pdf. Acesso em: 18 mar. 2020.

STAMM, Hugo Roger. **Método para avaliação de impacto ambiental (AIA) em projetos de grande porte: estudo de caso de uma usina termelétrica**. 284f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <http://ute.gesel.ie.ufrj.br/wp-content/uploads/2019/04/Stamm.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2020

SZALAI, Sándor - **Serviço meteorológico da Hungria (*Hungarian Meteorological Service*)**
Revisão científica: Dr. Ildikó Dobi Wantuch / Dr. Elena Kalmár. 2019. Disponível em:
http://klimat.czn.uj.edu.pl/enid/1__Condi__es_meteorol_gicas___frentes/_Condi__es_meteorol_gicas_e_Clima_2px.html. Acesso em: 18 out. 2020.

TÔRRES FILHO, Artur. **Aplicação do processo de pirólise para valoração, cogeração de energia e tratamento de resíduos**. Tese (doutorado) Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. 173 f., enc.: il. 2014. Disponível em:
<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/125M.PDF>. Acesso em: 05 jun. 2020.

TRENTIN, Adan William da Silva; BRAUN, Adéli Beatriz; RODRIGUEZ, Adriane Lawisch; LOPES, Diosnel Antonio Rodriguez. **Estudo da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos em Santa Cruz do Sul, Brasil**. Canoas, v. 13, n. 1, 2019.
Disponível em: <https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Rbca/article/view/3636> Acesso em: 18 out. 2020.