



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Faculdade de Ciências e Tecnologia - Câmpus de Presidente Prudente

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO PROFISSIONAL

FELIPE TSUYOSHI ISAAC KURIHARA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL METANOGÊNICO DE CHORUME GERADO EM
ATERRO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES: O CASO DO CONSÓRCIO
INTERMUNICIPAL DO PONTAL DO PARANAPANEMA (CIPP)**

Presidente Prudente – SP

2024

FELIPE TSUYOSHI ISAAC KURIHARA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL METANOGÊNICO DO CHORUME GERADO NO
ATERRO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DO CONSÓRCIO
INTERMUNICIPAL DO PONTAL DO PARANAPANEMA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – Mestrado Profissional, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP, câmpus de Presidente Prudente, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cristina Rizk

K96a

Kurihara, Felipe Tsuyoshi Isaac

Avaliação do potencial metanogênico de chorume gerado em aterro de resíduos sólidos domiciliares : O caso do Consórcio Intermunicipal do Pontal do Paranapanema (CIPP) / Felipe Tsuyoshi Isaac Kurihara. -- , 2024

110 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara,

Orientadora: Maria Cristina Rizk

1. Chorume. 2. Reaproveitamento Energético. 3. Biometano. 4. Economia. 5. Dióxido de carbono. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Faculdade de Ciências e Tecnologia - Câmpus de Presidente Prudente



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Presidente Prudente

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL METANOGENICO DE CHORUME GERADO EM ATERRO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES: O CASO DO CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DO PONTAL DO PARANAPANEMA (CIPP)

AUTOR: FELIPE TSUYOSHI ISAAC KURIHARA

ORIENTADORA: MARIA CRISTINA RIZK

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências, área: Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. MARIA CRISTINA RIZK (Participação Virtual)
Departamento de Planejamento Urbanismo e Ambiente / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - FCT/Unesp

Prof. Dr. FERNANDO SÉRGIO OKIMOTO (Participação Virtual)
Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - FCT/Unesp

Prof. Dr. JOAO PAULO PERES BEZERRA (Participação Virtual)
Campus Erechim / Universidade Federal da Fronteira do Sul

Presidente Prudente, 11 de abril de 2024

À minha família, minha companheira e amigos do trabalho. Dedico essa obra a vocês!

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Presidente Prudente, pela oportunidade que foi me proporcionada para poder cursar este Programa de Pós-graduação.

À Professora Dra. Maria Cristina Rizk, pelo aprendizado, orientação, paciência, confiança e ensinamentos.

A todos amigos de trabalho da Cocal Energia Responsável, em especial, João Antônio Santos, Giovani Bacarin e André Gustavo Alves da Silva.

Aos membros do Conselho e professores deste Programa de Pós-graduação, em especial ao Coordenador do PPGG-MP Professor Dr. Fernando Sérgio Okimoto e ao Professor. Dr. Antônio Cezar Leal.

Aos colegas da turma 2021, pelo companheirismo e aprendizado conjunto ao longo desses anos.

Enfim, a minha família, Lincoln, Cássia e Mônica, minha companheira Sayuri, minha prima Alessandra, por toda a paciência e carinho comigo no decorrer deste trabalho.

RESUMO

O chorume é um líquido produzido pela decomposição de resíduos orgânicos e inorgânicos em aterros sanitários e pode poluir o solo e a água subterrânea, bem como representar um risco para a saúde pública se não for gerenciado adequadamente. O tratamento do chorume é importante para minimizar o impacto ambiental negativo causado pelos aterros sanitários e para proteger a saúde pública. Desta forma, a recuperação alternativa do chorume se mostra uma alternativa para produção energia elétrica, térmica ou combustível. Neste trabalho, avaliou-se o potencial metanogênico do chorume gerado no aterro de resíduos sólidos domiciliares do Consórcio Intermunicipal do Pontal do Paranapanema para produção de biometano e economicamente e ambientalmente, a substituição do diesel utilizados pelas frotas de coleta de resíduos sólidos domiciliares dos municípios membros do consórcio pelo biocombustível. Os resultados indicam que o biometano supriria 23,2% a demanda por diesel, provendo economia e uma redução na quantidade de CO₂ emitida na atmosfera. Entretanto, se faz necessário uma análise com relação aos investimentos necessários para conversão das frotas de diesel para biometano, tendo em vista que o tempo de retorno de investimento de apenas 1 veículo convertido é de 4 anos. Esse estudo demonstrou que o biometano gerado a partir do chorume coletado pode ser uma importante fonte de geração de energia renovável para o Consórcio Intermunicipal do Pontal do Paranapanema.

Palavras-chave: Chorume, Reaproveitamento Energético, Biometano, Economia, Dióxido de carbono.

ABSTRACT

Leachate is a liquid produced by the decomposition of organic and inorganic waste in landfills and can pollute soil and groundwater, as well as pose a risk to public health if not properly managed. Leachate treatment is important to minimize the negative environmental impact caused by landfills and to protect public health. Manure can be a significant environmental problem as it can contaminate soil and groundwater if not treated properly. In this way, the alternative recovery of leachate is an alternative for the production of electrical, thermal or fuel energy. In this work, the methanogenic potential of the leachate generated in the domestic solid waste landfill of the Intermunicipal Consortium of Pontal do Paranapanema was evaluated for the production of biomethane and, economically and environmentally, the replacement of diesel used by the solid domestic waste collection fleets of the member municipalities of the consortium for the biofuel. The results indicate that biomethane would supply 23.2% of the demand for diesel, providing savings and a reduction in the amount of CO₂ emitted into the atmosphere. However, it is necessary to analyze the investments needed to convert fleets from diesel to biomethane, considering that the return on investment of only 1 converted vehicle is 4 years. This study demonstrated that the biomethane generated from the collected leachate can be an important source of renewable energy generation for the Intermunicipal Consortium of Pontal do Paranapanema.

Keywords: Leachate, Energy Reuse, Biomethane, Economy, Carbon Dioxide.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Participação das regiões na geração de RSU (%) em 2022.	22
Figura 2 - Índice de cobertura de coleta de RSU no Brasil e regiões (%).	24
Figura 3 - Localização dos municípios pertencentes ao CIPP.	28
Figura 4 - Aterro sanitário do CIPP.	32
Figura 5 - Início das obras para construção do aterro do CIPP (2019).	33
Figura 6 - Lagoa para acúmulo do percolato (chorume e águas das chuvas) no aterro do CIPP.	34
Figura 7 - Etapa finalização de construção do aterro do CIPP (01/2022).	34
Figura 8 - Aterro do CIPP em operação (08/2022).	35
Figura 9 - Estimativa de vida útil do aterro sanitário.	36
Figura 10 - Etapas de produção do biogás.	37
Figura 11 - Processo de produção de biogás.	38
Figura 12 - Produção de biogás por substrato – 2015 (Nm ³ /dia).	39
Figura 13 - Usina de biogás da Raízen localizada em Guariba-SP.	41
Figura 14 - Sistema de purificação de biogás por Adsorção com Modulação de Pressão (PSA).	42
Figura 15 - Mapa do potencial brasileiro de produção de biometano até 2027.	44
Figura 16 - Caminhões de fornecimento de biometano da empresa Cocal.	48
Figura 17 - Posto de abastecimento de biometano na SCANIA em parceria com a Comgás. .	48
Figura 18 - Caminhões de coleta com cilindros amarelos de biometano.	49
Figura 19 - Planta de Biogás em Narandiba.	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Os gases de efeito estufa.	50
Quadro 2 - Média de geração de chorume.....	55
Quadro 3 - Premissas para estimativa de emissões por tipo de combustível.	62
Quadro 4 - Resultados do potencial metanogênico do aterro do CIPP.	63
Quadro 5 - Volume de chorume gerado ao longo da vida útil do aterro sanitário do CIPP.	65
Quadro 6 - Volume de chorume gerado no aterro do CIPP por ano.	65
Quadro 7 - Volume de biometano produzido por ano.	66
Quadro 8 - Consumo e custos das frotas de resíduos sólidos urbanos no município de Narandiba em 2022.	68
Quadro 9 - Consumo e custos das frotas de resíduos sólidos urbanos no município de Sandovalina em 2022.	68
Quadro 10 - Consumo e custos das frotas de resíduos sólidos urbanos no município de Pirapozinho em 2022.	69
Quadro 11 - Consumo e custos das frotas de resíduos sólidos urbanos no município de Tarabai em 2022.	70
Quadro 12 - Custos de manutenção para o consumo de diesel e no cenário de consumo de biometano.	70
Quadro 13 - Volume de diesel consumido pelas frotas de coleta de RSU em 2022 e volume de biometano necessário para suprir a demanda.	71
Quadro 14 - Custos do diesel e do biometano para coleta de RSU e investimento para conversão.	72
Quadro 15 - Representatividade do volume de biometano gerado através do chorume em relação ao volume de biometano necessário para operação.....	74
Quadro 16 - Cenários anuais de inclusão do biometano na coleta de RSU.....	74
Quadro 17 - Custos referentes a utilização de diesel e biometano.	76
Quadro 18 - Quantidade de gCO ₂ eq emitida pelo volume de diesel utilizado pelos veículos de coleta de RSU do CIPP em relação ao volume de biometano necessário para suprir a demanda.	79
Quadro 19 - Volume de biometano a partir do chorume do aterro do CIPP no cenário biometano + diesel durante 17 anos.	80
Quadro 20 - Quantidade de gCO ₂ eq emitidas pelos cenários: Diesel 100%, Biometano 100% e Biometano + Diesel ao longo de 17 anos.	80

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Disposição final adequada x inadequada de RSU no Brasil em 2022.	26
Gráfico 2 - Quantidade de anos necessária para retorno do investimento na conversão de todos os veículos.	73
Gráfico 3 - Economia acumulada cenário Biometano + Diesel (R\$ 000).	77
Gráfico 4 - Tempo de retorno do investimento de acordo com a quantidade de veículos convertidos.	78

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

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

ABREN: Associação Brasileira de Recuperação Energética de Resíduos

ABIOGÁS: Associação Brasileira do Biogás

ABBM: Associação Brasileira de Biogás e Metano

ANP: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

CIBIOGÁS: Centro Internacional de Energias Renováveis

CIRSOP: Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos do Oeste Paulista

CIPP: Consórcio Intermunicipal do Pontal do Paranapanema

EPE: Empresa de Pesquisas Energéticas

MMA: Ministério do Meio Ambiente

MME: Ministério de Minas e Energia

MO: Matéria Orgânica

NDC: Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, na sigla em inglês)

ODS: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

PLANARES: Plano Nacional de Resíduos Sólidos

PSA: Adsorção com Modulação de Pressão

RSU: Resíduos Sólidos Urbanos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo Geral	18
2.2 Objetivos Específicos	18
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1 Planejamento municipal da gestão dos resíduos sólidos urbanos	19
3.2 Resíduos sólidos urbanos	20
3.3 Consórcio Intermunicipal do Pontal do Paranapanema	27
3.4 Sistema de produção de biogás	36
3.5 Biometano e seu potencial sustentável	40
3.6 A regulamentação do biometano	44
3.6 A Contribuição Nacionalmente Determinada	46
3.7 Utilização de biometano como combustível veicular	47
3.8 Incentivos para descarbonização	50
4. METODOLOGIA	55
4.1 Estimativa da quantidade de chorume gerado no aterro sanitário do CIPP	55
4.2 Produção de biogás a partir do chorume gerado no aterro sanitário do CIPP	56
4.3 Análise da substituição de diesel por biometano	60
4.3.1 Levantamento de consumo de diesel e custos das frotas de coleta de RSU	60
4.3.2 Levantamento de informações e custos para conversão e utilização do biometano como combustível veicular	60
4.4 Quantificação em gCO ₂ eq não emitidos pela substituição do diesel pelo biometano	61
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	62
5.1 Resultados da biodigestão anaeróbica em escala laboratorial do chorume	63
5.2 Quantidade de chorume gerado no aterro do CIPP	64
5.3 Quantidade de biometano produzido a partir da biodigestão do chorume	65
5.4. Dados de consumo de diesel e custos da frota de coleta de RSU	67
5.4.1 Narandiba	67
5.4.2 Sandovalina	68
5.4.3 Pirapozinho	69
5.4.4 Tarabai	69
5.5 Estimativa custos de manutenção do motor a diesel e a biogás e biometano	70

5.6 Levantamento do consumo do motor a biogás	71
5.7. Análise do potencial substitutivo do diesel pelo biometano	71
5.8 Quantificação em gCO ₂ eq não emitidos pela substituição do diesel pelo biometano	79
6 CONCLUSÃO	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXO 1 - Relação de abastecimento da frota de coleta de RSU em Narandiba em 2022.	
100	
ANEXO 2 - Relação de abastecimento da frota de coleta de RSU em Tarabai em 2022	
104	
ANEXO 3 - Relação de abastecimento da frota de coleta de RSU em Pirapozinho em 2022	
106	
ANEXO 4 – Relação de abastecimento da frota de coleta de RSU em Sandovalina em 2022	
110	

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas enfrentados no mundo é a destinação incorreta dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Segundo estudos da ABRELPE (2022), a geração brasileira de RSU foi de aproximadamente 82.477.300 t/ano, que equivale a 390 kg/hab/ano. Entretanto, apenas 60,2% do RSU gerado teve uma destinação adequada e seguiu para disposição em aterros sanitários com 46 milhões de toneladas enviadas para esses locais em 2020. Por outro lado, áreas de disposição inadequada, incluindo lixões e aterros controlados, ainda estão em operação e receberam quase 40% do total de resíduos coletados.

De acordo com os dados disponibilizados pela ABRELPE (2022) e analisados no PLANARES (2020), nota-se que a fração orgânica, abrangendo sobras e perdas de alimentos, resíduos verdes e madeiras, é a principal componente dos RSU, com 45,3%. Os resíduos recicláveis secos somam 33,6%, sendo compostos principalmente pelos plásticos (16,8%), papel e papelão (10,4%), vidros (2,7%), metais (2,3%), e embalagens multicamadas (1,4%). Outros resíduos somam 21,1% (resíduos têxteis, couros e borrachas, etc., que representam 5,6%) e rejeitos (principalmente de sanitários, que representam 15,5%).

O processo para a destinação final ambientalmente adequada de resíduos depende, dentre outros fatores, da implementação efetiva das políticas públicas, com ênfase na gestão integrada e, quando aplicável, no desenvolvimento de arranjos regionais, de forma a conferir ganhos de escala e redução de custos; da cadeia de produção e consumo, iniciando com a concepção de produtos para a não geração, redução, reutilização, reciclagem e recuperação de resíduos; de ações direcionadas ao consumo e descarte conscientes; de recursos financeiros e incentivos econômicos para conferir atratividade e viabilidade a todas as etapas previstas (PLANARES, 2022).

Segundo Pereira et al. (2018), o gerenciamento dos resíduos não termina quando os mesmos são depositados em aterros sanitários. Apesar da disposição em aterros sanitários apresentar vantagens, são gerados subprodutos a partir da degradação física, química e biológica dos resíduos aterrados, como chorume e gases, os quais podem ser nocivos ao meio ambiente (FELICI et al., 2013; FUJII et al., 2019).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e seu decreto regulamentador, Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022, trouxeram como alguns dos objetivos, a adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias apropriadas de forma de minimizar impactos ambientais inerentes à gestão e

disposição dos resíduos (art. 7º, IV), prevendo, inclusive, a recuperação e o aproveitamento energético como alternativas para tal finalidade (art. 7º, XIV).

Como existem mais de 2.430 usinas de recuperação energética que tratam resíduos pós-reciclagem em todo o mundo, podemos concluir que 96% dos resíduos no Brasil não atendem à PNRS (art. 3º, incisos VIII e XV, da Lei nº 12.305/2010), pois são depositados em aterros sanitários sem nenhum tipo de tratamento, desperdiçando o potencial energético inerente e causando danos ao meio ambiente e à saúde pública (ABREN, 2021).

Para atendimento do disposto no Decreto regulamentador da PNRS, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), juntamente com o Ministério de Minas e Energia (MME) e o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), publicaram a Portaria Interministerial nº 274, de 30 de abril de 2019, que disciplina a recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos no Brasil e estabelece as bases e diretrizes operacionais para o aproveitamento energético de tais materiais, entre eles o chorume.

O chorume é um resíduo líquido resultante da degradação biológica e físico-química dos resíduos sólidos urbanos depositados em aterros sanitários (CASTILHOS JÚNIOR et al., 2010). De forma geral, as características do chorume são altas concentrações de matéria orgânica, compostos inorgânicos e orgânicos recalcitrantes, como os ácidos fúlvicos e húmicos, além de nitrogênio amoniacal (CASTILHOS JÚNIOR; DALSSASSO; ROHERS, 2010; FELICI et al., 2013).

Conforme explica Pereira et al. (2018), a geração de chorume, é um dos fatores que devem ser gerenciados e monitorados em um aterro sanitário. Dessa forma, a produção de chorume e o seu tratamento são considerados um dos grandes problemas no gerenciamento de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, uma vez que a produção de chorume é influenciada por fatores ambientais e de operação do aterro e devido ao fato de o efluente ter elevado potencial poluidor (FELICI et al., 2013; RIBEIRO; BUSS; MENEZES, 2015; GOMES; SHOENELL, 2018).

Uma das alternativas que proporcionam o reaproveitamento energético do chorume gerado em aterros é o processo de digestão anaeróbia no qual ocorre a decomposição da matéria orgânica na ausência de oxigênio, gerando, além do composto orgânico, o biogás. O gás gerado em tais processos podem ser aproveitados para a geração de calor, energia ou combustível veicular como o biometano.

Segundo Deublein; Steinhäuser (2008), a produção de biogás está diretamente ligada com as principais ideias do desenvolvimento sustentável, do ponto de vista econômico, social e ambiental.

A Política Nacional de Biocombustíveis (RENOVABIO), instituída pela Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, ressalta o papel estratégico dos biocombustíveis na matriz energética nacional, no que se refere à sua contribuição para a segurança energética, a previsibilidade do mercado e a mitigação de emissões dos gases causadores do efeito estufa no setor de combustíveis. Com isso, os biocombustíveis viabilizam uma oferta de energia cada vez mais sustentável, competitiva e segura.

O biogás possui poder calorífico entre 4.500 e 6.000 kcal/m³, podendo ser consumido diretamente, ou tratado para separação e aproveitamento do biometano, cujo conteúdo energético é similar ao do gás natural (9.256 kcal/m³). Essa fonte renovável pode ter aplicações variadas, como geração elétrica, uso veicular e injeção nas malhas de gás natural. O uso de biometano como combustível em caminhões tem se tornado cada vez mais comum em todo o mundo, principalmente em países que buscam reduzir a dependência de combustíveis fósseis e mitigar as mudanças climáticas.

O biometano é uma alternativa sustentável e renovável ao diesel, que é um combustível fóssil altamente poluente e responsável por grande parte das emissões de gases de efeito estufa. Como combustível, o biometano pode abastecer qualquer veículo com kit de gás natural veicular (GNV), com a vantagem de ser renovável, ao contrário do GNV e poder reduzir em até 90% as emissões de poluentes, em comparação com a gasolina, e sua utilização prevenir o lançamento de metano (CH₄) na atmosfera, contribuindo para diminuir o aquecimento global.

No entanto, é importante destacar que a adoção do biometano como combustível em caminhões ainda enfrenta alguns desafios, como a necessidade de investimentos em infraestrutura de abastecimento, a falta de incentivos fiscais e financeiros para sua produção e utilização e a necessidade de aprimoramento tecnológico para garantir a segurança e eficiência do processo de produção e armazenamento do biometano. (CIBIOGÁS, 2022)

Neste contexto, os resultados da presente pesquisa possibilitarão estimar a quantidade de biogás gerado a partir do chorume do aterro do Consórcio Intermunicipal do Pontal do Paranapanema (CIPP), formado pelos municípios do oeste paulista: Pirapozinho, Narandiba, Sandovalina e Tarabai. A partir desses resultados, será estimado o quanto de biometano pode ser convertido para substituição do diesel da frota de coleta de RSU dos municípios pertencentes do CIPP e a quantidade de tonelada de CO₂ equivalente que deixará de ser emitida na atmosfera. Com isso, os municípios pertencentes ao CIPP e da região poderão observar como o biometano já é uma realidade e poder ser utilizado em substituição ao diesel, um combustível fóssil e altamente poluente para a atmosfera.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

A presente pesquisa tem como objetivo principal avaliar o potencial metanogênico do chorume proveniente do aterro do CIPP para a produção de biometano e estimar a economia gerada a partir da substituição do diesel das frotas utilizadas para coleta de resíduos sólidos domiciliares (RSD) dos municípios do CIPP pelo biometano gerado.

2.2 Objetivos Específicos

- Estimar o volume de chorume gerado ao longo da vida útil do aterro sanitário do CIPP e o volume de biometano a ser produzido a partir do chorume gerado;
- Entender o atual consumo de diesel e os quilômetros rodados pelas frotas de coleta de RSD do CIPP;
- Avaliar tecnicamente e ambientalmente, a substituição do diesel pelo biometano nas frotas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Planejamento municipal da gestão dos resíduos sólidos urbanos

As atividades humanas diárias geram resíduos sólidos com diferentes quantidades e características que necessitam de estratégias de gerenciamento adequado, evitando-se impactos ambientais negativos ao meio ambiente e à saúde pública.

A questão dos resíduos sólidos é um problema universal, que afeta as populações no mundo, seja pelas ações individuais de consumo ou pelas políticas de gestão e estratégias de gerenciamento decididas pelos governos, que influenciam a qualidade ambiental, a saúde pública e o sistema de limpeza pública nas cidades. Resíduos sólidos mal gerenciados impactam negativamente as comunidades, com a proliferação de vetores causadores de doenças; com o aumento de ocorrências de enchentes e inundações; com a poluição do meio ambiente, afetando a qualidade do solo, da água e do ar e a biodiversidade; com a contaminação de córregos, rios, mananciais e oceanos; além da queima inadequada a céu aberto, emitindo gases poluentes e de efeito estufa (MAALOUF et al., 2023).

O planejamento municipal da gestão dos resíduos sólidos urbanos é uma atividade essencial para garantir a adequada gestão dos resíduos produzidos nas cidades. Esse processo de planejamento envolve a elaboração de um conjunto de ações, programas, projetos e investimentos que buscam garantir a efetivação da Política Nacional de Resíduos Sólidos em nível local (BRASIL, 2010).

O planejamento municipal da gestão dos resíduos sólidos urbanos deve ser baseado em uma análise da realidade local, levando em consideração as características dos resíduos produzidos, os aspectos socioeconômicos e culturais da população, a infraestrutura e equipamentos disponíveis, a legislação aplicável e outros fatores relevantes.

A PNRS exige que todos os municípios brasileiros elaborem um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), que é um documento que contém as estratégias e diretrizes para a gestão dos resíduos sólidos urbanos no município. O PMGIRS deve ser elaborado com a participação da sociedade, incluindo a realização de audiências públicas e consultas populares.

O PMGIRS deve contemplar diversas etapas da gestão dos resíduos sólidos, incluindo a coleta seletiva, o tratamento e destinação final dos resíduos, a educação ambiental da população, a gestão dos resíduos de serviços de saúde, a gestão dos resíduos da construção civil, a gestão dos resíduos de grandes geradores, entre outras (Koda, 2018).

Além disso, o planejamento municipal da gestão dos resíduos sólidos urbanos deve prever investimentos em infraestrutura e equipamentos, como a construção de aterros sanitários, estações de transbordo, unidades de tratamento e destinação final de resíduos, e aquisição de equipamentos para a coleta seletiva e tratamento de resíduos (Adhikari, 2020).

Em resumo, o planejamento municipal da gestão dos resíduos sólidos urbanos é uma atividade crucial para garantir a adequada gestão dos resíduos produzidos nas cidades, promovendo a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento socioeconômico local. O PMGIRS é o instrumento fundamental para a implementação dessa gestão, devendo ser elaborado com a participação da sociedade e em conformidade com a legislação aplicável (Santos, 2019).

A gestão dos resíduos sólidos urbanos na Unidade Hidrográfica de Gestão dos Recursos Hídricos (UGRHI) do Pontal do Paranapanema, localizada no estado de São Paulo, tem sido um desafio para os municípios da região. O planejamento adequado da gestão dos resíduos sólidos urbanos é fundamental para a redução dos impactos ambientais negativos, como a poluição do solo, do ar e das águas, além de ser uma exigência legal (Comitê de Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema, 2018).

Algumas iniciativas têm sido implementadas pelos municípios da região, como a coleta seletiva de materiais recicláveis, a construção de aterros sanitários, a compostagem de resíduos orgânicos e a educação ambiental da população. No entanto, ainda há desafios a serem enfrentados, como a falta de infraestrutura adequada para a gestão dos resíduos, a falta de conscientização da população sobre a importância da coleta seletiva e a destinação inadequada dos resíduos (Sanchez, 2015).

O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos é uma ferramenta importante para o planejamento adequado da gestão dos resíduos sólidos urbanos na UGRHI do Pontal do Paranapanema. Esse plano deve contemplar ações para a redução da geração de resíduos, a coleta seletiva, a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos e a inclusão social dos catadores de materiais recicláveis (Silva, 2018).

3.2 Resíduos sólidos urbanos

A geração de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil é um problema ambiental e social significativo e está relacionada ao crescimento populacional, ao aumento do consumo e à falta de políticas públicas adequadas para gestão dos resíduos. Muitas cidades brasileiras ainda não

possuem sistemas eficientes de coleta, tratamento e destinação dos resíduos, o que leva a problemas como a poluição ambiental, a contaminação do solo e da água, além de impactos na saúde pública (André, 2018).

A Lei Federal nº 12.305 de 2010 estabeleceu diretrizes para a gestão dos resíduos sólidos no país, incluindo a hierarquia de prioridades para a gestão dos resíduos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final adequada (Chernicharo, 2011).

A complexidade sobre geração e manejo de resíduos sólidos passa a ter visibilidade no Brasil a partir do reconhecimento da gravidade e a extensão dos danos que a disposição final inadequada dos resíduos pode provocar à sociedade como um todo. Daí a necessidade de se entender que a gestão dos resíduos sólidos deve ser iniciada na conscientização da urgência de se gerir, de forma eficiente, os resíduos produzidos diariamente em sociedade, e que, cada um dos atores, deve assumir a responsabilidade pelos resíduos que produz (Freitas, 2016).

No entanto, ainda há muitos desafios a serem enfrentados para a implementação efetiva da PNRS, como a falta de recursos financeiros, humanos e técnicos para a gestão dos resíduos, a falta de conscientização da população sobre a importância da coleta seletiva e da destinação correta dos resíduos e a falta de fiscalização e monitoramento das atividades de gestão de resíduos (Azevedo, 2018).

Segundo a Abrelpe (2023), a geração de RSU no Brasil alcançou um total de aproximadamente 81,8 milhões de toneladas, o que corresponde a 224 mil toneladas diárias. Com isso, cada brasileiro produziu, em média, 1,043 kg de resíduos por dia. A partir dos dados registrados em 2022, observa-se que o montante de RSU gerados no país apresentou uma curva regressiva em relação aos levantamentos realizados pela ABRELPE nos anos anteriores.

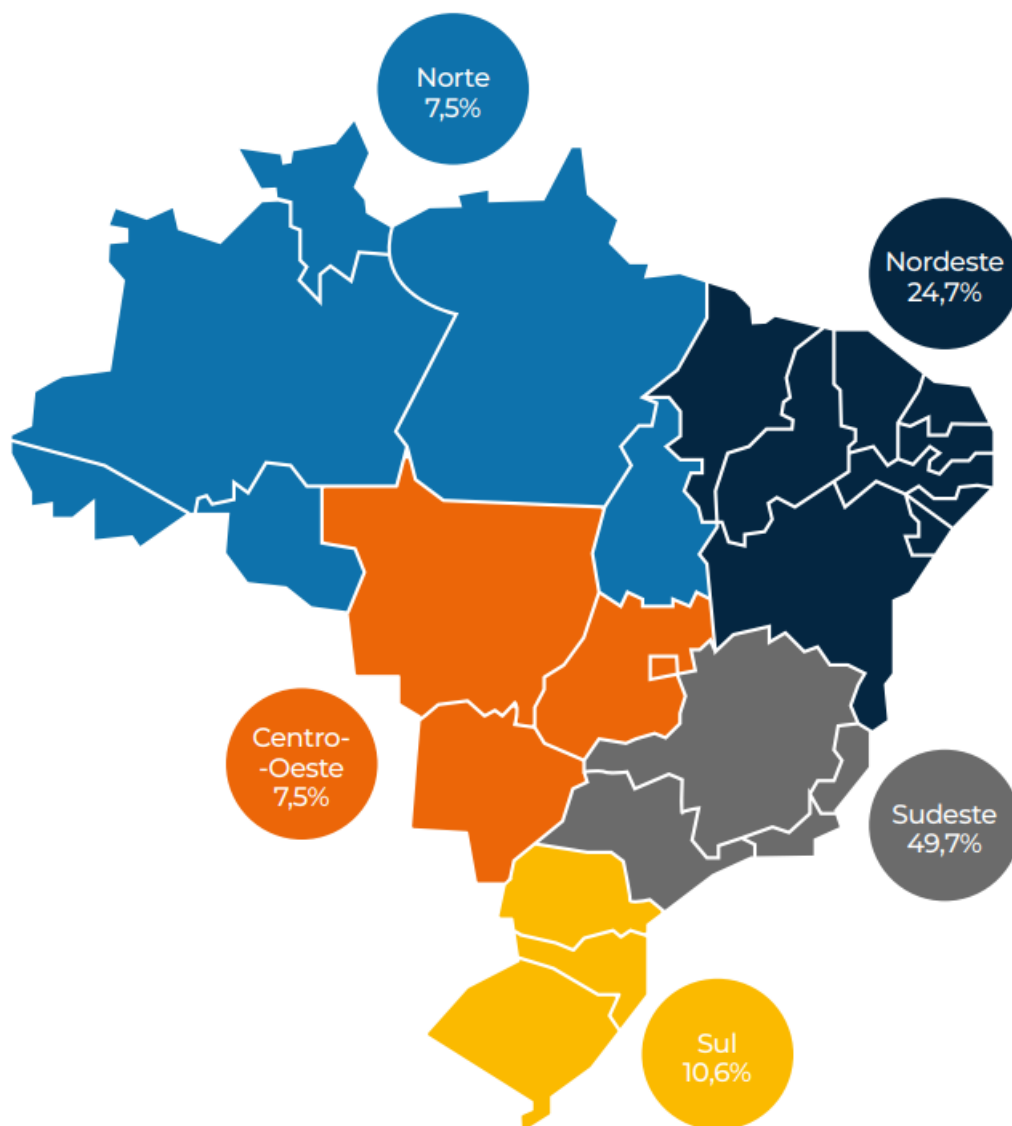
As possíveis razões podem estar relacionadas às novas dinâmicas sociais, com a retomada da geração de resíduos nas empresas, escolas e escritórios, com a menor utilização dos serviços de delivery em comparação ao período de maior isolamento social e por conta da variação no poder de compra de parte da população.

Regionalmente, e nos moldes dos anos anteriores, a região com maior geração de resíduos continua sendo a Sudeste, com cerca de 111 mil toneladas diárias (aproximadamente 50% da geração do país) e uma média de 450 kg/hab.ano, enquanto a região Centro-Oeste representa pouco mais de 7% do total gerado, com cerca de 6 milhões de toneladas/ano, a menor dentre as regiões.

Em termos de geração diária por habitante, as variações regionais mostram-se bastante latentes, com a região Sudeste apresentando uma geração média de 1,234 kg/hab.dia, a maior do país e, na outra ponta, a região Sul com uma média de 0,776 kg/hab.dia.

A Figura 1 apresenta a participações das regiões do Brasil na geração de RSU no ano de 2022.

Figura 1 - Participação das regiões na geração de RSU (%) em 2022.



Fonte: Abrelpe, 2023.

A coleta de resíduos sólidos urbanos é uma das etapas mais importantes na gestão dos resíduos. É o processo de recolher os resíduos gerados pelas atividades domésticas, comerciais e industriais nas áreas urbanas e transportá-los para o tratamento ou a disposição final adequada (Pinto, 2018).

Segundo Monteiro (2017), no Brasil, a coleta de RSU é geralmente realizada pelos serviços públicos de limpeza urbana, que podem ser gerenciados pelas prefeituras municipais

ou por empresas terceirizadas. A frequência da coleta varia de acordo com o tamanho da cidade, a densidade populacional, o tipo de resíduo e a disponibilidade de recursos financeiros e materiais.

Existem diferentes tipos de coleta de RSU, que podem ser classificados em:

- Coleta convencional: é o tipo mais comum de coleta, em que os resíduos são recolhidos em sacos plásticos e transportados em caminhões compactadores até o local de tratamento ou disposição final.
- Coleta seletiva: é a coleta diferenciada de resíduos recicláveis (papel, plástico, vidro, metal, entre outros) separados na fonte geradora. Esses resíduos são coletados em dias específicos e levados para cooperativas de catadores ou empresas de reciclagem.

Com relação à coleta de RSU, segundo a ABRELPE (2023), em 2022 o país registrou um total de 76,1 milhões de toneladas coletadas, levando a uma cobertura de coleta de 93%. Importante ressaltar que as regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste alcançaram índice de cobertura de coleta superior à média nacional e as regiões Norte e Nordeste apresentaram índices que se aproximam de 83%, deixando boa parte da população sem acesso aos serviços de coleta regular de RSU nessas regiões.

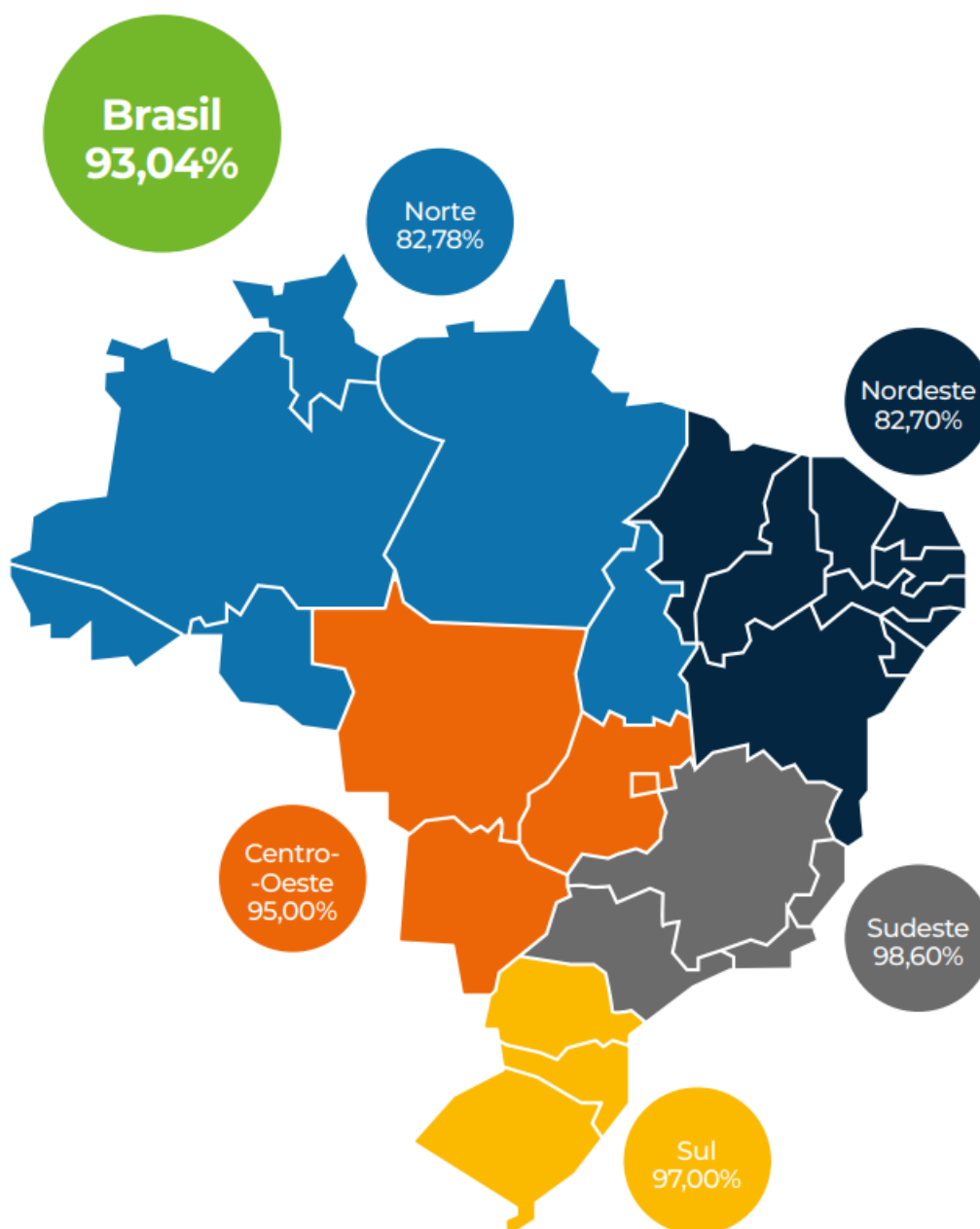
A coleta de RSU é fundamental para a preservação do meio ambiente e da saúde pública. Sem a coleta adequada, os resíduos se acumulam nas ruas, lotes baldios e em outras áreas, atraindo vetores de doenças, como moscas, ratos e baratas, além de causar mau cheiro e poluição visual.

Além disso, a coleta de RSU é importante para reduzir os impactos ambientais causados pela disposição inadequada dos resíduos, como a contaminação do solo e das águas subterrâneas por substâncias tóxicas presentes nos resíduos, a emissão de gases do efeito estufa e a degradação da paisagem urbana.

Ao serem coletados, os RSU podem ser destinados para tratamento adequado, como a compostagem, a reciclagem e a disposição final em aterros sanitários controlados, minimizando os impactos ambientais e contribuindo para a sustentabilidade da cidade. Por isso, a coleta de RSU é um serviço essencial que deve ser oferecido pelos municípios para garantir a qualidade de vida da população e a proteção do meio ambiente.

A Figura 2 apresenta o índice de coleta de RSU no Brasil e regiões.

Figura 2 - Índice de cobertura de coleta de RSU no Brasil e regiões (%).



Fonte: Abrelpe, 2023.

A coleta de resíduos sólidos urbanos na Unidade Hidrográfica de Gestão dos Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema, localizada no estado de São Paulo, é de responsabilidade dos municípios que compõem a região (Barreto, 2014).

De acordo com informações disponíveis no site da Agência Nacional de Águas (ANA), que é responsável pela gestão das unidades hidrográficas do Brasil, os municípios devem elaborar planos de gestão integrada de resíduos sólidos, que contemplem ações de coleta,

transporte, tratamento e destinação final adequados aos resíduos gerados na região (Pinheiro, 2016).

Cada município pode adotar diferentes modelos de gestão de resíduos sólidos, que podem incluir a coleta seletiva de materiais recicláveis, a coleta de resíduos orgânicos e a disposição final em aterros sanitários, por exemplo (Oliveira, 2017).

Além disso, é importante destacar a necessidade da participação da população na gestão dos resíduos, com a adoção de práticas de redução, reutilização e reciclagem de materiais, bem como da destinação correta dos resíduos gerados em suas residências e estabelecimentos comerciais (Carvalho, 2018).

O tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos urbanos são importantes aspectos da gestão de resíduos sólidos, que visam minimizar o impacto ambiental e de saúde pública decorrente da geração desses resíduos. Os resíduos sólidos urbanos são compostos por uma variedade de materiais, incluindo restos de alimentos, papel, plástico, vidro, metal, tecido e outros materiais (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2015).

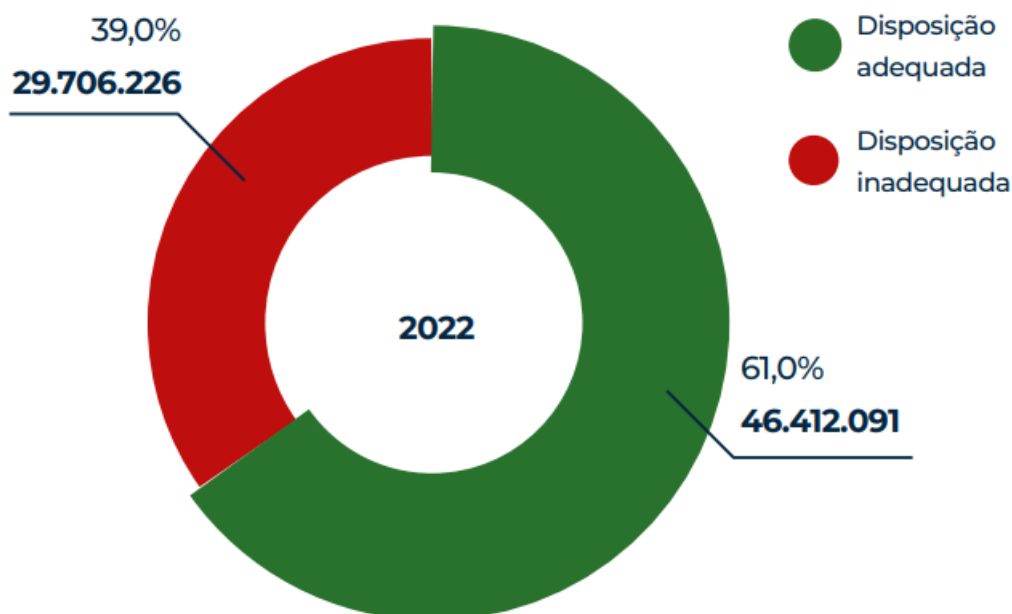
O tratamento dos resíduos sólidos urbanos pode incluir diversas etapas, como a separação dos materiais recicláveis, a compostagem dos resíduos orgânicos, a incineração dos resíduos não recicláveis e a produção de energia a partir da queima de resíduos. É importante ressaltar que a escolha do método de tratamento depende das características dos resíduos gerados em cada região, da disponibilidade de tecnologia e dos recursos financeiros disponíveis (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2015).

A disposição final é uma das alternativas de destinação final ambientalmente adequada previstas na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), desde que observadas as normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

No Brasil, a maior parte dos RSU coletados (61%) continua sendo encaminhada para aterros sanitários, com 46,4 milhões de toneladas enviadas para destinação ambientalmente adequada em 2022. Por outro lado, áreas de disposição inadequada, incluindo lixões e aterros controlados, ainda seguem em operação em todas as regiões do país e receberam 39% do total de resíduos coletados, alcançando um total de 29,7 milhões de toneladas com destinação inadequada (ABRELPE, 2022).

O Gráfico 1 apresenta a quantidade de resíduos sólidos urbanos com disposição adequada contra a disposição inadequada no Brasil em 2022.

Gráfico 1 - Disposição final adequada x inadequada de RSU no Brasil em 2022.



Fonte: Abrelpe, 2023.

O acúmulo de resíduos urbanos constituiu fonte de poluição e custos para as cidades. Uma vez superados os desafios relacionados à separação dos resíduos não orgânicos, o lixo urbano pode se transformar em fonte abundante de biogás.

Um problema relativo ao biogás (particularmente, ao biometano) oriundo de aterros sanitários é seu alto teor de siloxanos, um contaminante cuja presença exige tratamento adicional para que possa ser utilizado na alimentação de motores. Recentemente, foram estabelecidos níveis máximos aceitáveis para a presença de siloxanos no biometano pela ANP (EPE, 2017).

De acordo com a Abiogás (2022), a PNRS recomenda o aproveitamento energético e estabelece como princípio a destinação final ambientalmente adequada para os resíduos que não são mais passíveis de aproveitamento.

Nesse sentido, é desejável que haja uma separação da fração orgânica para melhor aproveitamento desse material e redução da sobrecarga dos aterros, contribuindo com a longevidade desses empreendimentos.

Todavia, visto que o aterro é a opção mais barata para a destinação de resíduos no país e que esses tendem a aumentar com a eliminação dos lixões, a captação dos gases dos aterros e

seu aproveitamento representa uma grande oportunidade para a produção de biogás, reduzindo as emissões e proporcionando as vantagens sociais e ambientais mencionadas anteriormente.

As maiores plantas de produção de biogás no Brasil são oriundas de aterros sanitários e essa produção pode ser maior ainda: o potencial de produção de biogás a partir dessa fonte é de, aproximadamente, 3,5 bilhões de Nm³/ano, dando tratamento apenas à fração coletada dos resíduos. O Novo Marco do Saneamento traz uma perspectiva muito boa para o setor por implementar novas regras de contratação dos serviços de saneamento pelos municípios e o fim dos lixões (Abiogás 2020).

3.3 Consórcio Intermunicipal do Pontal do Paranapanema

O Consórcio Intermunicipal Do Pontal Do Paranapanema (CIPP) é um consórcio composto pelos municípios de Pirapozinho, Narandiba, Sandovalina e Tarabai que pertencem à microrregião e mesorregião Administrativa de Presidente Prudente.

A Figura 3 apresenta a localização dos municípios pertencentes ao CIPP.

Figura 3 - Localização dos municípios pertencentes ao CIPP.



Fonte: Autor, 2023.

O Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) do Consórcio Intermunicipal do Pontal do Paranapanema foi publicado no ano de 2014 e seu principal objetivo consiste na redução da geração, na ampliação das ações relacionadas à reutilização e à reciclagem e ao tratamento adequado para a disposição final (CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DO PONTAL DO PARANAPANEMA, ELI ENGENHARIA, 2014).

O (PGIRS) do CIPP é um documento que estabelece diretrizes e estratégias para a gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos nos municípios que compõem a entidade. O PGIRS foi elaborado com o objetivo de promover a gestão consorciada intermunicipal e sustentável dos resíduos sólidos, considerando aspectos ambientais, sociais, econômicos e políticos (Consórcio Intermunicipal do Pontal do Paranapanema, 2014).

Segundo Oliveira (2017), entre as principais diretrizes do PGIRS do CIPP, pode-se destacar a priorização da redução na geração de resíduos, a implementação da coleta seletiva, a destinação adequada dos resíduos orgânicos por meio da compostagem, a implantação de

sistemas de logística reversa para produtos específicos (como pilhas, baterias e lâmpadas) e a ampliação da participação da sociedade civil na gestão dos resíduos sólidos.

Para a implementação do PGIRS, o CIPP tem promovido ações como a realização de campanhas de conscientização sobre a importância da gestão adequada dos resíduos sólidos, a capacitação dos gestores públicos e de catadores de materiais recicláveis, a implantação de sistemas de coleta seletiva e de compostagem, entre outras (Rodrigues, 2019).

Segundo Fuzzi (2021), no que tange à estrutura do PGIRS do CIPP (2014), este foi dividido em seis volumes, em que: no Volume I são apresentadas as diretrizes gerais do Plano, seu objetivo, metodologia. Nos volumes II, III, IV e V são apresentados os diagnósticos e planos de ações dos municípios, cada um destes volumes se refere a um dos municípios, sendo respectivamente: Narandiba; Pirapozinho; Sandovalina e Tarabai.

Em cada volume é apresentado o Levantamento de Campo, a Análise e Propostas para melhorar a gestão e o gerenciamento dos Resíduos Sólidos. É apresentada também a Planilha de Investimentos no curto, médio e longo prazo. O volume VI é a Minuta, que consiste em um documento oficial com relatório sucinto do plano. Considerando o fato de que a coleta dos RSU será realizada por cada uma das cidades e que a disposição final que se dará de forma consorciada em aterro sanitário, foram elaborados estudos individuais por município e uma Minuta contendo as Metas para cada um deles.

O volume VI é a minuta, que consiste em um documento oficial com relatório sucinto do Plano.

Na página 43 do Volume VI – Minuta, do PGIRS do CIPP (2014), podemos destacar as metas para tratamento e disposição final:

Metas a curto prazo (5 anos):

- Garantir a disposição e a destinação final adequadas dos resíduos domiciliares gerados no município, depositando-os no Aterro Sanitário do Consórcio Intermunicipal – CIPP, regularizado e licenciado;
- Fomentar a implantação de usina de triagem e processamento de resíduos domiciliares;
- Aproveitar o biogás no aterro do CIPP.

Investimentos de R\$ 110.000,00.

Metas a médio prazo (10 anos):

- Garantir a disposição e a destinação final adequadas dos resíduos domiciliares gerados no município, depositando-os no Aterro Sanitário do Consórcio Intermunicipal – CIPP, regularizado e licenciado;
- Implantar coleta seletiva de material orgânico para compostagem e posterior utilização em áreas públicas;
- Manter e reavaliar as metas de curto prazo.

Investimentos de R\$ 120.000,00.

Metas a longo prazo (20 anos):

- Garantir a disposição e a destinação final adequadas dos resíduos domiciliares gerados no município, depositando-os no Aterro Sanitário do Consórcio Intermunicipal – CIPP, regularizado e licenciado;
- Reduzir em 50% os resíduos orgânicos destinados ao aterro sanitário do CIPP, reduzindo o descarte e fazendo o seu reaproveitamento por compostagem;
- Promover projetos de mapeamento da cadeia produtiva dos resíduos sólidos no município com inserção de todas as informações no Sistema de informação Geográfica SIG;
- Manter as metas iniciais de curto e médio prazo.

Investimentos de R\$ 180.000,00.

Como ações para tais metas, a Minuta do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do CIPP (2014) cita:

- Contratar estudos técnicos específicos, visando analisar e apresentar de forma comparativa os parâmetros técnicos, econômicos e financeiros acerca das tecnologias disponíveis para o tratamento e disposição de RSU;
- Desenvolver programas de divulgação dos serviços de limpeza pública e sensibilização dos usuários quanto ao aproveitamento do biogás;
- Promover a capacitação constante dos funcionários dos estabelecimentos públicos, quanto à separação e acondicionamento adequados dos resíduos sólidos;

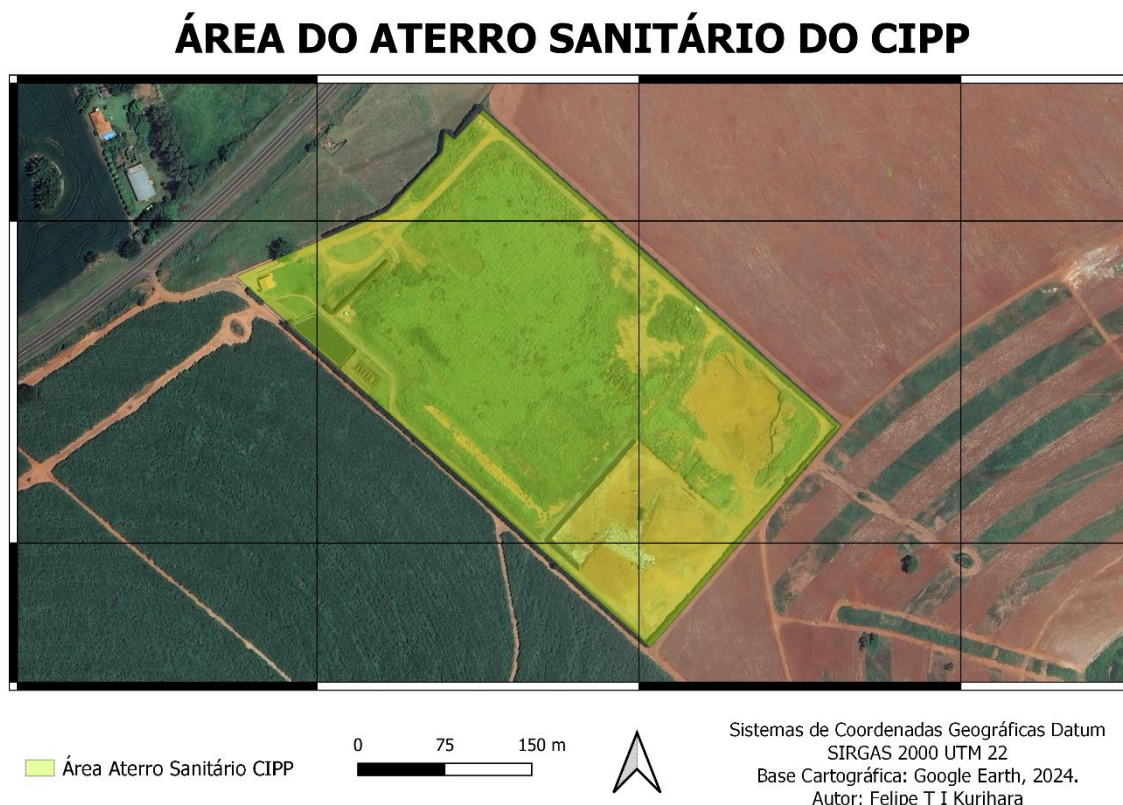
- Implantar programa para inserção das informações dos resíduos sólidos através do CIPP.

O aterro do Consórcio está situado às margens da Rodovia Estadual “Assis Chateaubriand”, (SP 425), km 487, no Bairro Laranjeiras, no Município de Pirapozinho/SP, localizada na UGRHI 22 – Pontal do Paranapanema.

Quanto à distância desta área em relação aos municípios consorciados tem-se que ela se encontra a: 11,8 km do centro do município de Pirapozinho, 29,2 km do centro do município de Sandovalina, 8,7 km do município de Tarabai e 10,2 km do município de Narandiba. Segundo Fuzzi (2021), no Projeto Executivo do Aterro Sanitário do CIPP é realizada uma caracterização da área e do entorno do aterro sanitário, mencionando que: A noroeste da área existem algumas residências, presença de nascentes e a rodovia [...], a nordeste predomina área de pasto, a sudeste algumas residências a uma distância de aproximadamente 200 m do limite da área do aterro existindo também uma área de nascentes a aproximadamente 330 m do limite da área do aterro. A sudoeste predomina área de cultivo de cana-de-açúcar e a uma distância de aproximadamente 400 m existe uma área de nascentes.

Na Figura 4 é possível observar a área do aterro sanitário e o seu entorno:

Figura 4 - Aterro sanitário do CIPP.



Fonte: Google Earth Pro (2021).

De acordo com o Projeto Executivo do Aterro Sanitário do CIPP “a justificativa para o empreendimento é a necessidade de dotar os municípios do consórcio de uma nova estrutura para a [...] disposição final adequada dos resíduos sólidos urbanos, visando favorecer a comunidade com todos os benefícios que tal empreendimento proporciona” (CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DO PONTAL DO PARANAPANEMA, PROJECTA ASSESSORIA E CONSULTORIA, 2019, v. 1, p. 18).

Em relação ao método a ser utilizado para a disposição final dos Resíduos Domiciliares e comerciais no aterro do CIPP este consistirá no tipo denominado de trincheira. Foi apresentado no Projeto Executivo do Aterro Sanitário do CIPP que seriam construídas três trincheiras, com as seguintes especificações: trincheiras 01 e 02 - Largura Inferior: 100,00 m; Largura Superior: 104,00 m; Profundidade: 4,50 m; Comprimento: 233 m e Volume Útil de 106.204,50 m³ cada uma delas, e trincheira 03 - Largura Inferior: variável; Largura Superior: variável; Profundidade: 4,50 m; Comprimento: 233 m e Volume Útil de 142.031,83 m³. O volume útil disponível no aterro sanitário para disposição final dos resíduos sólidos dos municípios do CIPP seria de 354.440,83 m³ (CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DO

PONTAL DO PARANAPANEMA, PROJECTA ASSESSORIA E CONSULTORIA, 2019, v. 1).

A Figura 5 apresenta o início das obras do aterro do CIPP no ano de 2019.

Figura 5 - Início das obras para construção do aterro do CIPP (2019).



Fonte: Jornal O Imparcial, 2019.

No trabalho de campo no aterro sanitário do CIPP realizado por Fuzzi (2021) observou-se que foi construída uma lagoa para acúmulo do percolato - efluentes líquidos gerados em decorrência da decomposição dos resíduos orgânicos (chorume) e das águas das chuvas (Figura 6). Posteriormente, esta lagoa foi impermeabilizada com geomembrana.

Figura 6 - Lagoa para acúmulo do percolato (chorume e águas das chuvas) no aterro do CIPP.



Fonte: Fuzzi, 2020.

A Figura 7 apresenta a etapa de finalização de construção do aterro do CIPP em 2019.

Figura 7 - Etapa finalização de construção do aterro do CIPP (01/2022).



Fonte: Site municipal da Prefeitura de Narandiba¹, 2022.

A Figura 8 apresenta o aterro do CIPP em operação em 2022.

Figura 8 - Aterro do CIPP em operação (08/2022).



Fonte: Record TV Rio Preto², 2022.

No Projeto Executivo é salientado que o aterro teria vida útil de 16 anos e 225 dias. Seus cálculos já foram realizados e baseados na estimativa de geração média de resíduos de acordo com o aumento populacional até o ano de 20233. Porém, vale mencionar que o cálculo do projeto foi previsto contemplando os municípios de Álvares Machado e Tarabai, que na época eram integrantes do CIPP, mas devido à saída do município de Álvares Machado, a vida útil do aterro sanitário aumentará (CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DO PONTAL DO PARANAPANEMA, PROJECTA ASSESSORIA E CONSULTORIA, 2019, v. 1).

A Figura 9 apresenta a estimativa de vida útil do aterro sanitário do CIPP.

¹ <https://www.narandiba.sp.gov.br/noticias/segundo-torneio-de-pesca-e-um-sucesso-em-narandiba/>

² https://www.youtube.com/watch?v=989_S9wmqkY

Figura 9 - Estimativa de vida útil do aterro sanitário.

ANO	POPULAÇÃO PIRAPOZINHO	PRODUÇÃO DIÁRIA DE RESÍDUOS DE PIRAPOZINHO (Kg)	POPULAÇÃO O ALVARES MACHADO	PRODUÇÃO DIÁRIA DE RESÍDUOS DE ALVARES MACHADO(Kg)	POPULAÇÃO NARANDIBA	PRODUÇÃO DIÁRIA DE RESÍDUOS DE NARANDIBA(Kg)	POPULAÇÃO SANDOVALINA	PRODUÇÃO DIÁRIA DE RESÍDUOS DE SANDOVALINA(Kg)	TOTAL PRODUÇÃO ANUAL DE RESÍDUOS (Kg)	VOLUME OCUPADO	VOLUME OCUPADO COM COBERTURA (10%)	ACUMULADO
2000	22.104		22.661		3.743		3.089					
2010	24.694		23.513		4.288		3.699					
2017	26.507	21.206	24.109	16.877	4.670	3.269	4.126	2.888	16.147.245,95	17.941,38	19.735,52	19.735,52
2018	26.766	21.413	24.195	16.936	4.724	3.307	4.187	2.931	16.274.152,80	18.082,39	19.890,63	39.626,15
2019	27.025	21.620	24.280	16.996	4.779	3.345	4.248	2.974	16.401.059,65	18.223,40	20.045,74	59.671,89
2020	27.284	21.827	24.365	17.056	4.833	3.383	4.309	3.016	16.527.966,50	18.364,41	20.200,85	79.872,74
2021	27.543	22.034	24.450	17.115	4.888	3.421	4.370	3.059	16.654.873,35	18.505,41	20.355,96	100.228,70
2022	27.802	22.242	24.535	17.175	4.942	3.459	4.431	3.102	16.781.780,20	18.646,42	20.511,06	120.739,76
2023	28.061	22.449	24.621	17.234	4.997	3.498	4.492	3.144	16.908.687,05	18.787,43	20.666,17	141.405,94
2024	28.320	22.656	24.706	17.294	5.051	3.536	4.553	3.187	17.035.593,90	18.928,44	20.821,28	162.227,22
2025	28.579	22.863	24.791	17.354	5.106	3.574	4.614	3.230	17.162.500,75	19.069,45	20.976,39	183.203,61
2026	28.838	23.070	24.876	17.413	5.160	3.612	4.675	3.273	17.289.407,60	19.210,45	21.131,50	204.335,11
2027	29.097	23.278	24.961	17.473	5.215	3.650	4.736	3.315	17.416.314,45	19.351,46	21.286,61	225.621,71
2028	29.356	23.485	25.047	17.533	5.269	3.688	4.797	3.358	17.543.222,20	19.492,47	21.442,62	247.064,33
2029	29.615	23.692	25.132	17.593	5.324	3.726	4.858	3.401	17.670.130,05	19.633,48	21.598,63	268.662,95
2030	29.874	23.899	25.217	17.653	5.378	3.765	4.919	3.443	17.797.037,80	19.774,49	21.754,64	290.417,59
2031	30.133	24.106	25.302	17.713	5.433	3.803	4.980	3.486	17.923.945,55	19.915,50	21.910,65	312.328,23
2032	30.392	24.314	25.387	17.773	5.487	3.841	5.041	3.529	18.050.853,30	20.056,51	22.066,66	334.394,89
2033	30.651	24.521	25.473	17.833	5.542	3.879	5.102	3.571	18.177.761,05	20.201,52	22.222,67	356.617,56

Fonte: Projeto Executivo Aterro Sanitário – Vol. 1 Memorial Descritivo e Memorial de Cálculo (2019).

3.4 Sistema de produção de biogás

O principal método de produção do biogás é a quebra biológica de material orgânico na ausência de oxigênio, conhecida como digestão anaeróbica. Em plantas industriais, os microrganismos digerem a matéria-prima em um reator controlado, produzindo biogás com 50% a 70% de metano (Wang, 2022).

Segundo Guo (2021), a digestão anaeróbica é um processo biológico que ocorre na ausência de oxigênio, no qual microrganismos degradam a matéria orgânica presente em um substrato, como resíduos orgânicos, lodos de esgoto e esterco animal, produzindo biogás como produto final. Esse processo é dividido em várias etapas:

Hidrólise: É a primeira etapa, na qual as moléculas complexas de matéria orgânica presentes no substrato são quebradas em moléculas menores, como açúcares, aminoácidos e ácidos graxos, pela ação de enzimas extracelulares produzidas pelos microrganismos.

Acidogênese: Nessa fase, as bactérias acidogênicas convertem os açúcares, aminoácidos e ácidos graxos produzidos na fase anterior em ácidos orgânicos de baixo peso

molecular, como ácido acético, butírico e propiônico. Nessa fase, ocorre a produção de metabólitos intermediários, como hidrogênio e dióxido de carbono (CO_2).

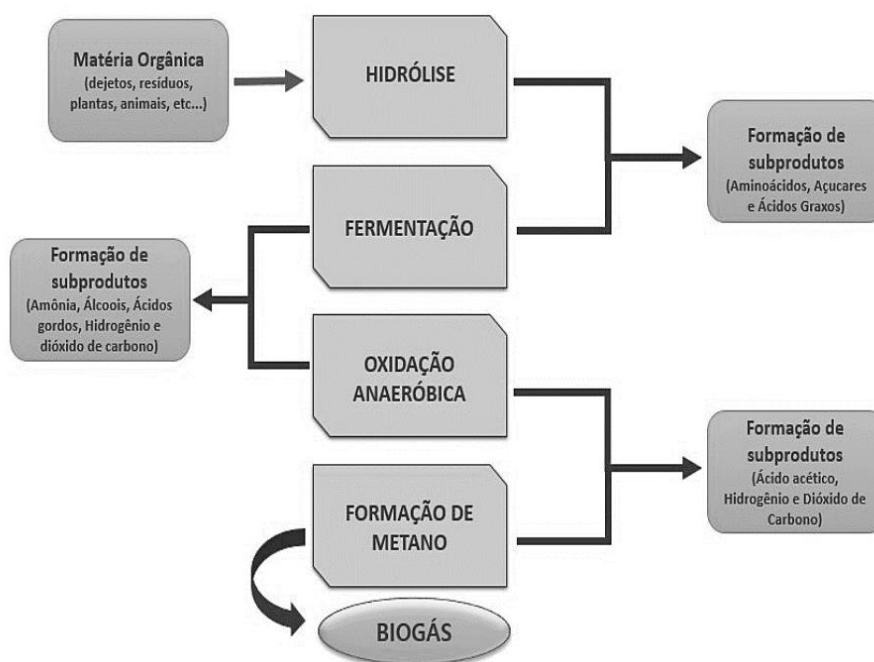
Acetogênese: As bactérias acetogênicas convertem os ácidos orgânicos produzidos na fase anterior em ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono, por meio de uma série de reações químicas.

Metanogênese: As bactérias metanogênicas, utilizando o hidrogênio e o dióxido de carbono produzidos nas fases anteriores, produzem metano e dióxido de carbono, que são os principais componentes do biogás. Nessa fase, ocorre a produção de um resíduo final chamado de digestato, que pode ser utilizado como fertilizante orgânico.

O biogás é composto principalmente por metano e dióxido de carbono, além de pequenas quantidades de outros gases, como sulfeto de hidrogênio (H_2S), amônia (NH_3) e vapor d'água (H_2O). O biogás pode ser utilizado para diversas finalidades, como a geração de eletricidade e calor, produção de biometano para injeção na rede de gás natural, como combustível para veículos (Liu, 2022).

A Figura 10 apresenta as etapas de produção de biogás.

Figura 10 - Etapas de produção do biogás.

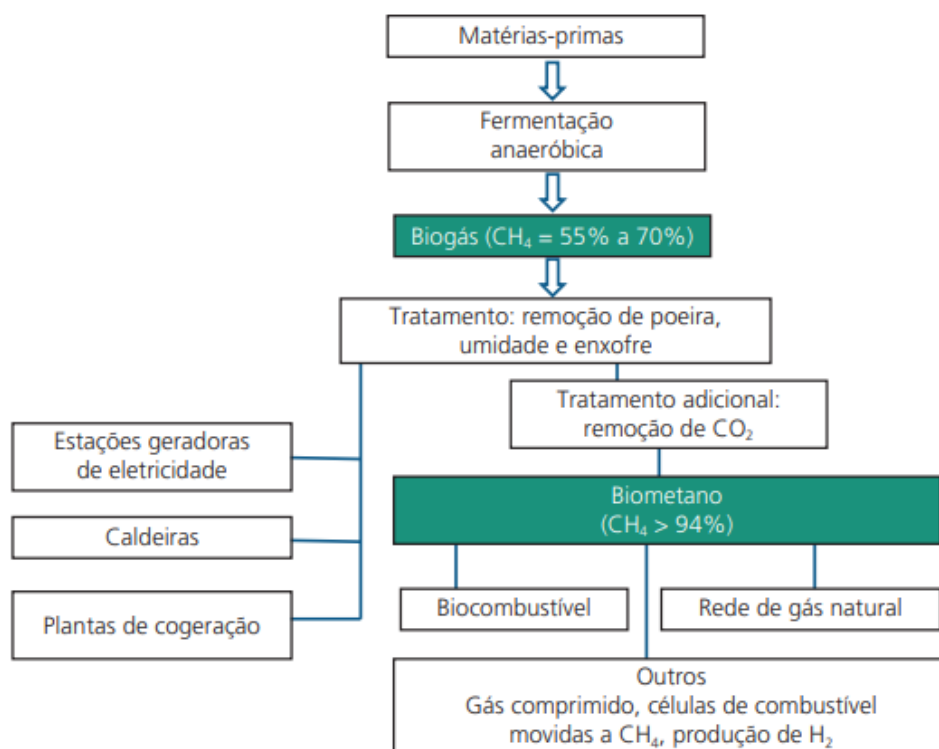


Fonte: Ecycle (2017).

O biogás pode ser melhorado por vários métodos (absorção, adsorção, filtração por membrana, separação criogênica), resultando em uma elevação da percentagem de metano e aproximando o biogás ao gás natural fóssil, o que permite seu uso intercambiável. Uma rota alternativa é a termoquímica, na qual a gaseificação ocorre a altas temperaturas, com calor e oxigênio sendo adicionados. Essa rota, contudo, ainda se encontra na fase de pesquisa e desenvolvimento (OIES, 2017).

A Figura 11 apresenta o processo de produção de biogás.

Figura 11 - Processo de produção de biogás.



Fonte: Adaptado de RABONI; URBINI, 2014.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (2019) relata a dificuldade em definir com exatidão a composição do biogás devido aos diferentes materiais orgânicos e os tipos de tratamentos utilizados na sua produção. Os intervalos usualmente trabalhados são: metano: 50% – 70%; dióxido de carbono: 25% – 50%; hidrogênio (H₂): 0% – 1%; gás sulfídrico (H₂S): 0% – 3%; oxigênio (O₂): 0% – 2%; amônia: 0% – 1%; nitrogênio (N₂): 0% – 7%.

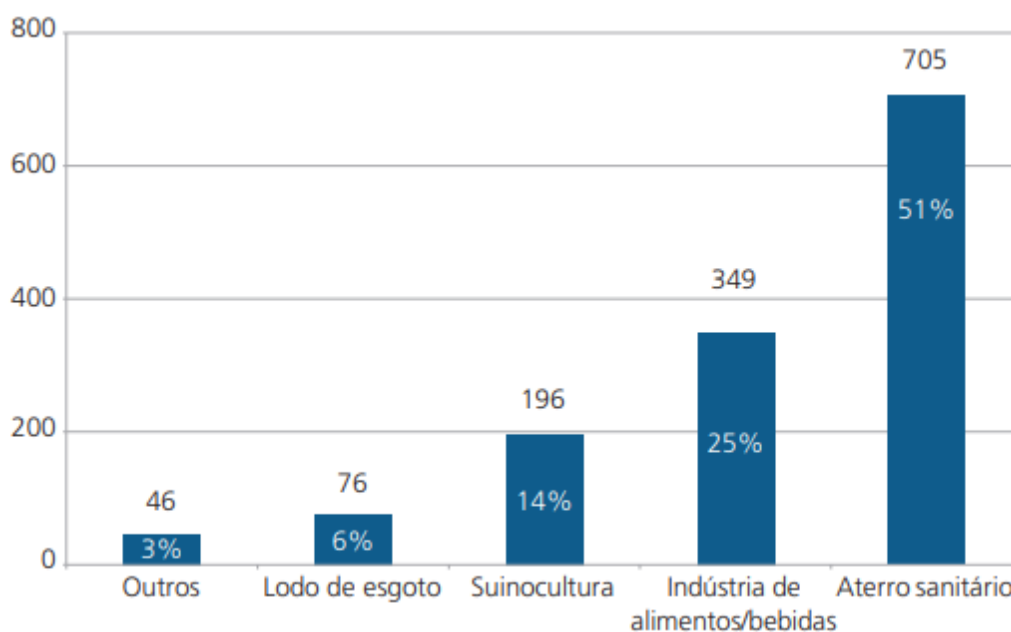
Em 2016, a oferta interna de biogás no Brasil chegou a aproximadamente 274 milhões Nm³ /dia, representando menos de 1% do total (EPE, 2017). O principal substrato na produção

foi o resíduo orgânico oriundo de aterro sanitário foi responsável por aproximadamente 50% da produção nacional (CIBiogas apud EPE, 2017).

Quando comparado a outros combustíveis fósseis, o gás metano possui menos possibilidade de gerar poluentes atmosféricos por unidade de energia gerada. Dessa forma é considerado um combustível limpo e com aplicabilidade desde equipamentos à geração de energia (BEUX, 2005). Para utilização do metano na rede de gás natural ou mesmo no uso em veículos, é necessária a separação das impurezas do produto, pois, este possui níveis altos de materiais que podem corroer motores (GOULDING, 2013). Esse processo de limpeza (ou separação) resulta no biometano, decorrente da concentração de biogás.

As principais fontes de produção de biogás, pela ordem, são os aterros sanitários, a indústria de alimentos e bebidas, a suinocultura e o lodo de esgoto, como se vê na Figura 12. Detalha-se a seguir a utilização desses substratos.

Figura 12 - Produção de biogás por substrato – 2015 (Nm³/dia).



Fonte: EPE, 2017.

Para a obtenção do biogás puro, o principal parâmetro a ser observado na produção é o custo a ser pago pela eletricidade. A Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA, 2017) estimou o custo normalizado da eletricidade (levelised cost of electricity – LCOE) para o biogás entre US\$ 6/kWh e US\$ 14/kWh (OIES, 2017). O principal determinante é relativo ao custo da matéria-prima; caso seja barata e abundante, como os resíduos industriais do

agronegócio e/ou dejetos, os custos diminuem; se são utilizadas plantações dedicadas, o custo aumenta. Em relação ao biometano, deve ser adicionado o custo adicional de processamento, comparado ao custo do gás natural.

O biometano seria competitivo na Europa apenas nos limites inferiores da curva de custos, ressaltando a importância de subsídios governamentais à medida que os custos de produção aumentam. Tais custos dependem principalmente do tipo de cultura e dos custos associados ao transporte. Além disso, reduções relevantes de custos em razão do aumento de escala e adequação de tecnologia podem tornar mais factível a produção (OIES, 2017).

No Brasil, claramente existe uma vantagem competitiva relacionada ao custo inferior das culturas e dos resíduos agroindustriais, quando comparado aos países europeus. Tal vantagem abre possibilidades para aumentar a escala da exploração industrial do biogás no país, especialmente com relação aos resíduos agroindustriais, como discutido mais à frente.

3.5 Biometano e seu potencial sustentável

O biometano é uma denominação para o metano de origem biogênica. Após a purificação do biogás por processos que separam o CO₂ e removem impurezas é gerado o biometano. A purificação do biogás possibilita a injeção deste na rede de gás natural e permite a separação do local onde é gerado o gás de onde ele será utilizado, e dessa forma, o uso na rede de gás natural para armazenamentos de grande porte (PROBIOGÁS, 2016).

De acordo com a Resolução nº 8 de 30, de janeiro de 2015 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o biometano é definido como um biocombustível gasoso constituído essencialmente de metano, derivado da purificação do biogás.

As diversas aplicações possíveis do biogás podem precisar do processo de purificação a fim de aumentar o seu poder calorífico com a retirada de impurezas e umidade da mistura. Coelho (2006) dispõe que além das impurezas pode existir a presença de gás sulfídrico que além de ser altamente corrosivo é capaz de danificar o motor e seu tempo de vida.

A gama de benefícios do biometano chama cada vez mais atenção de agentes do mercado, empreendedores e potenciais consumidores.

Segundo a ABIOGÁS (2022), uma das principais vantagens do uso de biometano é a redução das emissões de gases de efeito estufa, especialmente do dióxido de carbono, que é um dos principais gases responsáveis pelo aquecimento global. Isso ocorre porque a produção de

biometano a partir de resíduos orgânicos evita que esses resíduos sejam destinados para aterros sanitários, onde ocorre a decomposição anaeróbia e a liberação de metano no ambiente, que é um gás com potencial de aquecimento global cerca de 28 vezes maior que o CO₂. Além disso, o uso de biometano como combustível para veículos reduz a emissão de gases poluentes, como o monóxido de carbono (CO), o dióxido de enxofre (SO₂) e os óxidos de nitrogênio (NO_x), que são prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente.

O biometano é uma alternativa sustentável e renovável ao uso de combustíveis fósseis, contribuindo para a redução da dependência desses combustíveis e para a mitigação das mudanças climáticas. Portanto, seu uso é uma importante ferramenta na redução de emissões e na promoção do desenvolvimento sustentável.

Na Figura 13, é possível observar uma usina de biogás localizada em Guariba-SP.

Figura 13 - Usina de biogás da Raízen localizada em Guariba-SP.



Fonte: Raízen, 2020.

As principais impurezas do biogás a ser removidas são: água; hidrocarbonetos; CO₂; H₂S; amônia, oxigênio, siloxina, metais e compostos orgânicos voláteis (COVs). Essas substâncias podem prejudicar a combustão e causar corrosão reduzindo a eficiência do processo. As técnicas mais utilizadas para remoção dessas impurezas são: condensação, adsorção, absorção, refrigeração, separação por membrana e lavagem (Coelho, 2018; Coelho, 2006; Salomon, 2007; Ryckebosch, 2011).

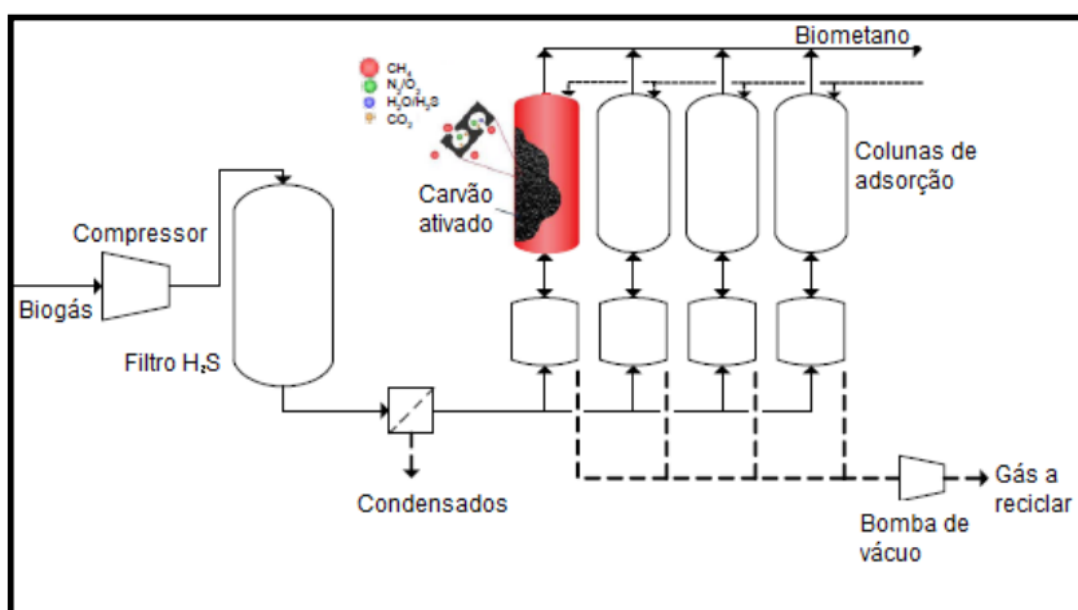
O processo de purificação, acontece de acordo com as seguintes etapas:

- I. Remoção da umidade: O biogás depende de um nível aceitável de umidade, de acordo com a maneira como será empregado. A remoção da umidade pode ser realizada com utilização de glicóis, gel, sílica ou outro componente que possibilite reter a umidade (CRAVEIRO, 1982);
- II. Retirada do gás sulfídrico: O gás passa por uma torre preenchida com óxido de ferro III (Fe_2O_3) e aparas de madeira e conforme atravessa a torre vai eliminando o gás sulfídrico (H_2S), que reage com o óxido de ferro (CRAVEIRO, 1982);
- III. Remoção de gás carbônico: Existem diversas possibilidades de realizar a remoção do gás carbônico. Como apresenta pressão parcial baixa, uma pequena quantidade é retirada no processo que pode ser realizado com a lavagem a água. É possível ainda a remoção de gás carbônico utilizando solventes, com alto custo e periculosidade, como o carbonato de potássio (K_2CO_3) à quente (CRAVEIRO, 1982).

As etapas anteriores são necessárias para resultar na composição final do biometano de aproximadamente 97% de CH_4 e 3% de CO_2 , que pode, assim, ser utilizado na substituição do gás natural.

Na Figura 14 observa-se o sistema de purificação do biogás.

Figura 14 - Sistema de purificação de biogás por Adsorção com Modulação de Pressão (PSA).



Fonte: Cibiogás, 2015.

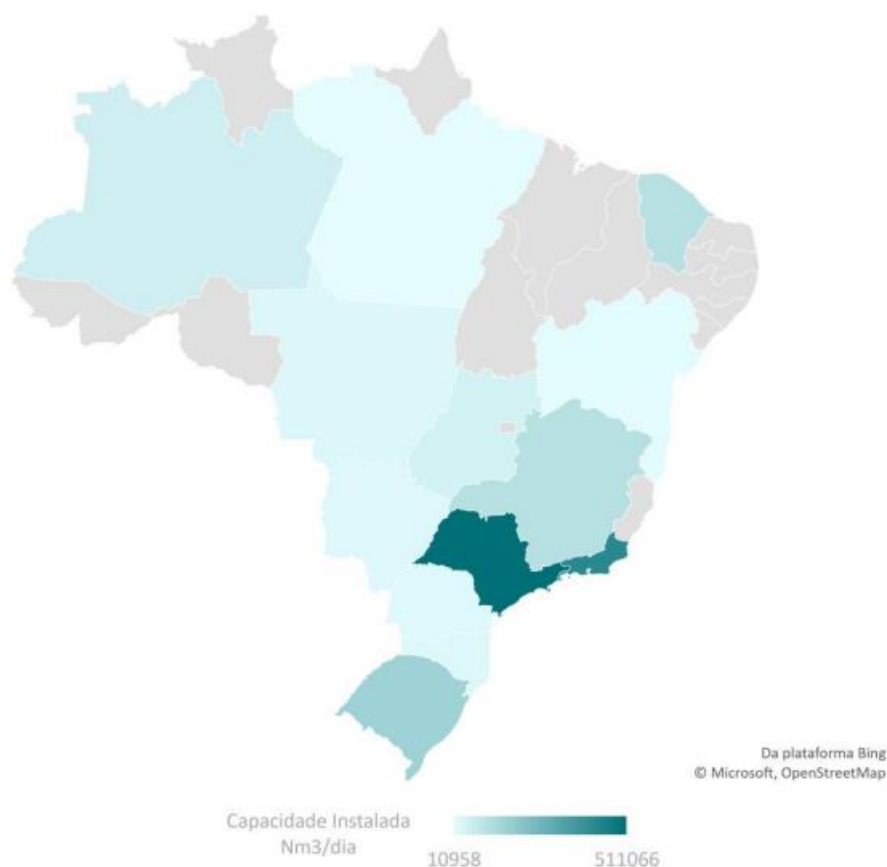
O biometano está inserido no maior Programa Nacional de Biocombustíveis, o RenovaBio. Segundo a Lei nº 13.576 de 2017, o Programa é uma política de Estado que reconhece o papel estratégico de todos os biocombustíveis (etanol, biodiesel, biometano, bioquerosene, entre outros) na matriz energética brasileira no que se refere à sua contribuição para a segurança energética, a previsibilidade do mercado e a mitigação de emissões dos gases causadores do efeito estufa no setor de combustíveis. O RenovaBio é composto por três eixos estratégicos que definem metas de descarbonização, procedimentos para certificação da produção de biocombustíveis e emissão de créditos de descarbonização. Dessa forma, essa ferramenta política transmite um sinal ao mercado sobre a importância dos biocombustíveis, viabilizando uma oferta de energia cada vez mais sustentável, competitiva e segura.

O Brasil não está apartado da onda mundial de investimentos no segmento de biometano, que ganha corpo à medida que os mais diversos agentes no mundo todo se engajam nas iniciativas de redução das emissões de metano. O Brasil vem ganhando reconhecimento como o primeiro país a viabilizar um fundo garantidor para alavancar investimentos em biogás e biometano (Cedigaz, 2022).

Segundo a ANP (2022), o potencial técnico de produção de biometano no Brasil ultrapassa a faixa de 120 milhões de metros cúbicos por dia, valor que se compara à capacidade de produção de gás natural de origem fóssil, que em 2021 foi de 134 MMm³/dia. Esse potencial de biometano poderia substituir 70% da demanda nacional por diesel ou 4,5 vezes a demanda por gás liquefeito de petróleo (GLP). Os valores denotam o enorme potencial de descarbonização e o papel de protagonista que o biometano pode assumir na matriz energética do país. Contudo, atualmente apenas uma pequena parcela desse potencial é explorada por meio de cinco plantas autorizadas pela ANP, que juntas produzem aproximadamente 400 mil metros cúbicos por dia.

De acordo com a ABIOGÁS (2022), o setor tem se aquecido e hoje já existem outras nove plantas em processo de autorização junto à ANP. São esperados investimentos da ordem de R\$ 7,4 bilhões em 41 novas unidades de produção de biometano até 2027 que juntas terão a capacidade de produzir 2,9 milhões de metros cúbicos diários (Figura 15). A produção de biometano pode chegar a 30 milhões de metros cúbicos por dia em 2030. Esse montante tem a capacidade de responder pela redução de 40 milhões de toneladas de CO₂eq por ano, o que representa cerca de 3% das metas assumidas na NDC brasileira.

Figura 15 - Mapa do potencial brasileiro de produção de biometano até 2027.



Fonte: Abiogás, 2022.

3.6 A regulamentação do biometano

Os órgãos governamentais têm buscado regulamentar a produção e consumo do biometano com o objetivo de trazer o aprofundamento das definições técnicas, mecanismos de controle de qualidade, além de contornos bem definidos para criação de um ambiente sólido para novos investimentos no setor.

Nesse sentido, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis estabelece, por meio das Resoluções nº 08/2015 e nº 886/2022, a equivalência técnica do biometano ao gás natural, garantindo também as modalidades de transporte desse biocombustível por meio de caminhões-feixe ou ainda pela injeção na rede de gás canalizado.

Além disso, com o advento da Nova Lei do Gás, Lei 14.134, de 8 de abril de 2021, regulamentada pelo Decreto 10.712, de 2 de junho de 2021, ficou estabelecido que gases aderentes às especificações da ANP podem ser intercambiados com o gás natural, merecendo o

mesmo tratamento regulatório aplicável ao gás natural. Isso estabeleceu a fungibilidade entre o gás natural e o biometano, potencializando sua distribuição e alcance e, consequentemente, ampliando seu mercado potencial pari passu à expansão do próprio mercado de gás no país como um todo.

Já, o Decreto 11.003, de 21 de março de 2022, instituiu a Estratégia Federal de Incentivo ao Uso Sustentável de Biogás e Biometano para fomentar programas e ações de combate às emissões de metano e incentivar o uso do biogás e biometano como energéticos renováveis, para, com isso, contribuir para o alcance dos compromissos climáticos assumidos, como o Global Methane Pledge.

No âmbito dessa estratégia, foi instituído, por meio da Portaria MMA 71, de 21 de março de 2022, o Programa Nacional de Redução de Emissões de Metano (Metano Zero), que A hora do biometano no Brasil | 25 contará com o Programa Nacional de Crescimento Verde, com o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima e com as linhas de pesquisa das agências de fomento.

Ainda no âmbito do Governo Federal, a Portaria Normativa 37/GM/MME, de 20 de março de 2022, incluiu investimentos em biometano no Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (Reidi) ao alterar a Portaria Normativa 19/GM/MME, de 16 de agosto de 2021.

Já o Novo Marco Regulatório do Saneamento Básico, Lei 14.026, de 15 de julho de 2020, reforçou a Política Nacional de Resíduos Sólidos, reafirmando a determinação de extinção dos lixões até 2024, o que também pode favorecer a cadeia produtiva do biogás/biometano.

Por fim, a regulamentação da ANP que orienta as especificações para o biometano oriundo de aterros são:

- Resolução ANP 906, de 18 de novembro de 2022 – Dispõe sobre as especificações do biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais destinado ao uso veicular e às instalações residenciais e comerciais a ser comercializado em todo o território nacional;
- Resolução ANP886, de 29 de setembro de 2022 – Estabelece a especificação e as regras para aprovação do controle da qualidade do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto destinado ao uso veicular e às instalações residenciais, industriais e comerciais, a ser comercializado no território nacional.

3.6 A Contribuição Nacionalmente Determinada

A Contribuição Nacionalmente Determinada (em inglês, Nationally Determined Contribution - NDC) é um compromisso voluntário que os países assumem para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e enfrentar as mudanças climáticas. O acordo internacional sobre o clima, conhecido como Acordo de Paris, estabeleceu que cada país deve apresentar sua NDC indicando as ações que irá tomar para limitar o aquecimento global a 2 graus Celsius acima dos níveis pré-industriais e, se possível, a 1,5 graus Celsius. A NDC de cada país deve conter informações sobre as metas de redução de emissões de gases de efeito estufa, o setor ou setores que serão afetados, os prazos para alcançar essas metas e quaisquer apoios necessários para atingi-las. A NDC é atualizada a cada cinco anos para aumentar a ambição e refletir as mudanças nas políticas e circunstâncias do país. As NDCs são fundamentais para o sucesso do Acordo de Paris e para evitar os piores impactos das mudanças climáticas (UNFCCC, 2015).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2021), o Brasil apresentou sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) em 2021, atualizando a anterior de 2015. A nova NDC do Brasil inclui as seguintes metas e compromissos:

- Redução das emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005 até 2030;
- Alcançar a neutralidade climática até 2050;
- Promover a recuperação e restauração de 12 milhões de hectares de florestas até 2030;
- Eliminar o desmatamento ilegal na Amazônia até 2028 e reduzir o desmatamento ilegal em 50% até 2026;
- Expandir o uso de fontes de energia renovável, com meta de 45% de energias renováveis na matriz energética até 2030;
- Adotar metas de eficiência energética e de redução de emissões nos setores de transportes, indústria, construção civil e agricultura.

Essas metas e compromissos foram apresentados durante a Cúpula de Líderes sobre o Clima em 2021 e estão alinhados com o Acordo de Paris e os objetivos globais de limitar o aquecimento global a 2 graus Celsius acima dos níveis pré-industriais.

Em termos de investimentos necessários para alcançar tal produção de biometano, estima-se a necessidade da aplicação de R\$ 60 bilhões.

3.7 Utilização de biometano como combustível veicular

A utilização de biometano como combustível veicular tem vantagens ambientais e econômicas. A produção e o uso de biometano reduzem as emissões de gases de efeito estufa e outros poluentes do ar, o que pode contribuir para melhorar a qualidade do ar nas cidades e reduzir a poluição global. Além disso, o biometano pode ser produzido localmente, a partir de resíduos locais, o que pode reduzir a dependência de combustíveis importados e ajudar a desenvolver a economia local (WANG, 2021).

A utilização de biometano como combustível veicular também pode ajudar a atender aos objetivos de energia renovável e redução de emissões de gases de efeito estufa estabelecidos por governos e organizações internacionais. Países como Suécia, Dinamarca e Alemanha são líderes mundiais na produção e uso de biometano como combustível veicular (Karin, 2021).

No entanto, a utilização de biometano como combustível veicular ainda enfrenta alguns desafios, como a necessidade de investimentos em infraestrutura para produção, transporte/distribuição (Figura 16) e abastecimento de biometano (Figura 17), bem como a falta de incentivos econômicos e regulamentação adequada em muitos países. No entanto, a crescente preocupação com a mudança climática e a necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa pode impulsionar o desenvolvimento do mercado de biometano como combustível veicular (Fontana, 2021).

Figura 16 - Caminhões de fornecimento de biometano da empresa Cocal.



Fonte: Cocal, 2022.

Figura 17 - Posto de abastecimento de biometano na SCANIA em parceria com a Comgás.



Fonte: SCANIA, 2021.

A forma mais comum de uso biometano é o comprimido com gás pressurizado a 200 bar e armazenado em tanques cilíndricos (Figura 18). Essa pressão é necessária para garantir atendimentos a modelos diferenciados de veículos (PROBIOGÁS, 2016).

Ainda de acordo com a Probiogás (2016) é possível utilizar biometano da mesma forma que o gás natural, assim, pode também ser utilizado em veículos convencionais de gás natural (GNV).

Figura 18 - Caminhões de coleta com cilindros amarelos de biometano.



Fonte: SCANIA, 2022.

De acordo com a Energy and Climate Intelligence Unit (2017), os motores possíveis de utilizar biometano são:

- Motores a biometano específico: são motores projetados para operar com 100% de biometano, neste caso o sistema estequiométrico possui uma eficiência menor quando comparado ao diesel provocando perdas de bombeamento. Esses motores, em geral, são desenhados especificamente para veículos pesados na tentativa de substituir o diesel, porém, podem ser usados também em veículos leves;
- Motores biocombustível de biometano: uma alternativa aos motores usuais por apresentar tanto compartimento para gasolina quanto biometano. Nos sistemas atuais desenvolvidos para este uso, o veículo consegue otimizar o uso de gasolina utilizando biometano e posteriormente gasolina. Tecnologia utilizada em veículos leves;

- Motores a gás com dois combustíveis: apresentam em sua formação tanto a possibilidade de uso do diesel e outros tanques de combustível quanto biometano com sistema de injeção de metano no tubo de admissão, a quantidade de gás a ser utilizado varia em relação a velocidade e a carga do veículo;
- Tricombustível: é a combinação de combustíveis a gás e veículos que utilizam gasolina e etanol, permitindo ao veículo operar de maneira "flex-fuel" ou com biometano;
- Injeção direta de alta pressão (HPDI): é a injeção de diesel e gás na câmara de combustão a alta pressão, a HPDI utiliza o diesel para realizar a combustão, assim como o motor bicomcombustível oferecendo a mesma potência e torque que um motor multicombustível. Além do uso em veículos o biometano também pode ser comercializado através de conexões canalizadas com a rede de distribuição e ainda distribuído como gás comprimido em botijões para venda a terceiros.

3.8 Incentivos para descarbonização

A tendência de longo prazo da produção de energia convencional apresenta um quadro de esgotamento progressivo de fontes tradicionais (por exemplo, hidroeletricidade, carvão, petróleo) e emergência de novas fontes, com destaque para as renováveis. Combinado aos custos crescentes para produção da energia convencional, e com impactos socioambientais relevantes de grandes projetos, o aproveitamento da biomassa, com destaque para o biogás, surge como fonte privilegiada (Milanez, 2008).

De acordo com o MME (2016), a utilização de alternativas energéticas, como o uso de biogás e biometano, promovem o conceito de fontes limpas e renováveis modernas, contribuindo para a redução e emissão dos gases do efeito estufa (GEE). O Quadro 1 mostra detalhadamente todos GEE's e algumas de suas características intrínsecas.

Quadro 1 - Os gases de efeito estufa.

Espécies	Fórmula Química	Tempo de vida (anos)	Potencial de aquecimento global (horizonte de tempo)		
			20 anos	100 anos	500 anos
Dióxido de Carbono	CO ₂	Variável	1	1	1
Metano	CH ₄	12±3	56	21	6.5
Óxido Nitroso	N ₂ O	120	280	310	170

Ozônio	O ₃	0,1 – 0,3	n.d.	n.d	n.d.
HFC-23	CHF ₃	264	9.100	11.700	9.800
HFC-32	CH ₂ F ₂	5,6	2.100	650	200
HFC-41	CH ₃ F	3,7	490	150	45
HFC-43-10mee	C ₅ H ₂ F ₁₀	17,1	3.000	1.300	400
HFC-125	C ₂ HF ₅	32,6	4.600	2.800	920
HFC-134	C ₂ H ₂ F ₄	10,6	2.900	1.000	310
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	14,6	3.400	1.300	420
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	1,5	460	140	42
HFC-143	C ₂ H ₃ F ₃	3,8	1.000	300	94
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃	48,3	5.000	3.800	1.400
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	36,5	4.300	2.900	950
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	209	5.100	6.300	4.700
HFC-145ca	C ₃ H ₃ F ₅	6,6	1.800	560	170
Hexafluorido de Enxofre	SF ₆	3200	16.300	23.900	34.900
Perfluorometano	CF ₄	50.000	4.400	6.500	10.000
Perfluoroetano	C ₂ F ₆	10.000	6.200	9.200	14.000
Perfluoropropano	C ₃ F ₈	2.600	4.800	7.000	10.100
Perfluorociclobutano	c-C ₄ F ₈	3.200	6.000	8.700	12.700
Perfluoropentano	C ₅ F ₁₂	4.100	5.100	7.500	11.000
Perfluorohexano	C ₆ F ₁₄	3.200	5.000	7.400	10.700

Fonte: IPCC, 1996.

Utilizar o potencial energético do biogás significa substituir o uso de fontes poluentes, como os combustíveis fósseis.

O Brasil possui abundância em matéria-prima aproveitável para uso renovável e isto permite aos consumidores gerar sua energia, compensar o faturamento das distribuidoras e possuir garantia do uso de energia limpa. Além disso, a expansão de programas de geração distribuída e os incentivos públicos e privados para iniciativas de fontes energéticas não poluentes colaboram para o desenvolvimento sustentável das cidades.

O cenário atual para a produção de biometano no Brasil é bastante promissor. O país possui uma grande diversidade de recursos naturais que podem ser utilizados para a produção de biometano, o que oferece um potencial significativo para o setor (EPE, 2020).

Alguns exemplos de projetos em andamento no país incluem o uso de resíduos agrícolas como cana-de-açúcar, milho e mandioca para produção de biometano em larga escala, além do aproveitamento de resíduos da indústria alimentícia e dejetos de animais (Barros, 2019).

Além disso, o Brasil possui um grande potencial para a produção de biogás e biometano a partir de resíduos sólidos urbanos.

O governo brasileiro tem incentivado a produção de biometano por meio de políticas públicas que visam a redução das emissões de gases de efeito estufa e o desenvolvimento de fontes de energia renovável. Além disso, a produção de biometano pode gerar empregos e desenvolvimento econômico em regiões rurais e urbanas (Medeiros, 2018).

A expectativa do MME (2016) é que até o ano de 2030 o custo para criar instalações que possibilitem o uso de fontes renováveis, incluindo o biogás, reduza pela metade, de forma que o investimento retorne ao consumidor em poucos anos. Conhecer as possibilidades de utilização energética do biogás pode estruturar novas cadeias de produção de energia gerando emprego e renda, além de contribuir para a sustentabilidade em escala.

No fim de 2015, durante a 21ª Conferência das Partes (COP 21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) em Paris, mais de 190 países se reuniram para formalizar um acordo sobre o clima, com vistas à redução das emissões de GEE. Cada nação, de acordo com suas possibilidades, apresentou seus compromissos com as metas de redução de emissões, conhecidas como Intended Nationally Determined Contribution (INDC).

Na ocasião, o Brasil, tomando como base o volume de emissões de gases de 2005, comprometeu-se a reduzi-las em 37% até 2025, elevando seus esforços até atingir a meta de uma redução de 43% em 2030.

De acordo com a United Nations (2015), a substituição do diesel pelo biometano está conectada diretamente também com alguns Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). As ODS são iniciativas globais liderada pelas Nações Unidas para promover o desenvolvimento sustentável em todo o mundo até 2030. Esses objetivos abrangem uma ampla gama de questões sociais, econômicas e ambientais, incluindo a erradicação da pobreza, a igualdade de gênero, a energia limpa, a saúde e o bem-estar, entre outros.

Para melhor compreender a intersecção dos ODS com a temática dos resíduos sólidos, foi necessário estudar os instrumentos legais aplicáveis no contexto de estudo. No Estado de

São Paulo, o descarte inadequado de resíduos é proibido nos termos da Lei Estadual nº 12.300/2006, que estabelece a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS). A nível nacional, essa proibição foi reforçada com a promulgação da Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Ela define instrumentos e diretrizes para a gestão integrada dos resíduos e estabelece o princípio da responsabilidade compartilhada, o qual atribui aos três entes federados, ao setor produtivo e à sociedade a participação na disposição ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Os biocombustíveis, como o biometano, estão ligados às ODS, principalmente porque oferecem uma alternativa mais limpa e renovável aos combustíveis fósseis tradicionais, ajudando a reduzir as emissões de gases de efeito estufa e a combater a mudança climática.

Os biocombustíveis também podem contribuir para outras metas das ODS, como a promoção da energia limpa e acessível (ODS 7), a redução da desigualdade social e econômica (ODS 10) e o desenvolvimento sustentável das comunidades rurais (ODS 11).

Além disso, a produção de biocombustíveis pode ser realizada de maneira sustentável, seguindo práticas agrícolas responsáveis, como a gestão eficiente da água e do solo, o uso de culturas não alimentares e a proteção da biodiversidade, contribuindo para o alcance das metas de desenvolvimento sustentável relacionadas à produção e ao consumo responsável (ODS 12) e à proteção da biodiversidade (ODS 15).

Portanto, os biocombustíveis, como o biometano, podem contribuir significativamente para o alcance das metas das ODS, promovendo o desenvolvimento sustentável em todo o mundo.

A Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE) estimou as possibilidades para substituição do diesel no setor agropecuário a partir do biogás. Considerando o biogás com 55% em volume de biometano, com equivalência energética de 1 litro de diesel igual a 1 m³ de biometano, em 2026, haveria a produção de 8,4 bilhões Nm³ de biogás, o equivalente a 4,6 bilhões Nm³ de biometano, ou seja 4,6 bilhões de litros de óleo diesel. Esse valor seria suficiente para suprir metade da demanda de diesel estimada para aquele ano, reduzindo as emissões do setor em volume equivalente (EPE, 2017).

O potencial de redução de emissões de gases de efeito estufa que se origina no biometano é ainda mais significativo quando se observa que a produção no Brasil se baseia exclusivamente no aproveitamento energético de resíduos orgânicos. Ou seja, nenhum hectare adicional de terra precisa ser utilizado para gerar esse ativo de descarbonização. Por essas razões, o biometano é uma das alternativas mais interessantes para diversos setores do país, seja

como substituto de combustíveis fósseis utilizados na indústria ou nos transportes de carga e passageiros (ABIOGÁS, 2022).

4. METODOLOGIA

Trilhar uma metodologia adequada é essencial para garantir a qualidade e a confiabilidade dos resultados obtidos. Neste capítulo serão apresentados os métodos utilizados para avaliar o potencial metanogênico do chorume do aterro do CIPP e estimar o volume de biometano gerado. Por fim são apresentadas as metodologias empregadas na avaliação econômica e redução de CO₂ na utilização do biometano nas frotas de coleta de RSU dos municípios do consórcio.

4.1 Estimativa da quantidade de chorume gerado no aterro sanitário do CIPP

Para estimar o volume de chorume gerado ao longo da vida útil do aterro sanitário do CIPP, utilizou-se as informações que constam no Projeto Executivo do Aterro (CIPP, PROJECTA ASSESSORIA E CONSULTORIA, 2019) e podem ser observadas no Quadro 2:

Quadro 2 - Média de geração de chorume.

Mês	Precipitação	Vazão Acumulada para o mês (m³) Trincheira 01	Vazão Acumulada para o mês (m³) Trincheira 02	Vazão Acumulada para o mês (m³) Trincheira 03
Jan	376,6	45,5686	45,5686	61,21633
Fev	330,4	39,9784	39,9784	53,70652
Mar	19,7	2,3837	2,3837	3,202235
Abr	62,1	7,5141	7,5141	10,094355
Mai	12,2	1,4762	1,4762	1,98311
Jun	60,3	7,2963	7,2963	9,801765
Jul	14,2	1,7182	1,7182	2,30821
Ago	1,4	0,1694	0,1694	0,22757
Set	68,7	8,3127	8,3127	11,167185
Out	158,3	19,1543	19,1543	25,731665
Nov	61,8	7,4778	7,4778	10,04559
Dez	199,8	24,1758	24,1758	32,47749

Fonte: CIPP, PROJECTA ASSESSORIA E CONSULTORIA, 2019.

O volume gerado de chorume em cada trincheira é de:

- Trincheira 1: 4.834,8 m³/ano
- Trincheira 2: 4.834,8 m³/ano
- Trincheira 3: 6.692,4 m³/ano (CIPP, PROJECTA ASSESSORIA E CONSULTORIA, 2019).

Com base na estimativa de vida útil do aterro, as trincheiras teriam a seguinte vida útil:

- Trincheira 1: 5 anos
- Trincheira 2: 6 anos
- Trincheira 3: 6 anos (CIPP, PROJECTA ASSESSORIA E CONSULTORIA, 2019).

Com isso, para a quantificação do volume gerado de chorume ao longo da vida útil do aterro do CIPP, multiplicou-se o volume estimado gerado de chorume por ano em cada trincheira pela vida útil de cada trincheira.

4.2 Produção de biogás a partir do chorume gerado no aterro sanitário do CIPP

Para estimar a produção de biogás do chorume gerado no aterro do CIPP, foram coletadas amostras para análises laboratoriais realizadas em um laboratório terceirizado.

Segundo a APHA (2017), para garantir a integridade das amostras de chorume, elas devem ser coletadas em recipientes estéreis e resistentes à corrosão, como frascos de vidro ou plástico, e imediatamente colocadas em refrigeração a uma temperatura entre 4 e 8°C para evitar a proliferação bacteriana e a alteração da composição química. O uso de gelo ou caixas térmicas é recomendado durante o transporte das amostras para manter a temperatura adequada.

É importante ressaltar que a refrigeração das amostras de chorume deve ser feita o mais rápido possível após a coleta, de preferência em até 30 minutos, para garantir a precisão dos resultados das análises laboratoriais. Além disso, o manuseio adequado das amostras, evitando a contaminação externa, é fundamental para garantir a validade dos resultados (Araújo, 2015).

A amostra de chorume do aterro do CIPP foi coletada no dia 30 de setembro de 2022

e foi realizada pelos operadores do próprio aterro. Ao todo foi coletada apenas 1 amostra para realização dos testes. Segundo o laboratório terceiro contratado, apenas uma amostra já seria suficiente para determinação dos parâmetros analisados, entretanto, tal amostra deveria ser armazenada imediatamente em um isopor com gelo para preservar o teor de matéria orgânica do chorume que estava presente no chorume da lagoa assim que foi coletado.

Em geral, a degradação da matéria orgânica é mais rápida em temperaturas mais altas, entre 25°C e 45°C, com um ponto ótimo em torno de 37°C. Temperaturas abaixo de 0°C inibem a decomposição, enquanto temperaturas acima de 60°C podem matar os microrganismos responsáveis pela decomposição (ADANI et al., 2006).

No laboratório, as amostras foram submetidas a um processo de digestão anaeróbia.

Segundo Rajagopal (2017), o processo de digestão anaeróbia em escala laboratorial segue basicamente os mesmos princípios do processo em escala industrial, mas em menor escala e pode ser usado para estudar e otimizar as condições de operação do processo, como a temperatura, pH, tempo de retenção, tipo de material orgânico, concentração de bactérias e outras variáveis. Ele também pode ser usado para avaliar a eficiência do processo de digestão anaeróbia em diferentes tipos de resíduos e para determinar as condições ideais para maximizar a produção de biogás e biofertilizante.

Para realizar a digestão anaeróbia em escala laboratorial, é necessário um reator anaeróbio, que pode ser de vidro, plástico ou outro material. O reator é preenchido com material orgânico e inoculado com bactérias anaeróbias. O material orgânico é então convertido em biogás e biofertilizante por meio da ação das bactérias (BATSTONE, 2002).

A amostra de chorume deu entrada no laboratório no dia 01 de outubro de 2022. O processo de digestão anaeróbia do chorume foi acompanhado semanalmente por meio de análises laboratoriais para mensurar os seguintes parâmetros: Matéria seca (5), umidade (%), matéria orgânica (%), cinzas (%), proteínas (%), lipídios (%), celulose (%), lignina (%), outros carboidratos (%), enxofre total (mg/kg), fósforo total (mg/kg), potássio total (mg/kg), geração de biogás estimada (m³/ton), teor de metano (%), teor de enxofre (ppm) e produtividade de biometano (Nm³/ ton de MO).

O Potencial Bioquímico de Metano (PBM) é o método utilizado para estimar a produção de metano a partir de testes experimentais em escala de bancada. São utilizadas condições ideais de processo para maximizar a produção de gás, apesar de na prática nem sempre as condições são viáveis de ser alcançadas. Algumas associações internacionais padronizaram e certificaram metodologias, como a ISO 11734, ASTM E-2170-01 e VDI 4630. Tal método, segundo o laboratório terceiro, foi utilizado para análise do chorume do aterro.

A norma VDI 4630 (2016) estabelece a caracterização de substratos, amostragem, coleta de dados e procedimento de teste de digestão anaeróbia de materiais orgânicos, será utilizada neste trabalho e descrita neste tópico. A publicação cita alguns cuidados que devem ser tomados para garantir a confiabilidade do resultado, como a temperatura do processo e temperatura ambiente, a execução em paralelo de amostras apenas com inóculo e também com um padrão com produção de biogás conhecido (celulose microcristalina) para comprovar a eficiência do inóculo, a vedação da coluna d'água com solução salina e ácida, a lavagem das vidrarias e incubação com gás nitrogênio para retirar o residual de oxigênio e um fator de correção para volume de acordo com a pressão e temperatura ambientes. O lodo utilizado como inóculo deve ser estritamente anaeróbio e cultivado na temperatura da incubação, preferencialmente adaptado ao substrato a ser utilizado. A metodologia também propõe que a relação entre a massa de SVT do lodo adicionado como inóculo e da amostra não deve ser superior a 0,5, para que não haja acidificação por excesso de carga orgânica. O PBM é calculado pela razão entre o volume de gás produzido e a quantidade de sólidos voláteis adicionados. A leitura do gás em volume e composição química é realizada diariamente na fase inicial e com uma frequência menor na fase estacionária, até que a diferença de 33 volume produzido seja menor que 0,5% em três dias. O tempo de reação varia de acordo com as características da amostra analisada.

Com isso, a partir da obtenção dos resultados, estimou-se e quantificou-se a quantidade de biogás e biometano gerada, utilizando como base a planta de biogás de uma usina localizada em Narandiba.

Figura 19 - Planta de Biogás em Narandiba.



Fonte: Copersucar, 2021.

Para os cálculos da quantidade de biometano gerado utilizou-se uma eficiência de 90% de produção em escala industrial. Tal eficiência foi repassada pelo laboratório terceiro contratado que informou que em escala laboratorial, a produção de biometano a partir da matéria orgânica presente é de 100% aproximadamente, entretanto, em escala industrial de uma usina, segundo levantamentos do próprio laboratório e confirmadas pela usina de biogás e biometano da região, a eficiência cai para 90%.

Para a quantificação de volume de matéria orgânica disponível para a biodigestão, utilizou-se a equação 1.

Volume de matéria orgânica disponível para biodigestão (m^3) = Teor de matéria orgânica (%) * Volume de chorume (m^3) (eq. 1)

Para a quantificação do volume de biometano gerado a partir do volume de matéria orgânica disponível para biodigestão, utilizou-se a equação 2.

Volume estimado de biometano gerado (Nm^3) = Fator de Produtividade ($\text{Nm}^3 \text{CH}_4/\text{t M.O.}$) * Volume de matéria orgânica disponível para biodigestão (m^3) * Rendimento industrial de biogás numa usina de açúcar e álcool adotada de referência (%) (eq. 2)

4.3 Análise da substituição de diesel por biometano

4.3.1 Levantamento de consumo de diesel e custos das frotas de coleta de RSU

Para análise da potencial substituição de diesel por biometano na frota de coleta dos municípios do CIPP realizou-se um levantamento por meio de solicitação dos dados operacionais da frota de coleta de RSU às Prefeituras Municipais de Pirapozinho, Narandiba e Tarabai e Sandovalina.

Os dados operacionais e econômicos requisitados às Prefeituras foram:

- Quilometragem (km) total realizada pelas frotas de coleta de RSU no ano de 2022;
- Quantidade total de litros de diesel consumida pelas frotas de coleta de RSU no ano de 2022;
- Custo total (R\$) empenhado para abastecimento das frotas de coleta de RSU no ano de 2022;
- Fator Km/L no ano de 2022;
- Fator R\$/L no ano de 2022.

4.3.2 Levantamento de informações e custos para conversão e utilização do biometano como combustível veicular

A conversão de caminhões movidos a diesel para biometano pode trazer vários benefícios ambientais e econômicos. O biometano é um biocombustível produzido a partir da decomposição de matéria orgânica, como resíduos agrícolas, de alimentos e de esgoto.

Foram levantados no mercado as empresas que fornecem o kit de conversão de motor à diesel para utilização do biogás/biometano. Os kits de conversão variam entre US\$ 10.000,00 a US\$ 30.000,00. Para a presente pesquisa adotou-se o valor de US\$ 10.000,00. Já os custos de manutenção dos motores a biogás e biometano são 8% superiores aos custos de manutenção dos motores a diesel sendo que o custo de manutenção dos caminhões diesel é, em média, R\$

0,4474/km rodado. De acordo com a o fabricante Scania, um caminhão movido a biogás e biometano consegue rodar 2,47 quilômetros com um metro cúbico de GNV em média (FILHO, 2022).

Para o levantamento do valor do m³ de biogás, realizou-se um levantamento junto a uma usina de açúcar e álcool da região, que produz e comercializa biogás e biometano.

Por fim, após a coleta dos dados e informações, os dados foram tratados e foram comparados, através de uma tabela, os custos do diesel, adicionado aos custos de manutenção dos caminhões compactadores e foi feita a comparação dos mesmos para o biogás/biometano.

Com isso, foi possível analisar economicamente o uso de diesel nas frotas de coleta de RSU e sua possível substituição por biometano.

Além disso, para a realização de uma análise comparativa entre a utilização do diesel e do biometano pelas frotas de coleta de RSU e a avaliação do potencial substituição do combustível fóssil pelo renovável, todos os custos e despesas do cenário diesel e do cenário biometano foram tratados e comparados com base na quilometragem de rodagem do ano fiscal nos municípios do CIPP em 2022.

A partir da comparação de custos e despesas entre o diesel e biometano, avaliou-se em diferentes cenários a possibilidade de inclusão do biometano gerado a partir do chorume do aterro dentro do modal atual e verificou-se a porcentagem de sua representatividade no CIPP como um todo ou atendendo municípios específicos de acordo com a necessidade de combustível para realização das coletas verificadas no levantamento de custos das frotas de coleta.

4.4 Quantificação em gCO₂eq não emitidos pela substituição do diesel pelo biometano

Na presente pesquisa também se avaliou as emissões de CO₂ no cenário 1: Utilizando o combustível convencional (diesel) na frota de coleta de RSU e no cenário 2: Utilizando o biometano nas frotas em substituição ao diesel.

Para estimar a emissão de dióxido de carbono equivalente considerou-se a intensidade de carbono de 3072 gCO₂ eq/L de diesel e 0,18 gCO₂ eq/L biometano, valores estes calculados por Penteado (2022), por meio das premissas apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Premissas para estimativa de emissões por tipo de combustível.

	Diesel	Biometano	Unidade
Intensidade de Carbono	86,5	4,84	gCO ₂ .MJ ⁻¹
PCI	42,29	48,25	MJ.kg ⁻¹
Massa específica	0,84	0,00076	kg.L ⁻¹

Fonte: Adaptado de (ANP, 2018)

Para o cálculo da quantidade de CO₂ por combustível utilizado, utilizou a intensidade de carbono calculada por Penteado (2022), e a partir do volume de litros de diesel utilizados pelas frotas dos municípios de CIPP, e de biometano em substituição do diesel, foi calculado a quantidade de CO₂ emitida total e realizou-se uma comparação entre o diesel e o biometano.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Resultados da biodigestão anaeróbica em escala laboratorial do chorume

No dia 31 de janeiro de 2023, o laboratório da Geo Biogás & Tech de Londrina, encaminhou os resultados da análise do chorume do aterro do CIPP.

Os resultados podem ser observados no Quadro 4.

Quadro 4 - Resultados do potencial metanogênico do aterro do CIPP.

Resultado Análise	
Análise Centesimal	
Local: Usina de biogás de empresa sucroalcooleira localizada no município de Narandiba	
Entrada laboratório: 01/10/2022	
	Chorume CIPP
Matéria seca (%)	1,2
Umidade (%)	98,8
Matéria orgânica (%)	0,6
Cinzas (%)	0,6
Proteína (%)	0,3
Lipídios (%)	0,0
Celulose (%)	0,0
Lignina (%)	0,0
Outros carboidratos (%)	0,3
Enxofre Total (mg/kg)	630
Fósforo Total (mg/kg)	3.273
Potássio Total (mg/kg)	358
Geração de biogás estimada (m ³ /ton)	4,06
Teor de metano (%)	55,5
Teor de enxofre (ppm)	56.849
Produtividade (Nm ³ CH ₄ /ton MO)	380

Fonte: Geo Biogás & Tech, 2023.

Analisando os resultados da análise do chorume do aterro do CIPP, observou-se um baixo teor de matéria orgânica nas amostras. Na amostra o teor de matéria orgânica ficou em 0,6%.

Como comparação, segundo a Geo Biogás & Tech, o teor de matéria orgânica da torta de filtro é de aproximadamente de 17,9% e da vinhaça em 0,9%, substratos esses utilizados pela Planta de biogás e biometano da região para produção de biometano.

O teor de matéria orgânica é um fator importante para análise do potencial metanogênico, pois através desse teor, indica-se a porcentagem de matéria orgânica a ser biodigerida no processo de biodigestão anaeróbia para produção de CH₄.

Segundo relatos da usina de biogás estudada e do laboratório da Geo Biogás & Tech, uma das causas para o baixo teor de matéria orgânica encontrado nas análises, ocorre devido a permanência do chorume na lagoa por muito tempo na lagoa sem tratamento adequado e com exposição a condições climáticas do ambiente.

De acordo com Leite (2019), a decomposição natural da matéria orgânica presente no efluente pode ocorrer de forma lenta e incompleta em lagoas sem o tratamento adequado, resultando na perda de teor de matéria orgânica ao longo do tempo.

Um plano de ação contra a perda de matéria orgânica seria a utilização do efluente líquido para biodigestão em um menor período de tempo, além de uma estrutura melhor para armazenamento do chorume como uma cobertura para a lagoa.

Observou-se que o fator Produtividade do chorume do aterro do CIPP ficou em 380 Nm³ CH₄/t MO. Tal fator é importante, pois através dele, calcula-se a quantidade de biometano gerado por tonelada de MO.

Segundo informações repassadas pela Geo Biogás & Tech, a produtividade da torta de filtro é de 319 Nm³ CH₄/t MO e da vinhaça é 334 Nm³ CH₄/t MO, isso indica que a produtividade do chorume do CIPP é maior que o dos 2 substratos hoje utilizados pela usina em estudo.

5.2 Quantidade de chorume gerado no aterro do CIPP

Após o levantamento e análise do Projeto Executivo do Aterro Sanitário do CIPP (2019), observou-se que a vida útil de cada trincheira do aterro é de:

- Trincheira 1: 5 anos
- Trincheira 2: 6 anos
- Trincheira 3: 6 anos

Ainda de acordo com o Projeto Executivo do Aterro (2019), o volume de chorume gerado nas trincheiras 1, 2 e 3 seriam de:

- Trincheira 1: 4.834,80 m³/ano
- Trincheira 2: 4.834,80 m³/ano
- Trincheira 3: 6.692,40 m³/ano

Sendo assim, o volume de chorume gerado ao longo da vida útil do aterro sanitário pode ser observado no Quadro 5 abaixo:

Quadro 5 - Volume de chorume gerado ao longo da vida útil do aterro sanitário do CIPP.

Trincheira	Vida útil (anos)	Volume gerado/ano (m³/ano)	Volume de chorume total gerado (m³)
Trincheira 1	5	4.834,80	24.174,00
Trincheira 2	6	4.834,80	29.008,80
Trincheira 3	6	6.692,40	40.154,40
Total	17	16.362,00	93.337,20

Fonte: Autor, 2023.

Ao todo, o volume de chorume gerado no aterro sanitário ao longo de seus 17 anos de vida útil seria de 93.337,2 m³.

5.3 Quantidade de biometano produzido a partir da biodigestão do chorume

Para a quantificação de biometano gerado, utilizou-se o teor de matéria orgânica obtido nas análises realizadas em laboratório terceiro, e a partir da equação 1 e equação 2, determinou-se a quantidade de biometano gerado.

Inicialmente, estimou-se o volume de chorume gerado no aterro ao longo de sua vida útil por ano.

O Quadro 6 apresenta a estimativa de volume gerado por ano.

Quadro 6 - Volume de chorume gerado no aterro do CIPP por ano.

Trincheira	Ano	Volume de chorume gerado (m³)
1	1	4.834,80
1	2	4.834,80

1	3	4.834,80
1	4	4.834,80
1	5	4.834,80
2	6	4.834,80
2	7	4.834,80
2	8	4.834,80
2	9	4.834,80
2	10	4.834,80
2	11	4.834,80
3	12	6.692,40
3	13	6.692,40
3	14	6.692,40
3	15	6.692,40
3	16	6.692,40
3	17	6.692,40

Fonte: Autor, 2023.

Posteriormente, estimou-se o volume de biometano gerado por ano. Primeiramente calculou-se o volume de biometano gerado a partir do volume anual de 4.834,8 m³ que se estende ano a ano desde o 1º ano até o 11º ano da vida útil do aterro do CIPP. O volume de biometano gerado foi de 10.225,80 Nm³.

Para a geração de biometano por ano na Trincheira 3, utilizou-se a estimativa de volume de chorume gerado de 6.692,40 m³ por ano. Sendo assim, a geração de biometano 13.731,30 Nm³ de biometano do 12º ao 17º ano foi de 13.731,30 Nm³.

Com isso, observa-se pelo Quadro 7 o volume de biometano gerado por ano no aterro, que ao final de sua vida útil é de 188.871,60 Nm³.

Quadro 7 - Volume de biometano produzido por ano.

Trincheira	Ano	Volume de chorume gerado (m ³)	Volume de biometano (m ³)
1	1	4.834,80	10.225,80
1	2	4.834,80	10.225,80

1	3	4.834,80	10.225,80
1	4	4.834,80	10.225,80
1	5	4.834,80	10.225,80
2	6	4.834,80	10.225,80
2	7	4.834,80	10.225,80
2	8	4.834,80	10.225,80
2	9	4.834,80	10.225,80
2	10	4.834,80	10.225,80
2	11	4.834,80	10.225,80
3	12	6.692,40	13.731,30
3	13	6.692,40	13.731,30
3	14	6.692,40	13.731,30
3	15	6.692,40	13.731,30
3	16	6.692,40	13.731,30
3	17	6.692,40	13.731,30
Total		93.337,20	194.871,60

Fonte: Autor, 2023.

5.4. Dados de consumo de diesel e custos da frota de coleta de RSU

Para a coleta de informações de despesas e dados das frotas de coleta de RSU dos municípios que compõe o consórcio do CIPP no ano de 2022, foram realizados contatos via e-mail e telefônico com as Secretária de Finanças dos municípios. Tais despesas são importantes para realização da análise econômica e ambiental da utilização do biometano pelo diesel.

5.4.1 Narandiba

Para realização do levantamento de despesas das frotas de coleta de RSU de Narandiba, entrou-se em contato com a Secretária de Administração para envio e tratamento das informações referentes ao ano de 2022.

O Quadro 8 apresenta o consumo e custos das frotas de resíduos sólidos urbanos domiciliares no município de Narandiba em 2022.

Quadro 8 - Consumo e custos das frotas de resíduos sólidos urbanos no município de Narandiba em 2022.

Frota	Combustível	Litros	Custo (R\$)	Km Total	Km/L	R\$/km
FIL9676	Diesel S10	7.349,27	49.221,81	19.104	2,60	2,58
GAH8C23	Diesel S10	64,59	434,05	0	0	0
TOTAL		7.413,86	49.655,86	19.104	2,57	2,59

Fonte: Prefeitura Municipal de Narandiba, 2023.

5.4.2 Sandovalina

Para realização do levantamento de despesas das frotas de coleta de RSU de Sandovalina, entrou-se em contato com a Diretoria de Finanças para envio e tratamento das informações referentes ao ano de 2022.

O Quadro 9 apresenta o consumo e custos das frotas de resíduos sólidos urbanos domiciliares no município de Sandovalina em 2022.

Quadro 9 - Consumo e custos das frotas de resíduos sólidos urbanos no município de Sandovalina em 2022.

Frota	Combustível	Litros	Custo (R\$)	Km Total	Km/L	R\$/km
EHE5877	Diesel S10	4.966,40	34.284,97	12.416	2,50	2,76
TOTAL		4.966,40	34.284,97	12.416	2,50	2,76

Fonte: Prefeitura Municipal de Sandovalina, 2023.

5.4.3 Pirapozinho

Para realização do levantamento de despesas das frotas de coleta de RSU de Pirapozinho, entrou-se em contato com a Divisão Municipal de Finanças, para envio e tratamento das informações referentes ao ano de 2022.

Observou-se que os registros dos dados de todos os veículos foram realizados de forma equivocada com erro na digitação da quilometragem.

O único veículo que foi possível realizar o ajuste com base em entrevista realizada responsável do setor em Pirapozinho foi o veículo QAD0477.

Quanto as informações de diesel consumido e sua respectiva despesa estavam corretos. Com isso utilizou-se o fator Km/L do veículo QAD0477 para a realização da estimativa da quantidade de Km rodado pelos veículos EGI3826 e CPV9509 e prosseguimentos dos estudos.

O Quadro 10 apresenta o consumo e custos das frotas de resíduos sólidos urbanos domiciliares no município de Pirapozinho em 2022.

Quadro 10 - Consumo e custos das frotas de resíduos sólidos urbanos no município de Pirapozinho em 2022.

Frota	Combustível	Litros	Custo (R\$)	Km Total	Km/L	R\$/km
CPV9509	Diesel S10	6.185,02	40.204,37	24.863,78	4,02	1,61
EGI3826	Diesel S10	6.333,38	41.138,99	25.460,18	4,02	1,61
QAD0477	Diesel S10	3.478,90	23.295,86	14.001,00	4,02	1,66
TOTAL		15.997,3	104.639,22	64.324,96	4,02	1,62

Fonte: Prefeitura Municipal de Pirapozinho, 2023.

5.4.4 Tarabai

Para realização do levantamento de despesas das frotas de coleta de RSU de Pirapozinho, entrou-se em contato com o Departamento de Administração e Finanças, para envio e tratamento das informações referentes ao ano de 2022.

O Quadro 11 apresenta o consumo e custos das frotas de resíduos sólidos urbanos domiciliares no município de Tarabai em 2022.

Quadro 11 - Consumo e custos das frotas de resíduos sólidos urbanos no município de Tarabai em 2022.

Frota	Combustível	Litros	Custo (R\$)	Km Total	Km/L	R\$/km
FFF8220	Diesel S10	5.067,19	34.284,99	12.705	2,50	2,58
TOTAL		5.067,19	34.284,99	12.705	2,50	2,69

Fonte: Prefeitura Municipal de Tarabai, 2023.

5.5 Estimativa custos de manutenção do motor a diesel e a biogás e biometano

De acordo com Filho (2020), os custos de manutenção dos motores a biogás e biometano são 8% superiores aos custos de manutenção dos motores a diesel e o custo de manutenção dos caminhões diesel é, em média R\$ 0,4474/km rodado.

Para o presente estudo, utilizou-se o fator para cálculo do custo de manutenção de caminhões a diesel, pois não foram disponibilizados os custos de manutenção pelos municípios.

Sendo assim, o Quadro 12 apresenta o custo de manutenção de cada veículo da frota separados por municípios e os custos de manutenção dos mesmos, caso fossem convertidos em biogás (custos 8% superiores).

Quadro 12 - Custos de manutenção para o consumo de diesel e no cenário de consumo de biometano.

Município	Km rodado	Custos de Manutenção Diesel	Custos de Manutenção Biogás/Biometano
Narandiba	19.104	R\$ 8.547,13	R\$ 9.230,90
Sandovalina	12.416	R\$ 5.554,91	R\$ 5.999,31

Pirapozinho	64.324	R\$ 28.778,55	R\$ 31.080,84
Tarabai	12.705	R\$ 5.684,21	R\$ 6.138,94
Total Ano	108.549	R\$ 48.561,80	R\$ 52.449,99

Fonte: Autor, 2023.

5.6 Levantamento do consumo do motor a biogás

Segundo o fabricante Scania, um caminhão movido a biogás e biometano consegue rodar 2,47 quilômetros com um metro cúbico de GNV em média (FILHO, 2022).

Sendo assim, o Quadro 13 apresenta a comparação entre a quantidade estimada de biometano necessária para as frotas de coleta rodarem com base no levantamento do ano de 2022 e o consumo de diesel no mesmo ano.

Quadro 13 - Volume de diesel consumido pelas frotas de coleta de RSU em 2022 e volume de biometano necessário para suprir a demanda.

Município	KM rodado	Biometano Necessário (Nm3)	Diesel Consumido (L)
Narandiba	19.104	7.734,41	7.413,86
Sandovalina	12.416	5.026,72	4.966,40
Pirapozinho	64.324	26.042,10	15.997,3
Tarabai	12.705	5.143,72	5.067,19
Total Ano	108.549	43.946,95	33.444,75

Fonte: Autor, 2023.

5.7. Análise do potencial substitutivo do diesel pelo biometano

Após o levantamento dos custos e consumo de diesel da frota de coleta de RSU dos municípios do CIPP no ano de 2022 e o volume de biometano necessário para suprir a demanda de combustível de acordo com a quilometragem rodada em 2022, realizou uma análise comparativa.

Segundo a usina de biogás e biometano localizada em Narandiba, que produz e comercializa biogás e biometano na região, o preço médio comercializado pelo m³ do biometano no ano de 2022 foi de R\$ 2,17. Com isso, o custo total de biocombustível seria de R\$ 95.364,88

De acordo com Filho (2022), valor de conversão do motor para biogás é US\$ 10.000,00. Considerando que ao todo foram utilizados 7 veículos pelos municípios do CIPP para realização da coleta de RSU, ao todo, o custo de investimento para conversão dos caminhões seria de 70 US\$ 70.000,00. Já os custos de manutenção dos motores a biogás e biometano são 8% superiores aos custos de manutenção dos motores a diesel sendo que o custo de manutenção dos caminhões diesel é, em média R\$ 0,4474/km rodado.

Segundo o Banco Central do Brasil (2023), o dólar americano fechou 2022 em \$ 5,16, sendo assim o investimento total para conversão dos veículos de coleta de RSU ficaria R\$ 361.200,00.

A partir disso, o Quadro 14 apresenta os custos totais do cenário a diesel e do cenário do biometano e o investimento necessário para conversão das frotas.

Quadro 14 - Custos do diesel e do biometano para coleta de RSU e investimento para conversão.

	Diesel	Biometano
Custos Combustível	R\$ 222.865,04	R\$ 95.364,88
Custos Manutenção	R\$ 48.561,80	R\$ 52.449,99
Custo Total	R\$ 271.426,84	R\$ 147.814,87
Investimento Conversão	-	R\$ 361.200,00

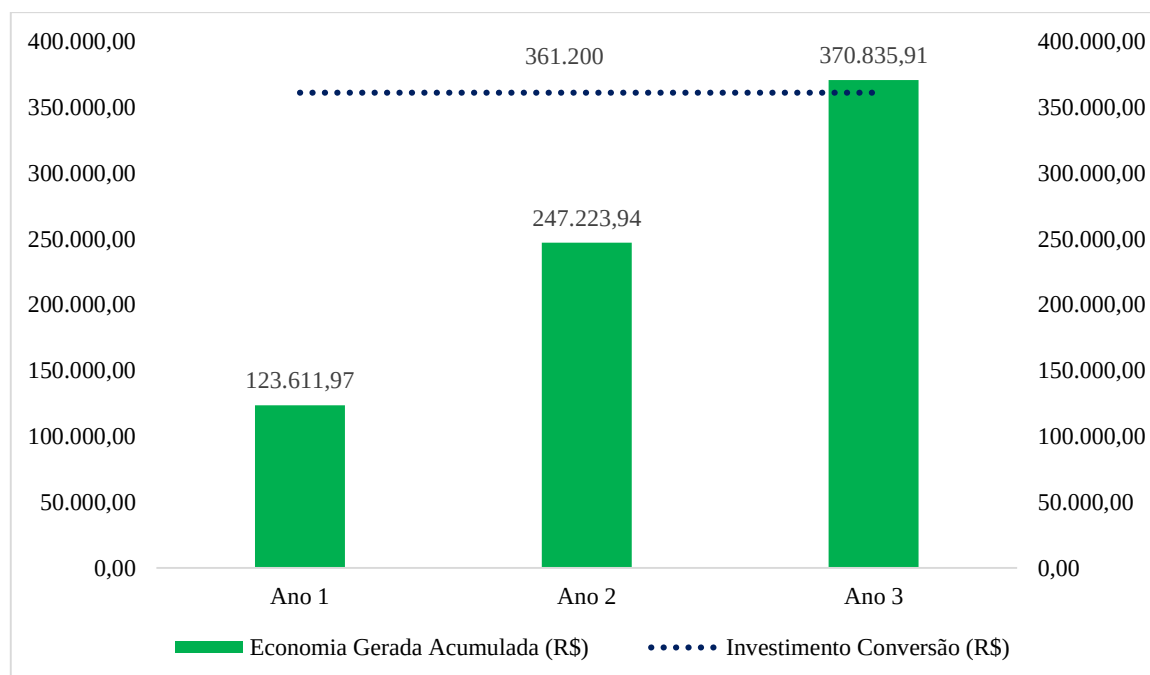
Fonte: Autor, 2023.

A partir do levantamento dos dados de custos de diesel e biometano e o investimento necessário para conversão, observou-se que a economia gerada utilizando o biometano como biocombustível em relação ao diesel seria de R\$ 123.611,97 por ano.

Sendo assim, o tempo necessário para o retorno do investimento na conversão dos veículos seria de 3 anos considerando um volume necessário de 43.946,95 m³ de biometano.

O Gráfico 2 apresenta a quantidade de anos necessária para retorno do investimento na conversão.

Gráfico 2 - Quantidade de anos necessária para retorno do investimento na conversão de todos os veículos.



Fonte: Autor, 2023.

Entretanto, conforme apresentado no Quadro 6, o volume de biometano gerado nos primeiros 11 anos do aterro do CIPP seria de 10.225,80 por ano e 13.731,30 por ano a partir do 12º ano.

Sendo assim, tendo em vista que a demanda por biometano por ano seria de 43.946,95 e os volumes possíveis gerados seriam de 10.225,80 e 13.731,30, a demanda seria suprida apenas em 23,3% por ano nos 11 primeiros anos e 31,2% por ano nos últimos 6 anos.

O Quadro 15 apresenta quanto o volume de biometano gerado pelo chorume representaria em relação a demanda total de cada município por ano nos 11 primeiros anos e nos últimos 6 anos de vida útil do aterro.

Quadro 15 - Representatividade do volume de biometano gerado através do chorume em relação ao volume de biometano necessário para operação.

Município	Biometano Necessário (Nm³)	Ano 1 – Ano 11	Ano 12 – Ano 17
Narandiba	7.734,41	132,2%	177,5%
Sandovalina	5.026,72	203,4%	273,1%
Pirapozinho	26.042,10	39,2%	52,7%
Tarabai	5.143,72	198,8%	266,9%
CIPP	43.946,95	23,3%	31,2%

Fonte: Autor, 2023.

Contudo, mesmo que o potencial volume de biometano não supra a demanda total necessária pelas frotas de coleta de RSU para operação, ele pode substituir uma parcela do diesel consumido por ano. Com isso, tendo em vista que cada m³ de biometano conseguiria rodar por 2,47 km, os volumes de biometano de 10.225,80 e 13.731,30, conseguiriam operar as frotas de coleta dos municípios em 25.257,72 km por ano até o 11º ano e 33.916,31 km nos últimos 6 anos.

A partir disso, é possível avaliar a quilometragem necessária para operação da coleta de RSU, a quilometragem suprida pelo biometano e a quilometragem de diesel restante para realização das coletas conforme apresentado no Quadro 16.

Quadro 16 - Cenários anuais de inclusão do biometano na coleta de RSU.

Ano	Km para operação	Km suprido pelo biometano	Km utilizando diesel
1	108.549	25.257,72	83.291,28
2	108.549	25.257,72	83.291,28
3	108.549	25.257,72	83.291,28
4	108.549	25.257,72	83.291,28
5	108.549	25.257,72	83.291,28
6	108.549	25.257,72	83.291,28
7	108.549	25.257,72	83.291,28
8	108.549	25.257,72	83.291,28
9	108.549	25.257,72	83.291,28

10	108.549	25.257,72	83.291,28
11	108.549	25.257,72	83.291,28
12	108.549	33.916,31	74.632,69
13	108.549	33.916,31	74.632,69
14	108.549	33.916,31	74.632,69
15	108.549	33.916,31	74.632,69
16	108.549	33.916,31	74.632,69
17	108.549	33.916,31	74.632,69
Total	1.845.282	481.332,78	1.364.000,22

Fonte: Autor, 2023.

Com o levantamento da quilometragem a ser rodada pelo biometano e pelo diesel, avaliou-se os custos para a realização da operação de coleta de RSU pelas frotas dos municípios do CIPP.

As premissas adotadas para estimativa de custos neste cenário foram similares as utilizadas anteriormente, sendo o preço do biometano a R\$ 2,17, os custos de manutenção dos motores a biogás e biometano 8% superiores aos custos de manutenção dos motores a diesel sendo que o custo de manutenção dos caminhões diesel é, em média R\$ 0,4474/km rodado, o custo de manutenção dos motores a biogás seria de 0,05155/km rodado.

Para o preço do Diesel adotou-se o valor médio do Diesel S-10 no ano de 2022 de R\$ 6,69 por litro (ANP, 2023). O fator Km/L utilizado foi baseado na média levantada dos 4 municípios do CIPP que foi de 2,94 Km/L. Sendo assim, a quantidade de litros de diesel necessária por ano seria de 28.330,36 litros do ano 1 ao ano 11 e de 25.375,26 do ano 12 ao ano 17 do aterro.

O Quadro 17 apresenta os custos referentes a utilização do biometano e do diesel por ano.

Quadro 17 - Custos referentes a utilização de diesel e biometano.

Ano	Custos Combustível Biometano	Custos Combustível Diesel	Custos Manutenção Biometano	Custos Manutenção Diesel
1	R\$ 22.189,98	R\$ 189.530,10	R\$ 13.021,13	R\$ 37.264,51
2	R\$ 22.189,98	R\$ 189.530,10	R\$ 13.021,13	R\$ 37.264,51
3	R\$ 22.189,98	R\$ 189.530,10	R\$ 13.021,13	R\$ 37.264,51
4	R\$ 22.189,98	R\$ 189.530,10	R\$ 13.021,13	R\$ 37.264,51
5	R\$ 22.189,98	R\$ 189.530,10	R\$ 13.021,13	R\$ 37.264,51
6	R\$ 22.189,98	R\$ 189.530,10	R\$ 13.021,13	R\$ 37.264,51
7	R\$ 22.189,98	R\$ 189.530,10	R\$ 13.021,13	R\$ 37.264,51
8	R\$ 22.189,98	R\$ 189.530,10	R\$ 13.021,13	R\$ 37.264,51
9	R\$ 22.189,98	R\$ 189.530,10	R\$ 13.021,13	R\$ 37.264,51
10	R\$ 22.189,98	R\$ 189.530,10	R\$ 13.021,13	R\$ 37.264,51
11	R\$ 22.189,98	R\$ 189.530,10	R\$ 13.021,13	R\$ 37.264,51
12	R\$ 29.796,92	R\$ 169.760,48	R\$ 17.468,97	R\$ 33.390,66
13	R\$ 29.796,92	R\$ 169.760,48	R\$ 17.468,97	R\$ 33.390,66
14	R\$ 29.796,92	R\$ 169.760,48	R\$ 17.468,97	R\$ 33.390,66
15	R\$ 29.796,92	R\$ 169.760,48	R\$ 17.468,97	R\$ 33.390,66
16	R\$ 29.796,92	R\$ 169.760,48	R\$ 17.468,97	R\$ 33.390,66
17	R\$ 29.796,92	R\$ 169.760,48	R\$ 17.468,97	R\$ 33.390,66
Total	R\$ 422.871,30	R\$ 3.103.393,98	R\$ 248.046,25	R\$ 610.253,57

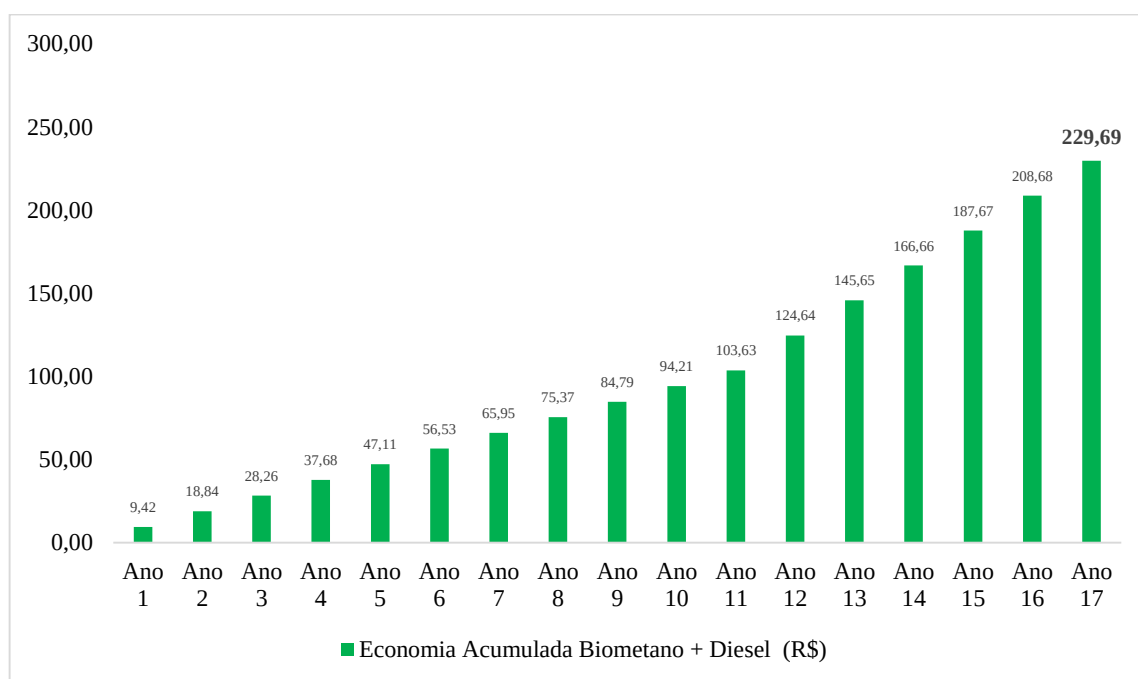
Fonte: Autor, 2023.

Considerando que o custo anual estimado de 2022 utilizando diesel nas frotas foi de R\$ 271.426,84, em 17 anos esse valor chegaria a R\$ 4.614.256,28. Segundo dados levantados conforme apresentado no Quadro 15, os custos ao longo de 17 anos utilizando o biometano e o diesel seria de R\$ 4.384.565,10, com isso observa-se que o cenário com biometano e diesel geraria uma economia para o CIPP de R\$ 229.691,18.

Analisando anualmente a economia gerada entre os 2 cenários, observa-se que do ano 1 ao ano 11, o cenário biometano + diesel geraria uma economia de R\$ 9.421,12 por ano enquanto do ano 11 ao ano 17 geraria por ano uma economia de R\$ 21.009,81.

O Gráfico 3 apresenta a evolução da economia gerada de forma acumulada ao longo dos 17 anos de vida útil do aterro.

Gráfico 3 - Economia acumulada cenário Biometano + Diesel (R\$ 000).

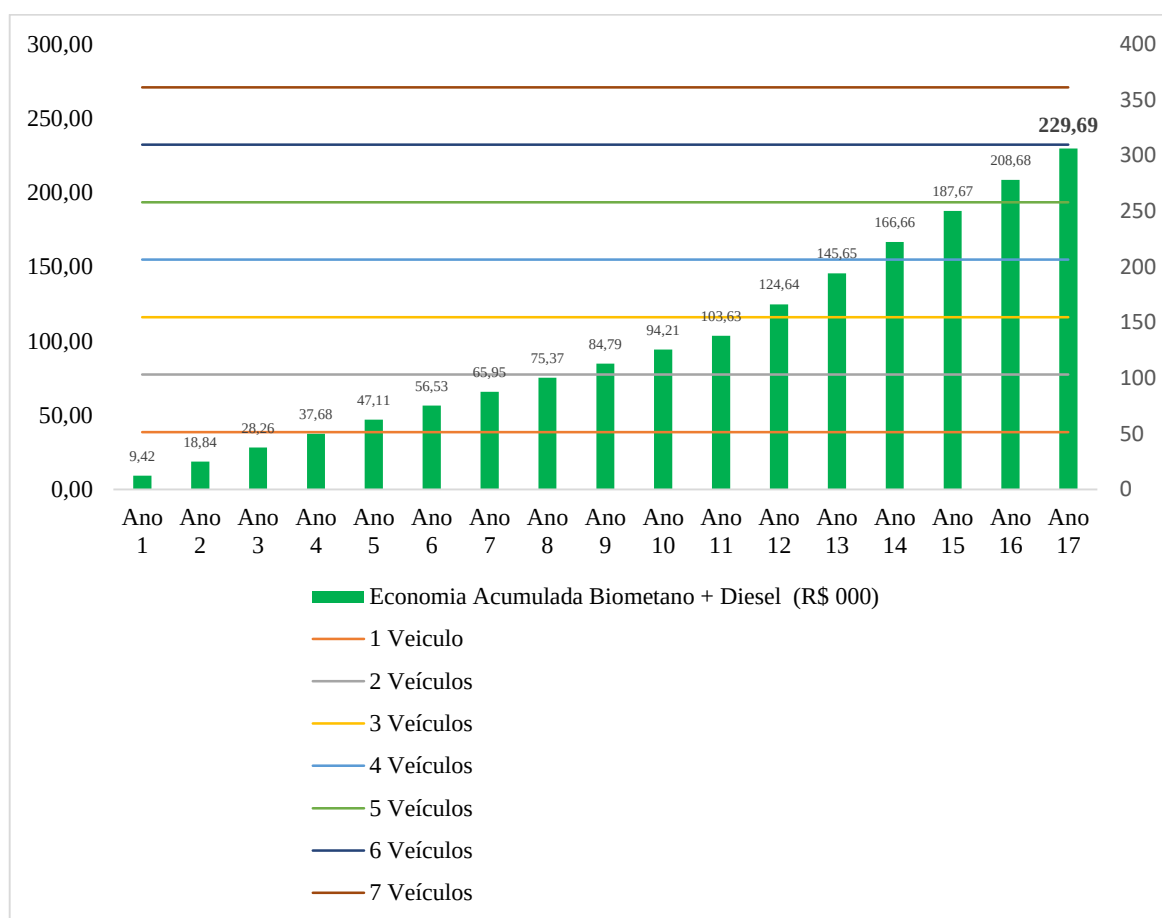


Fonte: Autor, 2023.

Por fim, para análise do investimento necessário para conversão das frotas, para esse cenário de diesel + biometano, avaliou-se não ter a necessidade de aquisição de kit's de conversão para os 7 caminhões do CIPP tendo em vista que o volume de biometano gerado por ano a partir do chorume não supriria toda a demanda necessária para operação de 100% da coleta de RSU por caminhões a biometano.

Sendo assim, o Gráfico 4 apresenta o tempo de retorno do investimento de acordo com a quantidade de veículos convertidos, considerando que o custo para conversão de cada veículo é de R\$ 51.600.

Gráfico 4 - Tempo de retorno do investimento de acordo com a quantidade de veículos convertidos.



Fonte: Autor, 2023.

Com isso, observa-se que o tempo para retorno do investimento na conversão dos veículos responsáveis pela coleta de RSU nos municípios do CIPP é:

1 Veículo: 4 anos;

2 Veículos: 9 anos;

3 Veículos: 12 anos;

4 Veículos: 14 anos;

5 Veículos: 16 anos;

6 Veículos: Investimento não retornará em 17 anos de vida útil do aterro;

7 Veículos: Investimento não retornará em 17 anos de vida útil do aterro.

Com tais resultados, cabe ao CIPP, analisar e avaliar, de acordo com a demanda por combustível do consócio e de cada município, quantos veículos compensa realizar a conversão, tendo em vista que o biometano gerado pelo CIPP não supri toda a demanda por biometano necessária para operação de 100% das frotas de coleta de RSU.

5.8 Quantificação em gCO₂eq não emitidos pela substituição do diesel pelo biometano

Para estimar a emissão de dióxido de carbono equivalente considerou-se a intensidade de carbono de 3072 gCO₂ eq/L de diesel e 0,18 gCO₂ eq/L biometano, valores estes calculados por Penteado (2022). Para o biometano, converteu-se o volume de m³ para Litros.

O Quadro 18 apresenta a quantidade de gCO₂ eq emitida pelo volume de diesel utilizado pelos veículos de coleta de RSU do CIPP em relação ao volume de biometano necessário para suprir toda demanda do CIPP.

Quadro 18 - Quantidade de gCO₂ eq emitida pelo volume de diesel utilizado pelos veículos de coleta de RSU do CIPP em relação ao volume de biometano necessário para suprir a demanda.

Município	Biometano Necessário (L)	gCO₂ eq/L Emitidos Biometano	Diesel Consumido (L)	gCO₂ eq/L Emitidos Diesel
Narandiba	7.734.410,00	1.392.193,80	7.413,86	22.775.377,92
Sandovalina	5.026.720,00	904.809,60	4.966,40	15.256.780,8
Pirapozinho	26.042.100,00	4.687.578,00	15.997,3	49.143.705,60
Tarabai	5.143.720,00	925.869,60	5.067,19	15.566.407,68
Total Ano	43.946.950,00	7.910.451,00	33.444,75	102.742.272,00

Fonte: Autor, 2023.

Nota-se um aumento em até 13 vezes de emissões de gCO₂ eq na utilização do diesel como combustível ao invés do biometano, ou seja, se os municípios do CIPP utilizassem biometano para rodagem de suas frotas de coleta de RSU, emitiram 91.831.821,00 gCO₂ eq a menos.

Entretanto, o volume de biometano a partir do chorume do aterro do CIPP é de 10.225,80 por ano nos 11 primeiros anos e 13.731,30 por ano nos últimos 6 anos, com isso, no cenário atual e inserindo o volume de biometano gerado juntamente com o diesel, a quantidade de gCO₂ eq emitida ao longo dos 17 anos de vida útil do aterro é apresentada no Quadro 19.

Quadro 19 - Volume de biometano a partir do chorume do aterro do CIPP no cenário biometano + diesel durante 17 anos.

Anos	Biometano Necessário (L)	gCO₂ eq/L Emitidos Biometano	Diesel Consumido (L)	gCO₂ eq/L Emitidos Diesel
1 - 11	112.438.800,00	20.238.984	311.633,96	955.339.525,12
12 - 17	82.387.800,00	14.829.804	152.251,56	467.716.792,32
Total	194.826.600,00	35.068.788,00	33.444,75	1.423.056.317,43

Fonte: Autor, 2023.

Sendo assim, a quantidade de gCO₂ eq emitida pelo cenário biometano + diesel durante 17 anos seria de 1.458.125.105,43 gCO₂ eq.

Realizando uma comparação entre a quantidade de gCO₂ eq emitidas pelos cenários: Diesel 100%, Biometano 100% e Biometano + Diesel ao longo de 17 anos, o Quadro 20 apresenta os seguintes resultados:

Quadro 20 - Quantidade de gCO₂ eq emitidas pelos cenários: Diesel 100%, Biometano 100% e Biometano + Diesel ao longo de 17 anos.

	Biometano 100%	Diesel 100%	Biometano + Diesel
gCO₂eq	134.477.667,00	1.746.618.624,00	1.458.125.105,43

Fonte: Autor, 2023.

A partir do Quadro 20, podemos concluir que o cenário incluindo o volume biometano gerado pelo chorume do aterro do CIPP somado ao volume de disel necessário para atender toda a demanda das frotas de coleta de RSU emitiria 288.493.518,57 gCO₂ eq a menos em

relação ao cenário utilizando apenas diesel ao longo de 17 anos, ou seja, 16.970.206,97 gCO₂ eq a menos por ano.

Os volumes emitidos pelos 3 cenários apresentados anteriormente se referem apenas a emissão dos combustíveis a partir da combustão. Para uma avaliação se a pesquisa se encaixa ou não como um projeto de carbono para emissão dos créditos, caberia um aprofundamento maior nos estudos, para a mensuração das emissões diretas e indiretas totais quanto a inclusão do biometano na frota de coleta dos resíduos do consórcio do CIPP.

6 CONCLUSÃO

A produção de biometano a partir de substratos renováveis é uma das formas mais promissoras de produzir um combustível limpo e sustentável para substituir os combustíveis fósseis.

A busca por novos substratos para produção de biometano é importante porque pode levar a uma maior diversificação de fontes de biomassa e reduzir a dependência de substratos convencionais, como esterco animal e resíduos orgânicos. Além disso, novos substratos podem ter um maior teor de energia e serem mais eficientes na produção de biometano.

O chorume é um resíduo líquido gerado pela decomposição de resíduos orgânicos em condições anaeróbias, e pode apresentar diversos problemas ambientais e de saúde pública. A utilização do chorume para produção de biometano é uma forma de aproveitar esse resíduo e transformá-lo em uma fonte de energia renovável, reduzindo os impactos ambientais negativos associados à disposição inadequada de resíduos orgânicos.

O chorume gerado no aterro do CIPP se mostrou um potencial substrato para produção de biometano. O seu reaproveitamento para recuperação energética ao invés do descarte, poderia gerar uma economia no consumo de diesel pelas frotas de coleta de RSU, além da redução na emissão de CO_2eq na atmosfera. O biometano é considerado um combustível mais sustentável do que o diesel, pois sua produção a partir de resíduos orgânicos evita que esses materiais sejam descartados em aterros sanitários, contribuindo para a redução da emissão de gases de efeito estufa. Além disso, o biometano é uma fonte de energia renovável, enquanto o diesel é um combustível fóssil que contribui para o esgotamento dos recursos naturais e sua produção pode ser incentivada por políticas públicas e programas de fomento, o que pode reduzir ainda mais o custo final para os usuários finais.

A presença de uma usina de biogás e biometano próxima ao aterro facilitaria logisticamente, economicamente e tecnologicamente, o envio do chorume para produção de biometano sem a necessidade de altos investimentos em tecnologia e estrutura para biodigestão anaeróbia do resíduo pelo próprio consórcio.

Em relação aos custos, o biometano apresenta um custo de manutenção um pouco mais elevado em relação ao diesel, porém, em custos de combustível, se mostra uma alternativa mais econômica. Entretanto é necessário o investimento em kit's de conversão, porém, caso o CIPP substitua todo o diesel pelo biometano, o tempo de retorno seria 3 anos do investimento.

Por conta do volume de biometano gerado a partir do chorume não suprir toda a demanda necessária para substituição completa, não se mostra viável a aquisição de 7 kit's de

conversão tendo em vista que o tempo de retorno do investimento na conversão de 1 veículo ser em 4 anos aproximadamente.

Portanto, a escolha entre o uso de diesel e biometano pelas frotas de coleta de resíduos nos municípios do CIPP pode depender de fatores, como impactos ambientais e disponibilidade de recursos financeiros para conversão dos veículos de coleta de RSU. No entanto, considerando a necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e promover a sustentabilidade, o uso do biometano é uma alternativa mais vantajosa do que o diesel.

Além dos aspectos econômicos e ambientais abordados, outro aspecto importante a ser considerado é os benefícios sociais alcançados.

A combinação do aproveitamento energético de resíduos e a utilização de biometano na frota de coleta de resíduos tem o potencial de transformar positivamente as comunidades em diversos aspectos. A produção e utilização de biometano proveniente de resíduos oferece uma solução ambientalmente amigável, reduzindo significativamente as emissões de gases de efeito estufa e a poluição do ar. Isso melhora diretamente a qualidade de vida dos moradores locais, reduzindo o risco de doenças respiratórias e outros problemas de saúde relacionados à poluição.

Além disso, a implementação de biometano na frota de coleta de resíduos pode criar empregos locais e oportunidades econômicas nas comunidades onde os projetos são implantados. Isso não apenas impulsiona a economia local, mas também promove a inclusão social ao oferecer emprego e capacitação para os residentes locais.

A utilização de biometano na frota de coleta de resíduos também pode ajudar a fortalecer os laços comunitários ao envolver os residentes no processo de transição para uma fonte de energia mais limpa e sustentável. Isso pode aumentar o orgulho local e a cooperação entre os membros da comunidade, criando um ambiente mais coeso e resiliente.

Em última análise, ao adotar o aproveitamento energético de resíduos e a utilização de biometano na frota de coleta de resíduos, as comunidades podem não apenas enfrentar os desafios globais das mudanças climáticas e da gestão de resíduos, mas também construir um futuro mais sustentável e próspero para todos os seus habitantes. Essa abordagem não só promove o bem-estar social, mas também representa um passo significativo em direção a um ambiente mais limpo e saudável para as gerações presentes e futuras.

Em suma, os resultados desta pesquisa oferecem uma base sólida para a continuidade dos estudos e exploram uma série de oportunidades promissoras no campo do aproveitamento energético de resíduos. Ao destacar os benefícios ambientais e econômicos dessa abordagem, bem como identificar desafios e áreas para aprimoramento, este trabalho contribui significativamente para o avanço do conhecimento nesta área vital.

No entanto, é importante reconhecer que ainda há muito a ser explorado. Novas pesquisas podem se concentrar em aspectos específicos, como a otimização de tecnologias de conversão de resíduos em energia, a avaliação do ciclo de vida completo desses processos, a análise do impacto socioeconômico em comunidades locais e a busca por soluções inovadoras para lidar com resíduos de maneira mais eficiente e sustentável.

Além disso, o engajamento de múltiplos setores, incluindo academia, indústria, governos e sociedade civil, é essencial para impulsionar essas pesquisas e traduzir os resultados em práticas e políticas concretas.

Portanto, esta pesquisa não apenas oferece insights valiosos, mas também serve como um ponto de partida para uma jornada contínua de descoberta e inovação no emocionante campo do aproveitamento energético de resíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIOGAS - Associação Brasileira de Biogás e Biometano. **Biogas no Brasil - Potencial brasileiro de biogás. São Paulo.** 2017. Disponível em: <https://www.abiogas.org.br/setor-nobrasil>. Acesso em: 05 dez. 2022.

ABIOGAS - Associação Brasileira de Biogás e Biometano. **PNBB - Programa Nacional do Biogás e Biometano.** 2022. Brasília. Disponível em: https://uploads-ssl.webflow.com/632ab10950c5e334290bfadf/6390dd3aaa9ca8211589e557_PNBB.pdf. Acesso em: 05 dez. 2022.

ABRELPE - Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.** 2011. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2021/>. Acesso em: 10 out. 2022.

ABRELPE - Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2022.** Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 09 mar. 2023.

ABREN - Associação Brasileira de Recuperação Energética de Resíduos. **Perspectivas do novo marco do saneamento para a recuperação energética de resíduos.** 2021. Disponível em: <https://abren.org.br/2021/08/18/perspectivas-do-novo-marco-do-saneamento-para-a-recuperacao-energetica-de-residuos-revista-preven/>. Acesso em: 08 dez. 2022.

ADANI, F., BAIDO, D., CALCATERRA, E., GENEVINI, P., & ZORZI, G. (2006). **The determination of the degree of stabilization of composts using simple chemical parameters: the case of composts made from agro-industrial wastes.** Waste Management, 26(4), 411-420.

ADHIKARI, B. K., KHARE, A., & GUPTA, V. K. (2020). **Review on recent advances in management of municipal solid waste.** Journal of Cleaner Production, 257, 120578.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP nº 758 de 23 de novembro de 2018. **Regulamenta a certificação da produção ou importação**

eficiente de biocombustíveis de que trata o art. 18 da Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, e o credenciamento de firmas inspetoras. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/consultas-e-audiencias-publicas/consulta-audiencia-publica/arquivos-consultas-e-audiencias-publicas-2018/cap-10-2018/resolucaoanp-758-2018.pdf>. Acesso em: 05 de dez. 2022.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Dados Estatísticos.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos>. Acesso em: 7 dez. 2022.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução nº 8, de 2 de fevereiro de 2015. **Estabelece a especificação do Biometano contida no Regulamento Técnico ANP nº 1/2015, parte integrante desta Resolução.** [S. l.], 30 jan. 2015. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=280722>. Acesso em: 7 dez. 2022.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução ANP nº 886, de 29 de setembro de 2022. **Estabelece a especificação e as regras para aprovação do controle da qualidade do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto destinado ao uso veicular e às instalações residenciais, industriais e comerciais, a ser comercializado no território nacional.** Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 47, 29 set. 2022a. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucaoanp-n-886-de-29-de-setembro-de-2022-432620215>. Acesso em: 10 mai. 2023.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução ANP nº 906, de 18 de novembro de 2022. **Dispõe sobre as especificações do biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais destinado ao uso veicular e às instalações residenciais e comerciais a ser comercializado em todo o território nacional.** Brasília, DF: ANP, 2022b. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-906-2022-dispoe-sobre-as-especificacoes-do-biometano-oriundode-produtos-e-residuos-organicos-agrossilvopastoris-e-comerciais-destinado-aouso-veicular-e-as-instalacoes-residenciais-e-comerciais-a-ser-comercializado-emtodo-o-territorio-nacional?origin=instituicao>. Acesso em: 10 mai. 2023.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução nº 886, de 29 de setembro de 2022 e estabelece a especificação e as regras para aprovação do controle da qualidade do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto destinado ao uso veicular e às instalações residenciais, industriais e comerciais, a ser comercializado no território nacional.** [S. l.], 29 set. 2022. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-886-2022-estabelece-a-especificacao-e-as-regras-para-aprovacao-do-controle-da-qualidade-do-biometano-oriundo-de-aterros-sanitarios-e-de-estacoes-de-tratamento-de-esgoto-destinado-ao-uso-veicular-e-as-instalacoes-residenciais-industriais-e-comerciais-a-ser-comercializado-no-territorio-nacional>. Acesso em: 7 dez. 2022.

ANDRÉ, V.O., WANDER, P.R. e ANDRADE, E.M. (2018). **Resíduos Sólidos Urbanos: Desafios e Perspectivas para a Sustentabilidade Ambiental.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 22(2), 153-168.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Estabelece a especificação do Biometano contida no Regulamento Técnico ANP nº 1/2015.** Resolução ANP Nº 8 DE 30/01/2015. Diário Oficial da União, Brasília – DF, 2 fev. 2015.

ANP. Série Histórica de Preços de Combustíveis e de GLP. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/serie-historica-de-precos-de-combustiveis>>. Acesso em: 5 abr. 2023.

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 23rd edition. Washington, D.C.: American Public Health Association; 2017.

ARAÚJO, J. L. et al. **Influência da temperatura na estabilidade do chorume: um estudo de caso em aterro sanitário.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 19, n. 6, p. 549-555, 2015.

AZEVEDO, J.A. e Royer, L.O. (2018). A gestão integrada de resíduos sólidos urbanos no Brasil: uma análise a partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 7(2), 193-210.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Cotações e Boletins.** Disponível em:

<<https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/historicocotacoes>>. Acesso em: 5 abr. 2023.

BARRETO, L. M.; JESUS, R. L. O. **Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos em Municípios do Pontal do Paranapanema**. In: 5º Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2014, Belo Horizonte. Anais do 5º Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2014.

BARROS, G. O., MOREIRA, J. R., & BRITO, M. C. (2019). **Bioenergy in Brazil: opportunities and challenges**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 110, 312-325.

BATSTONE, D. J., KELLER, J., ANGELIDAKI, I., KALYUZHNYI, S. V., & PAVLOSTATHIS, S. G. (2002). **The IWA Anaerobic Digestion Model No 1 (ADM1)**. Water Science and Technology, 45(10), 65-73.

BEUX, S. **Avaliação do tratamento de efluentes de abatedouro em biodigestores anaeróbios de duas fases**. 2005. 99 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2005.

BRASIL. 2020. Lei nº 14.026. **Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm#art7. Acesso em: 08 dez. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Manual para elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. SECRETARIA DE QUALIDADE AMBIENTAL. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf>. Acesso em: 18 out. 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: palácio do Planalto. 2010b. Disponível em: <

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 18 out. 2022.

BRASIL. **Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017.** Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. 2017. Brasília, DF: palácio do Planalto. 2017. Disponível em: < [CARVALHO, V. S.; RESENDE, A. S. **Gestão de Resíduos Sólidos em Pequenos Municípios da Região do Pontal do Paranapanema.** Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 45-56, 2018.](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/113576.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2013.576%2C%20DE%2026%20D E%20DEZEMBRO%20DE%202017.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20Pol%C3%A Dtica%20Nacional,RenovaBio)%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A Ancias.&t ext=IV%20%2D%20contribuir%20com%20previsibilidade%20para,no%20mercado%20naci onal%20. Aceso em: 20 dez. 2022.</p>
</div>
<div data-bbox=)

CASTILHOS JÚNIOR, A. C.; DALSASSO, R. L.; ROHERS, F. **Pré-tratamento de lixiviados de aterros sanitários por filtração direta ascendente e coluna de carvão ativado.** Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 15. n. 4, p. 385-392, out/dez. 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522010000400011&lng=en&nrm=iso#:~:text=O%20tratamento%20de%20lixiviado. Acesso em: 04 dez. 2022.

CIBIOGÁS - Centro Internacional de Energias Renováveis. **Biogás é rota para descarbonizar transportes.** Disponível em: <https://www.biomassabioenergia.com.br/imprensa/biogas-e-rota-para-descarbonizar-transportes/20220224-093147-j876>. Acesso em: 20 out. 2022.

CEDIGAZ. **Global biomethane market – 2022 assessment: executive summary.** Rueil Malmaison: Cedigaz, 2022. Disponível em: <https://www.cedigaz.org/wpcontent/uploads/Executive-Summary-4.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2023.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Biogás – definição**. São Paulo, 2019.

CHERNICHARO, C.A.L. (2011). **Resíduos Sólidos Urbanos: Engenharia e Gerenciamento**. 2ª edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG.

COELHO, S. T.; et. al. **Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás Proveniente do Tratamento de Esgoto Utilizando um Grupo Gerador de 18 kW**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO. 5., Brasília: 2006.

COELHO, S.T. (Coord.); GARCILASSO, V.P.; JUNIOR, A.D.N.; SANTOS, M.M; JOPPERT, C.L. **Tecnologias de produção e uso de biogás e biometano**. São Paulo: IEE-USP, 2018. 218p. Disponível em: <http://www.iee.usp.br/gbio/sites/default/files/TECNONOLIAS%20DE%20PRODU%C3%87%C3%83O%20E%20USO%20-%20BIOGAS%20E%20BIOMETANO.pdf> Acesso em: 05 dez.2022.

COELHO, S.T.; VALAZQUEZ; S.M.S.G.; MARTINS, O.S.; ABREU, F.C. **A conversão da fonte renovável biogás em energia**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO – CBPE, 5. Brasília, 2006.

COELHO, U.R. **Aproveitamento energético do biogás da codigestão da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos com lama de cal: uma avaliação econômica e ambiental**. Disponível em: < <https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/handle/123456789/3244>>. Acesso em: 18 out. 2022.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO PONTAL DO PARANAPANEMA. **Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema**. Assis: CBH-Pontal, 2008.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DO PONTAL DO PARANAPANEMA. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www.cipp.org.br/>. Acesso em: 25 mar. 2023.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DO PONTAL DO PARANAPANEMA; ELI ENGENHARIA. **Plano de gestão integrada de resíduos sólidos do Consórcio Intermunicipal do Pontal do Paranapanema**. Pirapozinho: CIPP; Presidente Prudente: Eli Engenharia, 2014. v. 1. Diretrizes gerais PGIRS. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/cpla/2017/05/cipp-vol.-1.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2022.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DO PONTAL DO PARANAPANEMA; ELI ENGENHARIA. **Plano de gestão integrada de resíduos sólidos do Consórcio Intermunicipal do Pontal do Paranapanema**. Pirapozinho: CIPP; Presidente Prudente: Eli Engenharia, 2014. v. 6. Minuta. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/cpla/2017/05/cipp-vol.-6.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2022.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DO PONTAL DO PARANAPANEMA; PROJECTA ASSESSORIA E CONSULTORIA. **Projeto Executivo Aterro Sanitário**. Pirapozinho: CIPP; Lucélia: Projecta Assessoria e Consultoria, 2019. v. 1. Memorial Descritivo e Memorial de Cálculo. Disponível em: <http://www.narandiba.sp.gov.br/site/wpcontent/uploads/2019/05/PROJETO-EXECUTIVO-29.01.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2022

CRAVEIRO, A. M. **Considerações sobre projetos de plantas de biodigestão – Digestão anaeróbia e aspectos teóricos e práticos**. In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO SOBRE PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE RESÍDUOS ORGÂNICOS. São Paulo: 1982. de%20combust%C3%ADveis.>. Acesso em: 18 out. 2022.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. **Biogás from waste and renewable resources: an introduction**. Weinheim: Wiley-VCH, 2011. 469 p. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/biogas>> Acesso em: 05 de dez. 2022.

DRUZIAN, J. I., GOMES, L. M., COLDEBELLA, P. F., & SAVIAN, J. V. (2020). **Potencial brasileiro para o biometano como fonte de energia renovável**. BioResources, 15(3), 6836-6857. Energy and Climate Intelligence Unit (2017). Biogas and biomethane: Opportunities for

growth. Disponível em: <https://eciu.net/research/energy/biogas-and-biomethane-opportunities-for-growth>. Acesso em: 05 abr.2023.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Impactos da participação do biogás e do biometano na matriz energética**. In: IV FÓRUM DO BIOGÁS, São Paulo, 17-18 de outubro de 2017. São Paulo, out. 2017.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Impactos da participação do biogás e do biometano na matriz energética**. In: IV FÓRUM DO BIOGÁS, São Paulo, 2017. Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-244/topico257/EPE_IV%20FORUM%20BIOGAS_JOSE%20MAURO_2017_1710.pdf >. Acesso em: 04 dez. 2022.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **O Compromisso do Brasil no Combate às Mudanças Climáticas: Produção e Uso de Energia**. Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/NT%20COP21%20>. Acesso em: 05 dez. 2022.

EPE. (2020). Biogás e Biometano: Potencial e Perspectivas para o Brasil. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/estudos/estudos-energeticos/biogas-e-biometano-potencial-e-perspectivas-para-o-brasil>. Acesso em: 02 abr. 2023.

FELICI, E. M. et al. **Remoção de carga orgânica recalcitrante de lixiviado de resíduos sólidos urbanos pré-tratados biologicamente por coagulação química-floculação-sedimentação**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 18. n. 2, p. 177-184, abr./jun. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v18n2/a10v18n2>. Acesso em: 04 dez. 2022.

FILHO, R. S. S. **Viabilidade econômica do uso de biogás de aterro sanitário para abastecimento de veículos pesados**. Orientador: Doutora Ana Luisa Almaça da Cruz Fernando. 2021. Viabilidade econômica do uso de biogás de aterro sanitário para abastecimento de veículos pesados (Mestre em Bioenergia) - Universidade Federal do Ceará, [S. l.], 2020. Disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/133350/1/Filho_2021.pdf. Acesso em: 5 dez. 2022.

FREITAS, C.M. **Levantamento da disposição final de resíduos sólidos urbanos em 32 municípios do Estado de Goiás.** Revista de Biologia Neotropical, v. 12, n. 2, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5216/rbn.v12i2.27876>

FONTANA, M.; CAVINATO, C.; MODESTI, L.; FAVA, F.; BOLZONELLA, D. **Life cycle assessment of biomethane use for road transport: A comparison with electric and conventional fuel pathways.** Journal of Cleaner Production, v. 289, p. 125693, 2021.

FUJII, E. H. et al. **Composição granulométrica do filtro ascendente para pós-tratamento de lixiviado de aterro sanitário.** Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p. 525-535, maio/jun. 2019. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/S1413-41522019185213>. Acesso em: 04 dez. 2022.

FUZZI, F. R. **Gestão e Gerenciamento dos Resíduos Sólidos no Brasil: um estudo a partir de experiências do Distrito Federal e dos municípios do Consórcio Intermunicipal do Pontal do Paranapanema.** Orientador: Prof. Dr. Antonio Cezar Leal. 2021. Presidente Prudente- SP, 2021. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/237314/fuzzi_fr_dr_prud.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 7 dez. 2022.

GOMES, L.P.; SHOENELL, E.K. **Aplicação de ozônio e de ozônio + peróxido de hidrogênio para remoção de compostos recalcitrantes em lixiviados de aterros sanitários.** Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 23, n. 1, jan./fev. 2018. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1413-41522018155758>. Acesso em: 04 dez. 2022.

GOULDING, D.; POWER, N. **Which is the preferable biogas utilisation technology for anaerobic digestion of agricultural crops in Ireland: Biogas to CHP or biomethane as a transport fuel.** Renewable Energy, v. 53, p. 121-131, mai. 2013.

GOVERNO FEDERAL. **Lei nº 14.134, de 08 de abril de 2021.** Dispõe sobre as atividades relativas ao transporte de gás natural, de que trata o art. 177 da Constituição Federal, e sobre as atividades de escoamento, tratamento, processamento, estocagem subterrânea, acondicionamento, liquefação, regaseificação e comercialização de gás natural; altera as Leis

nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, e 9.847, de 26 de outubro de 1999; e revoga a Lei nº 11.909, de 4 de março de 2009, e dispositivo da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. [S. l.], 08 abr. 2021. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14134.htm. Acesso em: 7 dez. 2022.

GOVERNO FEDERAL. **Lei nº 14.134, de 26 de dezembro de 2017**. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. [S. l.], 26 dez. 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13576.htm. Acesso em: 7 dez. 2022.

GUO, X.; YIN, Y.; ZHOU, X.; CHEN, Y.; XIE, L.; ZHAO, X. **A review of pretreatment methods for enhancing anaerobic digestion of organic waste**. Bioresource Technology, v. 342, p. 125965, 2021.

JARDIM, M. A. C. **Valorização económica do biogás: geração elétrica vs. produção de biometano para injeção na rede**. 2013. 133f. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Instituto Politécnico de Setúbal – Escola Superior de Tecnologia de Setúbal. Setúbal, 2013.

KARIM, M.R.; NIK DAUD, N.N.; MUSTAPA KAMAL, S.M. **Biogas upgrading to biomethane via CO₂ removal techniques: A review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 147, p. 111198, 2021.

KODA, N., & Matsuda, T. (2018). **The experience of participatory planning for municipal solid waste management in Japan**. Waste Management, 80, 10-19.

LEITE, V.D. et al. (2019). BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE CHORUME: UMA REVISÃO. Revista de Ciências Ambientais, 13(2), 35-53.

LIU, Y.; ZHOU, X.; ZHANG, Z.; WANG, F.; SUN, Y. **Insights into anaerobic digestion of microalgae: Current status and future perspectives**. Bioresource Technology, v. 353, p. 126540, 2022.

MAALOUF, A.; MAVROPOULOS, A. Re-assessing global municipal solid waste generation. *Waste Management & Research*, v.41, n.3, p.936-947, 2023. DOI:10.1177/0734242X221074116

MEDEIROS, J. L., & FREITAS, M. A. V. (2018). **Biogas and biomethane in Brazil: Current status and future prospects**. *Renewable Energy*, 125, 536-547.

MILANEZ, A.Y.; GUIMARÃES, D.D.; MAIA, G.B.S; SOUZA, J.A.P.; LEMOS, M.L.F. **Biogás de resíduos agroindustriais: Panorama e perspectivas**. *Biogás – BNDES Setorial* 47, 2018, p.221 – 276 Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/15384/1/BS47__Biogas__FECHADO.pdf> Acesso em: 03 dez. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Estudo sobre o Potencial de Geração de Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. Disponível em:< www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2021). **Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil**. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/smcq_clim/clipping/ndc-2021-do-brasil.pdf. Acesso em: 05 abr.2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, GABINETE DO MINISTRO. **Portaria Interministerial nº 274, de 30 de abril de 2019: Disciplina a recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos referida no § 1º do art. 9º da Lei nº 12.305, de 2010 e no art. 37 do Decreto nº 7.404, de 2010**. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF. 2019h. ed. 83, p. 57.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Brasília: MMA, 2015. Disponível em: https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80038/Manual_GIRS_versao_web.pdf. Acesso em: 25 mar. 2023.

MME (Ministério de Minas e Energia). **Desafios do Setor Agropecuário e Alimentos e como o biogás pode aumentar sua competitividade**. Disponível em:

<http://www.mme.gov.br/documents/10584/4323103/CiBiog%C3%A1s.pdf/cfb67467-a92b-4c86-b180-5a6e528bf718;jsessionid=44AD7195A4B76541CA63A4D72367E39A.srv154>. Acesso em: 04 dez. 2022.

MONTEIRO, J.H.P. (2017). **Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos**. São Paulo: Editora Blucher.

OIES – THE OXFORD INSTITUTE FOR ENERGY STUDIES. **Biogas. A significant contribution to decarbonising gas markets?** Energy Insight, n. 15, 2017. Disponível em: Acesso em: 05 dez. 2022.

OLIVEIRA, E. C.; SILVA, A. V.; ARAÚJO, J. V. **Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Municípios do Pontal do Paranapanema**. In: V Encontro Nacional de Gestão Ambiental, 2017, Cuiabá. Anais do V Encontro Nacional de Gestão Ambiental, 2017.

OLIVEIRA, M. L. B.; Palma, R. C. **O papel dos consórcios intermunicipais na gestão de resíduos sólidos: estudo de caso do CIPP**. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 6, n. 2, p. 134-148, 2017.

PENTEADO, M. C. **Cenários para produção de biometano a partir de resíduos do setor sucroenergético paranaense**. 2022. Disponível em: <https://dspace.unila.edu.br/bitstream/handle/123456789/6805/Cen%C3%A1rios%20para%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20Biometano%20a%20partir%20de%20Res%C3%A1duos%20do%20Setor%20Sucroenerg%C3%A9tico%20Paranaense?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 5 dez. 2022.

PEREIRA, S. S. **A problemática dos resíduos sólidos urbanos e os instrumentos de gestão do meio ambiente na cidade de Campina Grande/PB**. In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, XIV, n. 93, out. 2011. Disponível em: http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=10535. Acesso em: 04 dez. 2022.

PINHEIRO, R. V. **Coleta Seletiva e Educação Ambiental: Uma Proposta Para o Município de Mirante do Paranapanema - SP**. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental e

Desenvolvimento Sustentável) - Faculdade de Tecnologia de Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2016.

PINTO, A.A.; GONÇALVES, G.C. (2018). **Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos: um estudo sobre a participação da sociedade na cidade de São Paulo**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 7(3), 424-438.

PROBIOGÁS. **Biometano Como Combustível Veicular**. Disponível em: https://www.giz.de/en/downloads/giz_biogas_como_combustivel_digital_simples.pdf. Acesso em: 04 dez. 2022.

RABONI, M.; URBINI, G. **Production and use of biogas in Europe: a survey of current status and perspectives**. Revista Ambiente & Água, v. 9, n. 2, 2014.

RAJAGOPAL, R., & MASSANET-NICOLAU, J. (2017). **Anaerobic digestion technology: recent advances, challenges, and opportunities**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 76, 155-165.

RIBEIRO, E.F.; BUSS, M.V.; MENEZES, J.C.S. dos S. **Tratamento de chorume de aterro de resíduos sólidos urbanos utilizando um coagulante à base de tanino, tratamento biológico e ozonização**. Revista de Engenharia Civil IMED, Passo Fundo, v. 2, n. 2, p.37-42, 2015. DOI: <http://doi.org/10.18256/2358-6508/rec-imed.v2n2p37-42>. Acesso em: 04 dez. 2022.

RODRIGUES, F. M.; BRESOLIN, J. D. C.; CARVALHO, A. B. A.; VIEIRA, L. M. F.; BAPTISTA, J. A. C. **Ações socioambientais em consórcios intermunicipais de resíduos sólidos: um estudo em três consórcios do estado de São Paulo**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 24, n. 1, p. 163-172, 2019.

RYCKEBOSCH, E.; DROUILLON, M.; VERVAEREN, H. **Techniques for transformation of biogas to biomethane**. Biomass Bioenergy, v. 35, Issue 5, 2011, P.1633-1645. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.02.033>. Acesso em 15 dez. 2022.

SALOMON, K., R. **Avaliação Técnico-Econômica e Ambiental da Utilização do Biogás Proveniente da Biodigestão da Vinhaça em Tecnologias para Geração de Eletricidade**. 80

Itajubá, 2007, 219 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Conversão de Energia) - Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá.

SANCHES, S. G. **Gestão dos resíduos sólidos urbanos na UGRHI-22: diagnóstico e perspectivas**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual Paulista, 2015.

SANTOS, M. L., & CAMPOS, J. J. (2019). **Municipal solid waste management planning: A review of the current state-of-the-art**. Waste Management, 84, 130-146.

SÃO PAULO. SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo de 2020**. Disponível em: <<http://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/>>. Acesso em: 18 out. 2022.

SILVA, C. M.; FIGUEIREDO, M. C. B. **O desafio da gestão dos resíduos sólidos urbanos em bacias hidrográficas: o caso da UGRHI-22**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental, v. 12, n. 3, p. 309-327, 2018.

UNFCCC. (2015). **The Paris Agreement**. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf. Acesso em: 05 abr. 2023.

United Nations (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Disponível em: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E. Acesso em: 05 abr. 2023.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Waste Management Outlook**. Nairobi: UNEP, 2015. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9267/-Global%20Waste%20Management%20Outlook%202015-.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 25 mar. 2023.

VDI. VDI 4630. **Fermentation of organic materials: Chacacterization of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests**. Normas Técnicas da Associação Alemã de Engenheiros. Düsseldorf, 2016.

WANG, J.; WAN, C.; ZHANG, X.; HUANG, L. **Recent advances in enhancing anaerobic digestion performance: A review**. Journal of Cleaner Production, v. 317, p. 128288, 2022.

WANG, Z.; SUN, X.; LI, Z.; WANG, X.; XU, Y. **Comparative analysis of energy, environmental and economic performance of biogas and biomethane as transportation fuels**. Energy Conversion and Management, v. 272, p. 113597, 2021

ANEXO 1 - Relação de abastecimento da frota de coleta de RSU em Naranidiba em 2022.



COMPOSIÇÃO DE CUSTO DE FROTA

04/01/2023 10:33:17

MUNICÍPIO DE NARANIDIBA

44.857.027/0001-70

Período entre: 01/01/2022 e 31/12/2022

ID Setor:

AUT.	DATA	HORA	ESTABELECIMENTO	CNPJ	PRODUTO	QTDE	VALOR	R\$/L	K				MOTORISTA
									ANTERIO	ATUAL	RODADO	MEDIA	
SETOR: LIMPEZA PUBLICA													
VEICULO: FIL6976			5597	IVECO VERTIS				Km/L					
925861	03/01/22	09:03	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	229,67	R\$ 1.260,90	R\$ 5,490	112.289	112.874	585	2,55	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
995627	10/01/22	12:34	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	210,60	R\$ 1.156,19	R\$ 5,490	112.874	113.369	495	2,35	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
170835	20/01/22	11:53	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	227,15	R\$ 1.247,09	R\$ 5,490	113.369	113.969	600	2,64	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
197093	24/01/22	12:09	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	60,74	R\$ 333,51	R\$ 5,491	113.969	114.116	147	2,42	4589-UCELINO FERNANDES
274483	03/02/22	17:07	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	234,17	R\$ 1.285,61	R\$ 5,490	114.116	114.674	558	2,38	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
349420	12/02/22	09:18	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	179,57	R\$ 985,84	R\$ 5,490	114.674	115.162	488	2,72	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
423704	22/02/22	09:57	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	194,21	R\$ 1.049,76	R\$ 5,405	115.162	115.632	470	2,42	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
514603	04/03/22	11:31	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	216,19	R\$ 1.186,92	R\$ 5,490	115.632	116.178	546	2,53	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
695969	24/03/22	16:43	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	200,43	R\$ 1.298,79	R\$ 6,480	116.178	117.204	1.026	5,12	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
765847	02/04/22	09:44	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	184,95	R\$ 1.198,50	R\$ 6,480	117.204	117.662	458	2,48	4589-UCELINO FERNANDES
875462	12/04/22	10:31	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	186,54	R\$ 1.287,13	R\$ 6,900	117.662	118.121	459	2,46	4589-UCELINO FERNANDES
971077	23/04/22	08:33	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	200,32	R\$ 1.382,26	R\$ 6,900	118.121	118.618	497	2,48	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
156644	03/05/22	11:09	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	203,95	R\$ 1.407,23	R\$ 6,900	118.618	119.148	530	2,60	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
261490	12/05/22	13:11	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	207,35	R\$ 1.430,77	R\$ 6,900	119.148	119.693	545	2,63	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
327086	25/05/22	16:10	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	251,38	R\$ 1.784,80	R\$ 7,100	119.693	120.560	867	3,45	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
396447	02/06/22	15:16	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	202,44	R\$ 1.437,29	R\$ 7,100	120.560	120.805	245	1,21	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
533416	15/06/22	16:56	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	100,15	R\$ 711,08	R\$ 7,100	120.805	121.436	631	6,30	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
533475	15/06/22	16:59	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	169,26	R\$ 1.201,75	R\$ 7,100	121.436	121.436	0	0,00	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
631808	28/06/22	19:56	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	190,26	R\$ 1.350,87	R\$ 7,100	121.436	121.932	496	2,61	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
712728	07/07/22	10:07	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	191,96	R\$ 1.362,92	R\$ 7,100	121.932	122.400	468	2,44	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
778121	15/07/22	12:44	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	200,33	R\$ 1.562,56	R\$ 7,800	122.400	122.918	518	2,59	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
848526	26/07/22	10:16	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	213,03	R\$ 1.661,67	R\$ 7,800	122.918	123.457	539	2,53	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
893811	03/08/22	10:40	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	172,15	R\$ 1.316,94	R\$ 7,650	123.457	123.923	466	2,71	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
946445	12/08/22	11:47	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	205,74	R\$ 1.574,65	R\$ 7,654	123.923	124.475	552	2,68	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
989565	20/08/22	09:32	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	143,03	R\$ 1.094,19	R\$ 7,650	124.475	124.841	366	2,56	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV

1 de 2

* = Abastecimento com desvio de km, e por esse motivo, não contabilizado nos cálculos finais de desempenho do veículo.



COMPOSIÇÃO DE CUSTO DE FROTA

04/01/2023 10:33:17

MUNICÍPIO DE NARANDIBA

44.857.027/0001-70

Período entre: 01/01/2022 e 31/12/2022

ID Setor:

AUT.	DATA	HORA	ESTABELECIMENTO	CNPJ	PRODUTO	QTDE	VALOR	R\$/L	K				MOTORISTA
									ANTERIO	ATUAL	RODADO	MEDIA	
SETOR: LIMPEZA PUBLICA													
VEICULO: FIL6976			5597	IVECO VERTIS					Km/L				
925861	03/01/22	09:03	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	229,67	R\$ 1.260,90	R\$ 5,490	112.289	112.874	585	2,55	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
995627	10/01/22	12:34	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	210,60	R\$ 1.156,19	R\$ 5,490	112.874	113.369	495	2,35	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
170835	20/01/22	11:53	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	227,15	R\$ 1.247,09	R\$ 5,490	113.369	113.969	600	2,64	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
197093	24/01/22	12:09	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	60,74	R\$ 333,51	R\$ 5,491	113.969	114.116	147	2,42	4589-JUCELINO FERNANDES
274483	03/02/22	17:07	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	234,17	R\$ 1.285,61	R\$ 5,490	114.116	114.674	558	2,38	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
349420	12/02/22	09:18	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	179,57	R\$ 985,84	R\$ 5,490	114.674	115.162	488	2,72	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
423704	22/02/22	09:57	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	194,21	R\$ 1.049,76	R\$ 5,405	115.162	115.632	470	2,42	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
514603	04/03/22	11:31	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	216,19	R\$ 1.186,92	R\$ 5,490	115.632	116.178	546	2,53	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
695969	24/03/22	16:43	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	200,43	R\$ 1.298,79	R\$ 6,480	116.178	117.204	1.026	5,12	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
765847	02/04/22	09:44	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	184,95	R\$ 1.198,50	R\$ 6,480	117.204	117.662	458	2,48	4589-JUCELINO FERNANDES
875462	12/04/22	10:31	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	186,54	R\$ 1.287,13	R\$ 6,900	117.662	118.121	459	2,46	4589-JUCELINO FERNANDES
971077	23/04/22	08:33	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	200,32	R\$ 1.382,26	R\$ 6,900	118.121	118.618	497	2,48	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
156644	03/05/22	11:09	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	203,95	R\$ 1.407,23	R\$ 6,900	118.618	119.148	530	2,60	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
261490	12/05/22	13:11	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	207,35	R\$ 1.430,77	R\$ 6,900	119.148	119.693	545	2,63	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
327086	25/05/22	16:10	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	251,38	R\$ 1.784,80	R\$ 7,100	119.693	120.560	867	3,45	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
396447	02/06/22	15:16	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	202,44	R\$ 1.437,29	R\$ 7,100	120.560	120.805	245	1,21	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
533416	15/06/22	16:56	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	100,15	R\$ 711,08	R\$ 7,100	120.805	121.436	631	6,30	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
533475	15/06/22	16:59	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	169,26	R\$ 1.201,75	R\$ 7,100	121.436	121.436	0	0,00	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
631808	28/06/22	19:56	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	190,26	R\$ 1.350,87	R\$ 7,100	121.436	121.932	496	2,61	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
712728	07/07/22	10:07	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	191,96	R\$ 1.362,92	R\$ 7,100	121.932	122.400	468	2,44	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
778121	15/07/22	12:44	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	200,33	R\$ 1.562,56	R\$ 7,800	122.400	122.918	518	2,59	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
848526	26/07/22	10:16	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	213,03	R\$ 1.661,67	R\$ 7,800	122.918	123.457	539	2,53	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
893811	03/08/22	10:40	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	172,15	R\$ 1.316,94	R\$ 7,650	123.457	123.923	466	2,71	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
946445	12/08/22	11:47	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	205,74	R\$ 1.574,65	R\$ 7,654	123.923	124.475	552	2,68	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV
989565	20/08/22	09:32	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	143,03	R\$ 1.094,19	R\$ 7,650	124.475	124.841	366	2,56	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIV

1 de 2

* = Abastecimento com desvio de km, e por esse motivo, não contabilizado nos calculos finais de desempenho do veículo.

AUT.	DATA	HORA	ESTABELECIMENTO	CNPJ	PRODUTO	QTDE	VALOR	R\$/L	K				MOTORISTA
									ANTERIO	ATUAL	RODADO	MEDIA	
126786	29/08/22	13:11	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	170,00	R\$ 1.300,53	R\$ 7,650	124.841	125.266	425	2,50	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIVEIRA
171457	08/09/22	09:15	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	154,16	R\$ 1.077,64	R\$ 6,990	125.266	125.683	417	2,70	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIVEIRA
194509	14/09/22	11:49	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	138,22	R\$ 966,13	R\$ 6,990	125.683	126.052	369	2,67	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIVEIRA
224036	21/09/22	10:52	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	145,50	R\$ 1.017,05	R\$ 6,990	126.052	126.424	372	2,56	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIVEIRA
249505	29/09/22	12:52	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	183,37	R\$ 1.316,70	R\$ 7,181	126.424	126.914	490	2,67	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIVEIRA
282394	07/10/22	11:28	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	188,45	R\$ 1.266,40	R\$ 6,720	126.914	127.351	437	2,32	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIVEIRA
317375	17/10/22	12:48	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	175,01	R\$ 1.176,17	R\$ 6,721	127.351	127.787	436	2,49	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIVEIRA
342390	24/10/22	13:50	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	153,38	R\$ 1.030,75	R\$ 6,720	127.787	128.193	406	2,65	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIVEIRA
365058	01/11/22	10:17	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	166,26	R\$ 1.117,25	R\$ 6,720	128.193	128.617	424	2,55	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIVEIRA
392712	09/11/22	10:55	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	150,63	R\$ 1.012,25	R\$ 6,720	128.617	129.003	386	2,56	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIVEIRA
417615	17/11/22	12:03	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	173,72	R\$ 1.167,38	R\$ 6,720	129.003	129.463	460	2,65	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIVEIRA
451041	28/11/22	11:47	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	221,41	R\$ 1.488,41	R\$ 6,722	129.463	130.024	561	2,53	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIVEIRA
481359	07/12/22	12:41	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	196,15	R\$ 1.318,15	R\$ 6,720	130.024	130.512	488	2,49	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIVEIRA
519875	20/12/22	16:25	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	198,70	R\$ 1.331,01	R\$ 6,699	130.512	131.023	511	2,57	16047-ADRIANO GONCALVES DA SILVA
527447	23/12/22	12:19	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	158,74	R\$ 1.066,77	R\$ 6,720	131.023	131.393	370	2,33	8664-VALDOMIRO FERREIRA DE OLIVEIRA
Total Veiculo:			7.349,27 L/Und.	R\$ 49.221,81	Km Total:	19.104	Qtde Considerada:	7.349,27	Km/L Estipulado:	2,5	Km/L Realizado:	2,60	R\$ 2,58 /km
Total Setor:			7.349,27 L/Und.	R\$ 49.221,81									
Total Geral:			7.349,27 L/Und.	R\$ 49.221,81									

RESUMO POR PRODUTO

DIESEL S10	7.349,27	R\$ 49.221,81
Total Geral:	7.349,27	R\$ 49.221,81

* = Abastecimento com desvio de km, e por esse motivo, não contabilizado nos calculos finais de desempenho do veículo.



COMPOSIÇÃO DE CUSTO DE FROTA

04/01/2023 10:51:13

MUNICÍPIO DE NARANDIBA

44.857.027/0001-70

Período entre: 01/11/2022 e 04/01/2023

ID Setor:

AUT.	DATA	HORA	ESTABELECIMENTO	CNPJ	PRODUTO	QTDE	VALOR	R\$/L	K				MOTORISTA	
									ANTERIO	ATUAL	RODADO	MEDIA		
SETOR: LIMPEZA PUBLICA														
VEICULO: GAH8C23					M.BENZ/ACCELO 1016					Km/L				
535130	27/12/22	15:42	POSTO ALVORADA - NARANDIBA	01.721.974/0001-27	DIESEL S10	64,59	R\$ 434,05	R\$ 6,720		661	0	* 0,00	16047-ADRIANO GONCALVES DA SILVA	
Total Veiculo:			64,59 L/Und.	R\$ 434,05	Km Total: 0	Qtde Considerada:		0,00	Km/L Estipulado: 3		Km/L Realizado: 0,00		R\$ 0,00 /km	
Total Setor:			64,59 L/Und.	R\$ 434,05										
Total Geral:			64,59 L/Und.	R\$ 434,05										

RESUMO POR PRODUTO

DIESEL S10	64,59	R\$ 434,05
Total Geral:	64,59	R\$ 434,05

ANEXO 2 - Relação de abastecimento da frota de coleta de RSU em Tarabai em 2022

1. MUNICIPIO DE TARABAI

Relação de Abastecimentos por Veículo

Período: De 01/01/2022 até 31/12/2022

Página 1 de 2

VEÍCULO : FFF8220 ATRON 1319		ESPÉCIE: DIESEL							
TIPO MARCADOR: Odômetro		TIPO MÉDIA: Km/L							
UNIDADE / SETOR: S.E.R.M.									
DATA	Km Anterior	Km Atual	TOTAL Km	COMB.	ODE LTS	VR UNIT.	VR TOTAL	Média Km	
03/01/2022	56004	56252	248	Diesel S-500	88,086	5,48	482,71	2,815	
10/01/2022	56252	56518	266	Diesel S-500	100,011	5,48	548,06	2,660	
17/01/2022	56518	56764	246	Diesel S-500	90,148	5,48	494,01	2,729	
24/01/2022	56764	57016	252	Diesel S-500	96,234	5,79	557,19	2,619	
31/01/2022	57016	57273	257	Diesel S-500	92,968	5,79	538,28	2,764	
07/02/2022	57273	57522	249	Diesel S-500	94,55	5,79	547,44	2,634	
16/02/2022	57522	57796	274	Diesel S-500	100,022	5,79	579,13	2,739	
21/02/2022	57796	58041	245	Diesel S-500	85,007	5,79	492,19	2,882	
28/02/2022	58041	58298	257	Diesel S-500	95,379	5,79	552,24	2,695	
07/03/2022	58298	58553	255	Diesel S-500	119,004	5,79	689,03	2,143	
14/03/2022	58553	58827	274	Diesel S-500	98,016	5,79	567,51	2,795	
21/03/2022	58827	59102	275	Diesel S-500	104,963	6,89	723,20	2,620	
28/03/2022	59102	59376	274	Diesel S-500	105,198	6,89	724,81	2,605	
04/04/2022	59376	59622	246	Diesel S-500	94,224	6,89	649,20	2,611	
11/04/2022	59622	59877	255	Diesel S-500	97,98	6,89	675,08	2,603	
18/04/2022	59877	60106	229	Diesel S-500	88,002	6,89	606,33	2,602	
25/04/2022	60106	60346	240	Diesel S-500	97,34	6,89	670,67	2,466	
02/05/2022	60346	60598	252	Diesel S-500	95,114	6,89	655,34	2,649	
09/05/2022	60598	60846	248	Diesel S-500	94,659	6,89	652,20	2,620	
16/05/2022	60846	61096	250	Diesel S-500	96,858	6,89	667,35	2,581	
23/05/2022	61096	61357	261	Diesel S-500	98,028	6,89	675,41	2,663	
30/05/2022	61357	61611	254	Diesel S-500	101,128	6,89	696,77	2,512	
06/06/2022	61611	61773	162	Diesel S-500	63,165	6,89	435,21	2,565	
13/06/2022	61773	62027	254	Diesel S-500	98,275	6,89	677,11	2,585	
20/06/2022	62027	62250	223	Diesel S-500	87,787	6,89	604,85	2,540	
27/06/2022	62250	62538	288	Diesel S-500	108,349	7,74	838,62	2,658	
04/07/2022	62538	62762	224	Diesel S-500	131,094	7,74	1.014,67	1,709	
11/07/2022	62762	63054	292	Diesel S-500	97,866	7,74	757,48	2,984	
18/07/2022	63054	63305	251	Diesel S-500	88,796	7,74	687,28	2,827	
27/07/2022	63305	63563	258	Diesel S-500	94,524	7,74	731,62	2,729	
01/08/2022	63563	63814	251	Diesel S-500	94,973	7,74	735,09	2,643	
08/08/2022	63814	64069	255	Diesel S-500	104,409	7,39	771,58	2,442	
15/08/2022	64069	64276	207	Diesel S-500	85,6	7,39	632,58	2,418	
22/08/2022	64276	64493	217	Diesel S-500	83,16	7,19	597,92	2,609	
14/09/2022	64493	64774	281	DIESEL S10	102,419	7,19	736,39	2,744	
20/09/2022	64774	65031	257	DIESEL S10	86,113	7,19	619,15	2,984	
26/09/2022	65031	65234	203	DIESEL S10	77,505	7,19	557,26	2,619	
03/10/2022	65234	65498	264	DIESEL S10	97,005	7,19	697,47	2,722	
10/10/2022	65498	65757	259	DIESEL S10	98,929	6,89	681,62	2,618	
17/10/2022	65757	65972	215	DIESEL S10	83,684	6,89	576,58	2,569	
24/10/2022	65972	66230	258	DIESEL S10	98,005	6,89	675,25	2,633	
01/11/2022	66230	66504	274	DIESEL S10	113,044	6,89	778,87	2,424	
10/11/2022	66504	66903	399	DIESEL S10	139,986	6,89	964,50	2,850	
15/11/2022	66903	67389	486	DIESEL S10	209	6,89	1.440,01	2,325	
18/11/2022	67389	67800	411	DIESEL S10	205	6,89	1.412,45	2,005	
21/11/2022	67800	68180	380	DIESEL S10	164,502	6,89	1.133,42	2,310	
20/12/2022	68180	68317	137	DIESEL S10	125,082	6,49	811,78	1,095	
30/12/2022	68317	68709	392	DIESEL S10	196	6,49	1.272,04	2,000	

1. MUNICIPIO DE TARABAI

Relação de Abastecimentos por Veículo

Período: De 01/01/2022 até 31/12/2022

Página 2 de 2

TOTAL VEÍCULO	12705	5.067,191	34.284,99	2,507
TOTAL GERAL	12705	5.067,191	34.284,99	

ANEXO 3 - Relação de abastecimento da frota de coleta de RSU em Pirapozinho em 2022

2. MUNICIPIO DE PIRAPOZINHO

Relação de Abastecimentos por Veículo

Período: De 01/01/2022 até 31/12/2022

Página 1 de 1

VEÍCULO : QAD0477 AGRAL A7500A		ESPÉCIE: DIESEL							
TIPO MARCADOR: Hodômetro		TIPO MÉDIA: Km/L							
UNIDADE / SETOR: ALMOXARIFADO CENTRAL									
DATA	Km Anterior	Km Atual	TOTAL Km	COMB.	QDE LTS	VR UNIT.	VR TOTAL	Média Km	
18/01/2022	65251	65617	366	DIESEL S-10	113,961	5,10	581,20	3,212	
27/01/2022	65617	66011	394	DIESEL S-10	115,261	5,10	587,83	3,418	
01/02/2022	66011	66479	468	DIESEL S-10	110,35	5,10	562,78	4,241	
09/02/2022	66479	66918	439	DIESEL S-10	121,21	5,10	618,17	3,622	
16/02/2022	66918	67288	370	DIESEL S-10	98,84	5,66	559,43	3,743	
23/02/2022	67288	67715	427	DIESEL S-10	110,31	5,66	624,35	3,871	
03/03/2022	67715	68185	470	DIESEL S-10	123,74	5,72	707,79	3,798	
18/03/2022	68185	69075	890	DIESEL S-10	119,011	6,62	787,85	7,478	
28/03/2022	69075	69458	383	DIESEL S-10	116,771	6,80	794,04	3,280	
31/03/2022	69458	69689	231	DIESEL S-10	60,1	6,80	408,68	3,844	
07/04/2022	69689	70020	331	DIESEL S-10	95,371	6,80	648,52	3,471	
13/04/2022	70020	70375	355	DIESEL S-10	93	6,80	632,40	3,817	
20/04/2022	70375	70791	416	DIESEL S-10	100,08	6,80	680,54	4,157	
27/04/2022	70791	71238	447	DIESEL S-10	101,89	6,80	692,85	4,387	
04/05/2022	71238	71630	392	DIESEL S-10	99,68	6,80	677,82	3,933	
10/05/2022	71630	71990	360	DIESEL S-10	87,261	6,80	593,37	4,126	
17/05/2022	71990	72350	360	DIESEL S-10	92,581	6,93	641,59	3,888	
23/05/2022	72350	72713	363	DIESEL S-10	85	6,93	589,05	4,271	
30/05/2022	72713	73068	355	DIESEL S-10	93,67	6,93	649,13	3,790	
06/06/2022	73068	734486	661418	DIESEL S-10	88,151	6,93	610,89	7.503,239	
09/06/2022	734486	73910	73910	DIESEL S-10	102,69	6,93	711,64	719,739	
20/06/2022	73910	74276	366	DIESEL S-10	95,131	6,98	664,01	3,847	
27/06/2022	74276	74620	344	DIESEL S-10	85,87	7,74	664,63	4,006	
01/07/2022	74620	75043	423	DIESEL S-10	98,081	7,74	759,15	4,313	
11/07/2022	75043	75426	383	DIESEL S-10	89,99	7,74	696,52	4,256	
14/07/2022	75426	75767	341	DIESEL S-10	80,22	7,74	620,90	4,251	
21/07/2022	75767	76206	439	DIESEL S-10	92,981	7,74	719,67	4,721	
28/07/2022	76206	76685	479	DIESEL S-10	106,45	7,74	823,92	4,500	
05/08/2022	76685	7019	7019	DIESEL S-10	91,87	7,74	711,07	76,401	
16/08/2022	7019	77390	70371	DIESEL S-10	96,291	7,23	696,18	730,816	
25/08/2022	77390	77754	364	DIESEL S-10	94,55	7,06	667,52	3,850	
31/08/2022	77754	77945	191	DIESEL S-10	46,25	7,06	326,52	4,130	
12/09/2022	77945	782296	704351	DIESEL S-10	94,67	7,06	668,37	7.440,065	
22/09/2022	782296	78646	78646	DIESEL S-10	96,2	7,06	679,17	817,526	
03/10/2022	78646	78976	330	DIESEL S-10	86,651	6,70	580,56	3,808	
13/10/2022	78976	79262	286	DIESEL S-10	94,77	6,94	657,70	3,018	
TOTAL VEÍCULO			1607478		3.478,903		23.295,86	462,065	
TOTAL GERAL			1607478		3.478,903		23.295,86		

2. MUNICIPIO DE PIRAPOZINHO

Relação de Abastecimentos por Veículo

Período: De 01/01/2022 até 31/12/2022

Página 1 de 1

VEÍCULO : EGI3826 IVECO/VERTIS 130V19

ESPÉCIE: DIESEL

TIPO MARCADOR: Odômetro TIPO MÉDIA: Km/L

UNIDADE / SETOR: ALMOXARIFADO CENTRAL

DATA	Km Anterior	Km Atual	TOTAL Km	COMB.	QDE LTS	VR UNIT.	VR TOTAL	Média Km
05/01/2022	116020	115623	115623	DIESEL S-10	180,01	5,10	918,05	642,314
08/01/2022	115623	116020	397	DIESEL S-10	136	5,10	693,60	2,919
12/01/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	136,94	5,10	698,39	0,000
15/01/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	108,791	5,10	554,83	0,000
19/01/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	127,871	5,20	664,93	0,000
22/01/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	116,91	5,10	596,24	0,000
27/01/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	156,581	5,10	798,56	0,000
01/02/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	180,581	5,10	920,96	0,000
05/02/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	144,61	5,10	737,51	0,000
11/02/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	143,791	5,10	733,33	0,000
17/02/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	174,951	5,66	990,22	0,000
22/02/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	180,93	5,66	1.024,06	0,000
24/02/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	75,32	5,66	426,31	0,000
02/03/2022	116020	116022	2	DIESEL S-10	163,271	5,66	924,11	0,012
09/03/2022	116022	116028	6	DIESEL S-10	192,69	5,72	1.102,19	0,031
12/03/2022	116028	116028	0	DIESEL S-10	141,87	5,89	835,61	0,000
31/03/2022	116028	116020	116020	DIESEL S-10	194,421	6,80	1.322,06	596,746
04/04/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	154,961	6,80	1.053,73	0,000
07/04/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	121,33	6,80	825,04	0,000
13/04/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	184,361	6,80	1.253,65	0,000
16/04/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	109,83	6,80	746,84	0,000
25/04/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	160,411	6,80	1.090,79	0,000
26/04/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	145,23	6,80	987,56	0,000
28/04/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	114,321	6,80	777,38	0,000
03/05/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	180,05	6,80	1.224,34	0,000
06/05/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	143,04	6,80	972,67	0,000
14/05/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	126,481	6,93	876,51	0,000
21/05/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	178,601	6,93	1.237,70	0,000
25/05/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	142,921	6,93	990,44	0,000
01/06/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	138,84	6,93	962,16	0,000
07/06/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	182,301	6,93	1.263,35	0,000
09/06/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	110,291	6,93	764,32	0,000
01/07/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	161,311	7,74	1.248,55	0,000
05/07/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	153,56	7,74	1.188,55	0,000
08/07/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	150,251	7,74	1.162,94	0,000
14/07/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	127,481	7,74	986,70	0,000
21/07/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	192,131	7,74	1.487,09	0,000
26/07/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	168,771	7,74	1.306,29	0,000
29/07/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	151,76	7,74	1.174,62	0,000
02/08/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	138,621	7,74	1.072,93	0,000
09/08/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	192,021	7,46	1.432,48	0,000
12/08/2022	116020	116020	0	DIESEL S-10	148,971	7,46	1.111,32	0,000
TOTAL VEÍCULO			232048		6.333,385		41.138,99	36,639
TOTAL GERAL			232048		6.333,385		41.138,99	

2. MUNICIPIO DE PIRAPOZINHO

Relação de Abastecimentos por Veículo

Período: De 01/01/2022 até 31/12/2022

Página 1 de 2

VEÍCULO : CPV9509 FORD/F12000 - COMPACTADOR DE LIXO

ESPÉCIE: DIESEL

TIPO MARCADOR: Hodômetro TIPO MÉDIA: Km/L

UNIDADE / SETOR: ALMOXARIFADO CENTRAL

DATA	Km Anterior	Km Atual	TOTAL Km	COMB.	QDE LTS	VR UNIT.	VR TOTAL	Média Km
06/01/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	125,382	5,07	635,69	0,000
12/01/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	150,276	5,07	761,90	0,000
14/01/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	39,398	5,07	199,75	0,000
19/01/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	98,884	5,07	501,34	0,000
22/01/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	82,045	5,48	449,61	0,000
26/01/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	94,394	5,48	517,28	0,000
28/01/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	79,971	4,36	348,64	0,000
31/01/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	46,862	5,48	256,80	0,000
04/02/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	103,358	5,48	566,40	0,000
08/02/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	78,339	5,48	429,30	0,000
10/02/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	97,558	5,48	534,62	0,000
14/02/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	91,852	5,48	503,35	0,000
19/02/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	125,855	5,48	689,69	0,000
24/02/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	127,45	5,48	698,43	0,000
04/03/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	125,909	5,48	689,98	0,000
10/03/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	101,517	5,69	577,63	0,000
10/03/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	101,517	5,69	577,63	0,000
19/03/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	113,768	6,71	763,38	0,000
22/03/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	85,114	6,71	571,11	0,000
24/03/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	96,621	6,71	648,33	0,000
26/03/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	75,008	6,71	503,30	0,000
29/03/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	70,008	6,71	469,75	0,000
01/04/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	62,218	6,71	417,48	0,000
05/04/2022	144118	144118		0 OLEO DIESEL	124,478	6,71	835,25	0,000
08/04/2022	144118	10	10	10 OLEO DIESEL	74,403	6,71	499,24	0,134
13/04/2022	10	10	10	0 OLEO DIESEL	63,225	6,71	424,24	0,000
18/04/2022	10	10	10	0 OLEO DIESEL	83,339	6,71	559,20	0,000
22/04/2022	10	10	10	0 OLEO DIESEL	127,161	6,71	853,25	0,000
27/04/2022	10	10	10	0 OLEO DIESEL	150,015	6,71	1.006,60	0,000
04/05/2022	10	10	10	0 OLEO DIESEL	144,833	6,71	971,83	0,000
10/05/2022	10	10	10	0 OLEO DIESEL	154,899	6,71	1.039,37	0,000
10/05/2022	10	10	10	0 OLEO DIESEL	20,012	6,71	134,28	0,000
11/05/2022	10	10	10	0 OLEO DIESEL	150	6,71	1.006,50	0,000
16/05/2022	10	10	10	0 OLEO DIESEL	113,002	6,86	775,19	0,000
23/05/2022	10	10	10	0 OLEO DIESEL	130,011	6,86	891,88	0,000
22/06/2022	10	10	10	0 OLEO DIESEL	100,121	7,40	740,90	0,000
25/06/2022	10	10	10	0 OLEO DIESEL	75,397	7,40	557,94	0,000
29/06/2022	10	10	10	0 OLEO DIESEL	122,495	7,40	906,46	0,000
02/07/2022	10	10	10	0 OLEO DIESEL	91,487	7,39	676,09	0,000
07/07/2022	10	10	10	0 OLEO DIESEL	112,975	7,39	834,89	0,000
11/07/2022	10	10	10	0 OLEO DIESEL	126,357	7,39	933,78	0,000
14/07/2022	10	10	10	0 OLEO DIESEL	85,742	7,39	633,63	0,000
23/07/2022	10	92,01	82,01	0 OLEO DIESEL	92,011	7,39	679,96	0,891
29/07/2022	92,01	92,01		0 OLEO DIESEL	100,769	7,39	744,68	0,000
03/08/2022	92,01	92,01		0 OLEO DIESEL	107,007	7,39	790,78	0,000
08/08/2022	92,01	92,01		0 OLEO DIESEL	126,124	7,39	932,06	0,000
15/08/2022	92,01	92,01		0 OLEO DIESEL	105	7,39	775,95	0,000
17/08/2022	92,01	92,01		0 OLEO DIESEL	119,916	7,27	871,79	0,000
22/08/2022	92,01	92,01		0 OLEO DIESEL	116,503	7,27	846,98	0,000
04/10/2022	92,01	92,01		0 OLEO DIESEL	46,78	6,87	321,38	0,000

2. MUNICIPIO DE PIRAPOZINHO
Relação de Abastecimentos por Veículo

Período: De 01/01/2022 até 31/12/2022

Página 2 de 2

13/10/2022	92,01	92,01	0	OLEO DIESEL	125,215	6,87	860,23	0,000
21/10/2022	92,01	92,01	0	OLEO DIESEL	118,346	6,87	813,04	0,000
27/10/2022	92,01	92,01	0	OLEO DIESEL	106,681	4,66	497,37	0,000
08/11/2022	92,01	92,01	0	OLEO DIESEL	60	6,87	412,20	0,000
08/11/2022	92,01	20541	20448,99	OLEO DIESEL	156,018	6,87	1.071,84	131,068
23/11/2022	20541	20879	338	OLEO DIESEL	147,014	6,87	1.009,99	2,299
29/11/2022	20879	21241	362	OLEO DIESEL	112,006	6,87	769,48	3,232
05/12/2022	21241	21571	330	OLEO DIESEL	114,005	6,87	783,21	2,895
10/12/2022	21571	21911	340	OLEO DIESEL	125	6,87	858,75	2,720
14/12/2022	21911	120890	98979	OLEO DIESEL	83,373	6,87	572,77	1.187,183
TOTAL VEÍCULO			120890		6.185,024		40.204,37	19,546
TOTAL GERAL			120890		6.185,024		40.204,37	

ANEXO 4 – Relação de abastecimento da frota de coleta de RSU em Sandovalina em 2022



PREFEITURA MUNICIPAL DE SANDOVALINA

Relação de Abastecimento (Analítico)

1 / 1

04/04/2023 16:29

Frota	Placa	Modelo	Data Abast.	Doc./Autoriz.	Aquisição	Odo/Hor	Qtde Litros	Vi. Lit	Vi. Abast.	Comb
00067	EHE5877	VERTS 130V19	10/01/2022 10:49			0065040	199,008	5,5200	1.098,52	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	01/02/2022 09:26			0065702	185,348	5,6700	1.050,92	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	14/02/2022 11:19			0066370	185,011	5,6700	1.049,01	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	28/02/2022 10:58			0067049	201,884	5,6700	1.144,68	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	15/03/2022 12:00			0067831	208,604	5,6700	1.182,78	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	29/03/2022 09:42			0068432	199,304	6,9900	1.393,13	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	12/04/2022 10:13			0069246	197,298	6,9900	1.379,11	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	26/04/2022 10:05			0069929	185,833	6,9900	1.298,97	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	09/05/2022 10:59			0070501	183,051	6,9900	1.279,53	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	23/05/2022 11:17			0701214	210,031	6,9900	1.468,12	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	06/06/2022 11:12			0719200	199,046	6,9900	1.391,33	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	20/06/2022 11:17			0725590	183,051	6,9900	1.279,53	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	04/07/2022 11:23			0732680	203,331	7,9900	1.624,61	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	15/07/2022 10:41			0739010	183,058	7,9900	1.462,63	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	29/07/2022 10:35			0746050	200,064	7,9900	1.598,51	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	29/07/2022 10:36			0746050	24,300	3,9900	96,96	ARL
00067	EHE5877	VERTS 130V19	11/08/2022 09:46			0752410	181,707	7,4900	1.360,99	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	24/08/2022 09:51			0758840	185,080	7,2900	1.349,23	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	24/08/2022 09:52			0758840	11,024	3,9900	43,99	ARL
00067	EHE5877	VERTS 130V19	08/09/2022 11:36			0076632	207,221	7,2900	1.510,64	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	21/09/2022 09:51			0077443	185,442	7,2900	1.351,87	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	04/10/2022 10:15			0077906	187,630	7,2900	1.367,82	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	18/10/2022 09:45			0078603	195,007	7,2900	1.421,60	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	01/11/2022 10:53			0079313	198,475	7,2900	1.446,88	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	09/11/2022 17:58			0079486	68,774	7,2900	501,36	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	24/11/2022 09:21			0080294	199,825	7,2900	1.456,72	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	08/12/2022 10:02			0081005	191,537	7,2900	1.396,30	DIE
00067	EHE5877	VERTS 130V19	08/12/2022 10:03			0081005	24,275	3,9900	96,86	ARL
00067	EHE5877	VERTS 130V19	21/12/2022 10:29			0081640	182,184	6,4900	1.182,37	DIE
Total Geral						029	4.966,403		34284,97	
									Total:	29

Filtro:

Data de Abastecimento de: 01/01/2022 00:00

Data de Abastecimento até: 31/12/2022 00:00

Situação: Ativo

Frota:

- 000067 - VERTS 130V19 - IVECO - EHE5877