

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOICE CONSULIN RIBEIRO

COMPOSTAGEM DOS RESÍDUOS NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR:  
UMA PROPOSTA SUSTENTÁVEL

PONTAL DO PARANÁ

2023

JOICE CONSULIN RIBEIRO

COMPOSTAGEM DOS RESÍDUOS NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR:  
UMA PROPOSTA SUSTENTÁVEL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Campus Pontal do Paraná, Centro de Estudos do Mar, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Cesar Aparecido da Silva

PONTAL DO PARANÁ  
2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
Avenida Deputado Anibal Khury, 2033, - Bairro Balneário Pontal do Sul, Pontal do Paraná/PR, CEP 83255-976  
Telefone: 4135118600 - <http://www.ufpr.br/>

**TERMO**  
**TERMO DE APROVAÇÃO**

Joice Consulin Ribeiro

**“COMPOSTAGEM DOS RESÍDUOS NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR: UMA PROPOSTA SUSTENTÁVEL.”**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal do Paraná, pela Banca formada pelos membros:

Mestrando Alan D'Oliveira Correia - UFPR

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Camila Angélica Baum - CPP-CEM/UFPR

Prof. Dr. Cesar Aparecido da Silva - CPP-CEM/UFPR  
Presidente

Pontal do Paraná, 19 de Junho de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **CESAR APARECIDO DA SILVA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/06/2023, às 11:10, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **ALAN D OLIVEIRA CORREA, Usuário Externo**, em 19/06/2023, às 11:31, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Camila Angélica Baum, Usuário Externo**, em 19/06/2023, às 12:01, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.

---



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **5666835** e o código CRC **F792935D**.

---

Rua XV de Novembro, 1299 – Centro – CEP: 80.060-000 – Curitiba-PR  
Fone (41) 3360-5187 – E-mail: [contratos@ufpr.br](mailto:contratos@ufpr.br)

Dedico este trabalho à minha mãe, Eliane Aparecida Consulin, que sempre me incentivou e acreditou no meu potencial.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pela vida, e por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos.

À minha mãe Eliane Aparecida Consulin, que nunca mediu esforços para me proporcionar o que fosse preciso para que eu pudesse me dedicar em minha jornada. Tudo o que sou, devo à senhora!

Ao meu companheiro Alesson Nascimento, que está ao meu lado desde o início e me ajudou a escolher os caminhos que me levaram a esta trajetória, obrigada por compreender a minha ausência enquanto me dediquei aos estudos.

À minha irmã Geovana Consulin, por estar sempre ao meu lado, a minha amada vó Matilde Felix Consulin, e à Angela Nascimento, por todo o apoio.

Ao meu orientador Cesar Aparecido da Silva, por ter conduzido o trabalho e desempenhado tal função com dedicação e amizade, obrigada pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação.

Aos meus colegas de curso, pela troca de experiências, e aos amigos com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo, em especial as amigas que a vida acadêmica me deu, Anne Goltz e Marcela Gonçalves. E à Heloíse Cristine de Oliveira, pela amizade e parceria que se fortaleceu ainda mais nesse período. Obrigada meninas, por todos os nossos momentos e por estarem sempre comigo.

Aos demais professores, que me acompanharam ao longo do curso e que, com empenho, se dedicam à arte de ensinar.

## RESUMO

Aproximadamente metade dos resíduos sólidos urbanos são orgânicos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) afirma que a compostagem é o método mais adequado para tratamento desses resíduos. Este trabalho teve como objetivo realizar o estudo da viabilidade técnica e econômica de uma usina de compostagem para o município de Pontal do Paraná, situado no litoral paranaense. Foi realizada a análise dos resíduos sólidos urbanos do município a partir de dados disponibilizados pela prefeitura e então estimado a massa diária de geração de orgânicos. Posteriormente foi dimensionado a usina, e a partir de seu porte pode-se estimar os custos de implantação e operação. Através da determinação da área do empreendimento foi apontado as áreas de influência e os possíveis impactos ambientais, bem como medidas e ações para mitigação. Constatou-se que a geração percapta de resíduos orgânicos do município é 0,55 kg/hab.dia, com possibilidade de aproveitamento de 27 ton/dia de resíduos compostáveis. Foi estimada uma área de 19.008 m<sup>2</sup> para a implantação da usina de compostagem considerando a população atual estimada do município de 32.985 habitantes, e 33.838 m<sup>2</sup> em 15 anos, considerando o crescimento populacional. Os dados mostraram que a compostagem dos resíduos orgânicos pode gerar uma economia de 5.445,90 reais mensais relacionada a destinação final desses resíduos, visando 100% de seu aproveitamento. O custo aproximado da implementação do empreendimento é 31.532,90 reais, e para operação da usina é necessário desembolsar cerca de 48.425,78 reais mensais, e com a comercialização das 405 toneladas mensais de biocomposto que podem ser gerados no processo, é possível obter uma renda de 101.250,00 reais por mês, gerando uma receita bruta de 1.215.000,00 reais/ano, o suficiente para arcar com as despesas de operação da usina. Além dos benefícios econômicos para o município oriundos da compostagem e a diminuição do envio dos resíduos orgânicos para o aterro sanitário, aumentando sua vida útil, o biocomposto gerado pode ser utilizado para diversos fins tais como melhorador do solo e recuperação de áreas degradadas. A compostagem dos resíduos orgânicos sugere ser viável tecnicamente e economicamente desde que sejam implementados programas de coleta seletiva, evitando que outros tipos de resíduos, em especial os sanitários, cheguem à usina proposta.

Palavras-chave: Gestão ambiental. Reciclagem. Coleta seletiva. Biocomposto. Usina de compostagem

## ABSTRACT

Approximately half of municipal solid waste is organic. The National Solid Waste Policy (Law No. 12.305/2010) states that composting is the most appropriate method for treating this waste. This work aimed to carry out the study of the technical and economic feasibility of a composting plant for the municipality of Pontal do Paraná, located on the coast of Paraná. The analysis of the municipal solid waste of the municipality was carried out based on data provided by the city and then estimated the daily mass of organic generation. Subsequently, the plant was dimensioned, and from its size it is possible to estimate the costs of implementation and operation. Through the determination of the area of the enterprise was pointed out the areas of influence and the possible environmental impacts, as well as measures and actions for mitigation. It was found that the per capita generation of organic waste in the municipality is 0,55 kg/inhab.day, with the possibility of using 27 tons/day of compostable waste. An area of 19.008 m<sup>2</sup> was estimated for the implementation of the composting plant considering the estimated current population of the municipality of 32.985 inhabitants, and 33.838 m<sup>2</sup> in 15 years, considering the population growth. The data showed that the composting of organic waste can generate savings of 5.445,90 reais per month related to the final destination of this waste, aiming at 100% of its use. The approximate cost of implementing the project is 31.532,90 reais, and for the operation of the plant it is necessary to disburse about 48.425,78 reais monthly, and with the commercialization of 405 tons of biocompost per month that can be generated in the process, it is possible to obtain an income of 101.250,00 reais per month, generating a gross revenue of 1.215.000,00 reais/year, enough to bear the expenses of operating the plant. In addition to the economic benefits to the municipality from composting and the decrease in shipment from organic waste to landfill, increasing its useful life, the biocompost generated can be used for various purposes such as soil improver and recovery of degraded areas. The composting of organic waste is technically and economically viable as long as selective collection programs are implemented, preventing other types of waste, especially sanitary waste, from reaching the proposed plant.

Key-words: Environmental management. Recycling. Selective collection. Biocomposite. Composting plant.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LEIRAS E REVIRADOR .....	29
FIGURA 2 - TAMBOR ROTATIVO.....	29
FIGURA 3 - REATOR BIOLÓGICO .....	30
FIGURA 4 - EXEMPLO DE UM FLUXOGRAMA DE UMA ROTA PARA A DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS .....	33
FIGURA 5 - PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. ....	35
FIGURA 6 - PRINCIPAIS ETAPAS DA PRODUÇÃO DO BIOCOMPOSTO ORIUNDO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. ....	37
FIGURA 7 - LOCALIZAÇÃO .....	39
FIGURA 8 - GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR ENTRE OS ANOS DE 2012 E 2022.....	48
FIGURA 9 - MÉDIA MENSAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR ENTRE AGOSTO DE 2019 E AGOSTO DE 2021.....	49
FIGURA 10 - MÉDIA DIÁRIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR ENTRE OS ANOS DE 2012 E 2022.....	50
FIGURA 11 - RECICLÁVEIS COLETADOS NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR NO ANO DE 2021.....	51
FIGURA 12 - LOCALIZAÇÃO SUGERIDA PARA A USINA DE COMPOSTAGEM NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR. ....	55
FIGURA 13 - PROPOSTA DE LAYOUT DA USINA DE COMPOSTAGEM.....	58
FIGURA 14 - ESTRUTURA DO PÁTIO DE COMPOSTAGEM .....	59
FIGURA 15 - FAIXADA DO PÁTIO DE COMPOSTAGEM.....	59
FIGURA 16 - LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E DELIMITAÇÕES DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID) E ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (ADA).....	65
FIGURA 17 - ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII) DO EMPREENDIMENTO LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR.....	66
FIGURA 18 - ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII) NO MUNICÍPIO DE PARANAGUÁ-PR .....	66

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS COMPOSTÁVEIS.....	27
QUADRO 2 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM .....	31

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - MODALIDADES DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS DE COMPOSTAGEM DE ACORDO COM O PORTE .....	32
TABELA 2 - VALOR DA TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZADA PARA ESTIMATIVA DE CUSTOS.....	43
TABELA 3 - TARIFAS DE ÁGUA E ESGOTO UTILIZADOS PARA ESTIMATIVA DE CUSTOS. ....	44
TABELA 4 - DESEMBOLSO TOTAL PARA EMPREGAR UM TRABALHADOR COM SALÁRIO HIPOTÉTICO DE U\$ 100 (R\$ 493,92*).....	45
TABELA 5 - ATRIBUTOS E PONTUAÇÃO UTILIZADOS NA MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL PARA ESTIMAR OS IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS À USINA DE COMPOSTAGEM.....	46
TABELA 6 - ÍNDICE DE SIGNIFICÂNCIA.....	47
TABELA 7 - GASTOS COM COLETA E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR NO ANO DE 2021.....	53
TABELA 8 - CONFIGURAÇÕES INICIAIS PARA CÁLCULOS DE DIMENSIONAMENTO DO PÁTIO DE COMPOSTAGEM.....	56
TABELA 9 - DIMENSIONAMENTO DO PÁTIO DE COMPOSTAGEM CONSIDERANDO 15 ANOS DE FUNCIONAMENTO.....	56
TABELA 10 - INVESTIMENTO INICIAL EM UTENSÍLIOS E EQUIPAMENTOS PARA A USINA DE COMPOSTAGEM PROPOSTA .....	61
TABELA 11 - CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA USINA DE COMPOSTAGEM. ....	63
TABELA 12 – MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTAIS.....	68

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	16
1.2 OBJETIVOS .....	17
1.2.1 Objetivo geral.....	17
1.2.2 Objetivos específicos .....	17
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>19</b>
2.1 OS RESÍDUOS SÓLIDOS .....	19
2.2 RESÍDUOS ORGÂNICOS .....	21
2.3 A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS .....	22
2.4 COMPOSTAGEM.....	25
2.5 USINAS DE COMPOSTAGEM .....	31
2.6 BIOCÓMPOSTO .....	36
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>39</b>
3.1 LOCAL DE ESTUDO.....	39
3.2 OBTENÇÃO DE DADOS .....	40
3.3 DIMENSIONAMENTO .....	41
3.4 ESTIMATIVA DE CUSTOS.....	43
3.5 IMPACTOS AMBIENTAIS .....	45
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>48</b>
4.1 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	48
4.2 ESTRUTURA DA USINA DE COMPOSTAGEM.....	54
4.3 DESPESAS, CUSTOS E RECEITA .....	60
4.4 IMPACTOS AMBIENTAIS .....	64
4.4.1 Áreas de Influência .....	64
4.4.2 Matriz de Impacto Ambiental.....	67

4.4.3 Programas e ações de controle, monitoramento e mitigação .....	70
4.4.3.1 Meio físico.....	70
4.4.3.1.1 Programa de monitoramento da qualidade do solo .....	70
4.4.3.1.2 Programa de Gestão de Resíduos Sólidos - PGRS.....	70
4.4.3.1.3 Manutenção de cerca viva .....	70
4.4.3.2 Meio Biótico .....	71
4.4.3.2.1 Programa de monitoramento da fauna .....	71
4.4.3.2.2 Plano de recomposição da área desmatada.....	71
4.4.3.2.3 Programa de monitoramento de vetores.....	71
4.4.3.3 Meio Antrópico .....	71
4.4.3.3.1 Programa de educação socioambiental.....	71
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>74</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO 1 – ZONEAMENTO, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO 2 – ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO.....</b>	<b>86</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização do Brasil que teve início na década de 1950 intensificou os problemas ambientais no país, especialmente no que tange ao saneamento, e dentre eles, a geração de resíduos sólidos.

Os resíduos sólidos advêm das atividades industriais, domésticas, comerciais, hospitalares, de serviço, agrícolas, e de varrição. A crescente geração é um desafio ambiental, juntamente com a disposição final desses resíduos (SILVA, 2013). De modo que, todo município necessita de um gerenciamento de resíduos sólidos efetivo, sendo os municípios de menor porte os que mais carecem (STRAPAÇÃO et al., 2018). Dentre esses, pode-se citar o município de Pontal do Paraná, Estado do Paraná, objeto de estudo deste trabalho.

A coleta seletiva de materiais recicláveis é determinada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS; Lei nº 12.305/2010). Mas geralmente, os recicláveis como o papel, plástico, metal e vidro são coletados juntamente com os orgânicos. Esse tipo de coleta convencional é denominada coleta indiferencial (Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), 2021a).

Nem todos os resíduos sólidos são rejeitos<sup>1</sup>, isto é, materiais imprestáveis. O resíduo orgânico, por exemplo, qualifica-se para geração de fertilizantes, gás combustível e energia. Apesar desse potencial, o Brasil atualmente recicla apenas 1% dos resíduos que descarta (Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento (ASSEMAE), 2019).

No meio ambiente, os materiais orgânicos são degradados por organismos que reciclam os nutrientes em processos como os ciclos do carbono e do nitrogênio (SILVA; ALBERGUINI, 2022). Isto acontece, por exemplo, com as folhas das árvores que caem no solo. Entretanto, quando os materiais orgânicos são derivados de atividades humanas, ou são produzidos em grande volume e dispostos em locais inadequados como em lixões a céu aberto, podem se transformar em sério problema ambiental (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2021).

---

<sup>1</sup> “resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010).

Dentre as alternativas sustentáveis de disposição final para os resíduos orgânicos encontra-se a compostagem. De acordo com a NBR 13591/1996 (Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1996, p.2):

“A compostagem é um processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação. Ainda segundo a normativa, os métodos de compostagem podem ser do tipo acelerado, ou natural. (ABNT, 1996, p.2).

A escolha do melhor método de compostagem está relacionada com a quantidade de resíduos a compostar. O método natural é normalmente usado para até 100 toneladas/dia de resíduos orgânicos, que incluem resíduos domiciliares, de grandes geradores de orgânicos, e de poda e varrição (Portal Resíduos Sólidos (PRS), 2022).

Projetos de compostagem de resíduos domésticos têm sido descritos na literatura como, por exemplo, o projeto Revolução dos Baldinhos, que desde 2008 promove compostagem na comunidade Chico Mendes, em Florianópolis. Nesta comunidade, os moradores preocupados com a situação depois de uma epidemia de leptospirose devido a um surto de ratos causado pelo acúmulo de resíduos nas ruas, se uniram a fim transformar os resíduos orgânicos em adubo, foram distribuídos baldes para a coleta destes resíduos para posteriormente serem conduzidos a um pátio de compostagem. Atualmente, a receita derivada da venda de parte do que é compostado garante a renda dos agentes comunitários (MENOS1LIXO, 2018; FUNDAÇÃO VERDE, 2019).

Uma usina de compostagem diminui o volume de resíduos destinados ao aterro, o que pode reduzir os custos com disposição e tratamento, e promover a geração de renda através da comercialização do biocomposto obtido do processo. Apesar do valor comercial do composto gerado ser baixo, quando somada essa renda ao valor reduzido mensalmente nos orçamentos públicos, devido à diminuição do volume de resíduos a ser destinados ao aterro sanitário, pode resultar em grandes economias para população que adotar essa prática sustentável (MELO; DUARTE, 2018).

Neste contexto, esse trabalho pretende avaliar a viabilidade de implantação de uma usina de compostagem no município de Pontal do Paraná, litoral paranaense,

com vistas a diminuir o envio dos resíduos orgânicos ao aterro sanitário e promover o uso sustentável deste recurso renovável.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

O crescimento populacional, acompanhado da urbanização e do desenvolvimento econômico, em conjunto com mudanças no estilo de vida das pessoas e nos padrões de produção e consumo, desencadearam um aumento na produção de resíduos sólidos (GOUVEIA, 2012). A Política Nacional de Resíduos Sólidos preconiza a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos. Contudo, há dificuldades anteriores à PNRS que ainda persistem.

No Brasil, é difícil obter uma visão abrangente e sistemática das questões de limpeza urbana, por se tratar de um país continental com desenvolvimento desigual (SILVA, 2021). Outro aspecto negativo é o grande número de embalagens em produtos adquiridos diariamente, os quais poderiam ser reciclados ou reaproveitados. Este aumento, para economia, é sinônimo de crescimento. Contudo, embora tenha contribuído para a produção de bens de consumo, o uso de recursos naturais na fabricação resultou em degradação e falta de sustentabilidade.

A maior parte dos resíduos produzidos vem das residências. Existe uma correlação entre o nível de avanço econômico e tecnológico de uma nação e a porcentagem de resíduos orgânicos em sua produção geral de resíduos. Especificamente, os países mais desenvolvidos têm uma proporção menor de resíduos orgânicos (EL-DEIR, 2014). Populações com menor poder aquisitivo possuem taxas mais elevadas de resíduos orgânicos no lixo domiciliar, e em regiões desenvolvidas predominam materiais descartáveis. O Brasil está inserido no primeiro grupo (ESQUEDA et al., 2003).

Os custos econômicos, sociais e ambientais de um aterro sanitário são altos, além disso, sabe-se que seu tempo de vida útil é baixo, devido ao crescimento populacional. Garantir a sustentabilidade do sistema exige a implementação de uma nova abordagem para a gestão de resíduos sólidos urbanos (MP/PR, 2012). Ressalta-se também que na Política Municipal de Resíduos Sólidos de Pontal do Paraná (Lei nº 1473 de 05/12/2014) dentre outros princípios, destacam-se o seguinte: “Incentivo

sistemático às atividades de redução, reutilização, reaproveitamento, coleta seletiva, compostagem e reciclagem de resíduos” (PONTAL DO PARANÁ, 2014, p.4).

Para compreender o impacto prejudicial dos resíduos sólidos não tratados, é necessário explorar soluções viáveis para promover a sustentabilidade. Isso envolve a implementação de tecnologias que possam recuperar e valorizar os resíduos, em vez de simplesmente descartá-los em aterros sanitários. Ao aproveitar essas oportunidades, os resíduos podem ser transformados em um recurso que beneficia tanto a sociedade quanto o meio ambiente.

Dentre as alternativas, destaca-se a compostagem de materiais orgânicos que representam cerca de 50% do total dos resíduos gerados diariamente. Desta forma, os custos da destinação e tratamento poderiam ser minimizados, além de possibilitar a geração de receita por meio da comercialização do biocomposto proveniente da compostagem dos resíduos orgânicos de Pontal do Paraná - PR. Ainda, poderiam ser beneficiados os trabalhadores dessa área, gerando empregos e ganhos socioeconômicos, e promovendo a sustentabilidade, proteção e conservação ambiental.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Realizar um estudo da viabilidade técnico-econômica de uma usina de compostagem de resíduos sólidos para o município de Pontal do Paraná, no litoral paranaense.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar um diagnóstico da geração de resíduos orgânicos no município de Pontal do Paraná;
- Propor um projeto de usina de compostagem para os resíduos orgânicos gerados no município de Pontal do Paraná;
- Realizar um estudo dos principais impactos ambientais que podem ser gerados pela usina de compostagem;

- Apontar os locais adequados para a implantação da usina de compostagem no município.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 OS RESÍDUOS SÓLIDOS

Os processos derivados de atividades antrópicas geram subprodutos que chamamos de resíduos, como os resíduos domésticos, os materiais orgânicos, os efluentes industriais e os gases (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), 2013). A Política Nacional de Resíduos Sólidos define resíduos sólidos como (BRASIL, 2010, p.2):

material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (BRASIL, 2010, p. 2).

A classificação dos resíduos no Brasil é normatizada pela NBR 10.004/2004, que caracteriza os tipos de resíduos como “perigosos, ou não perigosos: inerte ou não inerte” (ABNT, 2004). Os resíduos perigosos pertencem à Classe I e apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente por possuírem características como inflamabilidade, reatividade, corrosividade, toxicidade e patogenicidade (SILVA, 2013). Como, por exemplo, as tintas, os materiais hospitalares, produtos químicos e radioativos, lâmpadas fluorescentes, baterias e pilhas. Os resíduos dessa Classe necessitam de tratamento e disposição especiais. A Classe II A representa os não inertes, que são os resíduos que não apresentam as características citadas na classe anterior (Classe I) e, portanto, são considerados como não perigosos. Esses resíduos podem ser biodegradáveis, comburentes ou solúveis em água, como é o caso dos resíduos orgânicos de origem doméstica. Já o resíduo Classe II B (inerte) abrange resíduos compostos por materiais que quando em contato com outros componentes do meio não sofre transformações físicas, químicas ou biológicas (ABNT, 2004). Esses resíduos mantem-se inalterados por muito tempo sendo caracterizados por não sofrer ou sofrer pouca decomposição. Como exemplo, pode-se citar os entulhos de demolição, pedras, areia e sucata de ferro (Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - Vale do Jaguaribe (CGIRS – VJ), 2021).

Os resíduos sólidos também podem ser classificados quanto à sua origem, que inclui domésticos, urbanos, industriais, hospitalares, da limpeza da cidade, dos comércios, dos serviços públicos de saneamento, dos serviços de transporte, da construção civil, da agricultura e pecuária e os resíduos da mineração (BRASIL, 2010).

Para classificar os resíduos sólidos, é levado em consideração seu processo de produção, seus componentes e propriedades, além da presença de substâncias tóxicas (ABNT, 2004). Além das legislações federais e normas técnicas sobre resíduos, os estados e municípios podem promulgar suas próprias leis sobre o assunto. A Lei nº 1473 de 05/12/2014 que instituiu a Política Municipal de Resíduos Sólidos no Município de Pontal do Paraná, por exemplo, classifica os resíduos sólidos como: Resíduos sólidos comuns e especiais (PONTAL DO PARANÁ, 2014, p. 1):

I - Resíduos sólidos comuns - provenientes de residências ou de qualquer outra atividade que gere resíduos com características domiciliares, ou a estes equiparados, bem como os resíduos de limpeza pública e urbana, subdivididos, em:

- a) Resíduos orgânicos domésticos, de poda, capina e feiras livres;
- b) Resíduos inservíveis (móveis e sucatas) de grande porte;
- c) Resíduos provenientes de varrição;
- d) Resíduos de limpeza de valas e drenagem pluvial;
- e) Resíduos de materiais recicláveis;
- f) Resíduos de comércio e/ou serviços.

II - Resíduos sólidos especiais - aqueles que necessitam, ou podem necessitar de gerenciamento específico, em razão de sua tipologia ou qualidade, subdivididos em:

- a) Resíduos de serviços de saúde;
- b) Resíduos de atividades rurais;
- c) Resíduos de construção civil. (PONTAL DO PARANÁ, 2014, p. 1).

Outra definição importante no gerenciamento de resíduos são os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), que são aqueles originários de atividades de ambiente doméstico, denominados resíduos domiciliares, e os originários de serviços de limpeza pública tais como os de varrição de vias públicas e podas de jardim (Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR), 2022; SILVA, 2013). É estimado que, no Brasil, praticamente metade dos resíduos sólidos urbanos coletados são orgânicos. O restante são resíduos recicláveis secos e rejeitos (SINIR, 2022).

Os rejeitos são definidos pela PNRS como aqueles que, quando todos os tratamentos tecnológicos e métodos de recuperação disponíveis e economicamente

viáveis tiverem sido utilizados, a única opção restante é a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

A coleta de resíduos pode ser classificada em seletiva e indiferenciada, sendo que esta última não recebe qualquer segregação na fonte de origem. Já a coleta seletiva é uma coleta diferenciada, onde os resíduos são separados de acordo com sua composição ou constituição (Tribunal de Contas da União (TCU) Sustentável, 2017). Uma classificação amplamente utilizada em programas de coleta seletiva e de fácil compreensão da população é a de resíduo seco e resíduo úmido. Os secos incluem materiais potencialmente recicláveis, enquanto os resíduos úmidos incluem a porção orgânica, como restos de comida, cascas de frutas e resíduos de poda (SILVA; ANDREOLI, 2010).

Outra maneira fácil de classificar o lixo é conforme sua composição química, sendo os orgânicos, aqueles de origem animal ou vegetal que sofrem o processo de decomposição natural, como os restos de comida, folhas, sementes, pedaços de carne, ossos, etc. E os inorgânicos como vidro, plástico, papel, metal, entulho, entre outros (Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2022; Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), 2020).

## 2.2 RESÍDUOS ORGÂNICOS

A matéria orgânica é definida da forma biológica como material de origem animal ou vegetal (RECICLOTECA, 2022). Segundo a Embrapa (2022), centenas de milhões de toneladas de materiais orgânicos são produzidos no Brasil a cada ano e o uso desses materiais é essencial para promover a sustentabilidade agrícola e a proteção ambiental, reduzir as perdas de nutrientes e otimizar seu uso. Os resíduos orgânicos consistem principalmente em restos de comida e resíduos de jardim descartados por atividades humanas, como cascas, caroços, ossos, comida podre, grama cortada e podas de árvores e demais vegetações. A Embrapa também destaca que as hortaliças são um dos alimentos mais perecíveis e respondem por grande parte do total de alimentos comumente descartados nas residências e comércios (EMBRAPA, 2021).

Do total de resíduo urbano gerado no Brasil, 50% são orgânicos, conforme informado pela Embrapa (2021), em seguida estão os recicláveis secos representando

28% e os rejeitos que representam 22%. A grande quantidade de resíduos orgânicos corrobora a importância de se adotar formas de aproveitamento destes resíduos a fim de evitar o seu descarte indevido.

No Brasil, os municípios são responsáveis pela implantação de sistemas de compostagem para resíduos orgânicos, bem como por viabilizar formas de aproveitamento do composto produzido (BRASIL, 2010). Segundo o diagnóstico de resíduos sólidos disponibilizado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS-RS), foi relatada a existência de 74 unidades de compostagem no país, e que receberam no ano de 2020, um total de 270 mil toneladas de resíduos orgânicos (SNIS, 2021a).

No Paraná, a maior fração dos resíduos sólidos urbanos é composta por resíduos orgânicos (48%), sendo a geração percapta estimada em 854 g/hab.dia, o que resulta em cerca de 410 g de resíduo orgânico gerado todos os dias por cada habitante desse Estado (PARANÁ, 2018). Segundo o estudo realizado por SILVA et al. (2020b), no município de Pontal do Paraná-PR, os principais tipos de resíduos descartado que foram evidenciados nos balneários avaliados da cidade de Pontal do Paraná são de plástico e papel/papelão, seguidos por resíduos orgânicos.

A Embrapa (2021) destaca que os resíduos orgânicos devem ser reciclados por meio da compostagem ou biodigestão, fazendo com que os problemas encontrados em lixões e aterros sanitários sejam eliminados, e devolvendo aos resíduos orgânicos seu papel natural de fertilizar os solos.

### 2.3 A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A gestão de resíduos sólidos é um desafio global significativo devido às grandes quantidades que são produzidas. Prevê-se que, até o ano de 2050, a produção global de resíduos atinja impressionantes 3,40 bilhões de toneladas por ano, um grande aumento em relação aos atuais 2,01 bilhões de toneladas (KAZA et al., 2018). A questão dos resíduos sólidos urbanos representa um grave problema para as autoridades públicas à medida que a população mundial continua a crescer, levando a um aumento correspondente na produção e geração de resíduos, resultando em vários impactos ambientais, econômicos e sociais (SILVA; CAMARGO, 2022).

A maioria dos municípios brasileiros continua lutando com a questão da falta de locais adequados para o descarte de resíduos sólidos. O descarte inadequado desses resíduos pode levar à poluição da água, do ar e do solo, além de criar um ambiente que facilita a propagação de vetores causadores de doenças. A poluição da água é causada pelo descarte de resíduos no solo, levando à migração de chorume para as águas superficiais. As propriedades físicas e químicas do solo também estão sujeitas a alterações quando algumas substâncias, que possuem alto teor de energia, são incorporadas a ele. Já a poluição do ar está atribuída à queima irregular de resíduos e à produção excessiva de biogás durante o processo de decomposição anaeróbia (MATOS, et al., 2011).

Os impactos nos ambientes físicos, biológicos e socioeconômicos causados pelos aterros sanitários são predominantemente negativos, ocorrendo em todas as etapas do empreendimento (BENTO, 2018). A má gestão dos resíduos sólidos nas áreas urbanas tem graves consequências ambientais e pode afetar negativamente a saúde da população. O ato de queimar o lixo a céu aberto ou incinerar sem o devido controle resulta na liberação direta de partículas e poluentes atmosféricos (GOUVEIA, 2012). Dessa forma, os efeitos negativos não se limitam aos locais de disposição de resíduos, mas tem impacto na população como um todo.

Para minimizar esses impactos, deve-se investir em tecnologias que priorizam o tratamento dos resíduos (SZIGETHY; ANTENOR, 2020). Porém, a destinação correta dos resíduos é pouco priorizada pela gestão pública, visto que a PNRS demorou quase vinte anos para ser aprovada, e mesmo após uma década de sua promulgação continuamos a ver lixões a céu aberto (SILVA et al., 2020a).

A qualidade de vida das pessoas depende essencialmente das políticas públicas ambientais. A sustentabilidade urbana está, portanto, relacionada à gestão de seus resíduos sólidos (SILVA et al., 2020a). Um exemplo de gestão bem aplicada é de San Francisco, nos Estados Unidos, onde foi instituído um programa para reciclar e compostar quase todos os resíduos gerados. Ainda, o programa conta com incentivos econômicos, como a redução da taxa de lixo para quem faz a compostagem em casa. Essa iniciativa contribuiu para que a cidade reduzisse em 12% as emissões de gases de efeito estufa (SZIGETHY e ANTENOR, 2020).

Segundo Szigethy e Antenor (2020), o Brasil é um dos países mais geradores de resíduos sólidos. O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)

estimou a massa de resíduos coletada nas áreas urbanas do Brasil em 66,6 milhões de toneladas no ano de 2020 (SNIS, 2021a). E a destinação final desses resíduos é um dos maiores desafios de saúde e meio ambiente que nosso país enfrenta (MP/PR, 2012). Embora a produção de resíduos sólidos no Brasil seja semelhante à de países desenvolvidos, a disposição final dos mesmos é equivalente aos de países não-desenvolvidos (GAZETA DO POVO, 2019).

Os índices de coleta seletiva (33,9%), reuso e reciclagem (5,4% recicláveis secos e 0,5% de orgânicos) no país, são bem baixos. Enquanto, o número de lixões (1.545) e aterros controlados (617) são altos (Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo (SEDEST), 2022; SNIS, 2021b).

O Panorama dos resíduos sólidos no Brasil (2022) divulgado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), registrou cerca de 46,4 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) descartados em aterros sanitários. Em contrapartida, a disposição inadequada, que inclui os lixões e aterros controlados, receberam 39% do total de resíduos coletados, representando 29,7 milhões de toneladas destinadas de forma incorreta (ABRELPE, 2022). A PNRS determina que, somente os rejeitos devem ser enviados aos aterros sanitários. Ainda, o titular dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, é o responsável pela implantação do sistema de coleta seletiva e de compostagem, devendo proporcionar a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

A reciclagem e a compostagem estão aumentando a cada ano, contudo, as taxas de crescimento ainda são muito abaixo do esperado com a implementação da PNRS (NASCIMENTO et al., 2015). Os custos e a falta de integração na gestão de RSU são apontados por especialistas como os principais motivos para a dificuldade do cumprimento da PNRS no Brasil (SZIGETHY e ANTENOR, 2020).

Entretanto, iniciativas públicas podem alavancar projetos de tratamento de resíduos orgânicos. A Lei nº 20607 de 10/06/2021, por exemplo, que dispõe sobre o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Paraná (PERS - PR), tem como uma das diretrizes a recuperação ou aproveitamento da fração orgânica dos resíduos, fazendo uso de tecnologias, como a compostagem e a biodigestão (PARANÁ, 2021).

Ressalta-se, contudo, que a situação é alarmante em áreas litorâneas onde a sazonalidade e as variações da população dificultam ainda mais a implementação de políticas públicas ambientais (SILVA et al., 2020a) tais como as de resíduos sólidos.

No Litoral do Paraná, a população residente dos 7 municípios: Antonina, Guaraqueçaba, Guaratuba, Matinhos, Morretes, Paranaguá e Pontal do Paraná, é de cerca de 290 mil habitantes, mas durante o verão essa população ultrapassa 1 milhão de pessoas, com pico na virada de ano de 1,5 milhão a 2 milhões, impactando não apenas da geração de lixo, mas a gestão de todos os serviços públicos (CARNEIRO, 2019 apud SEDEST, 2022).

O município de Pontal do Paraná, em conjunto com seu município vizinho, Matinhos, gerencia o tratamento de resíduos sólidos domésticos e comerciais por meio do Consórcio Intermunicipal de Aterros Sanitários (CIAS). Entretanto, o histórico do consórcio mostra que ele teve problemas desde a sua introdução. De acordo com o Ministério Público, os resíduos são dispostos de forma irregular no aterro administrado pelo consórcio, portanto, a situação do aterro foi considerada como aterro controlado. Esses fatos, além de colocar em risco a saúde pública e o meio ambiente, pode levar à contaminação do solo e dos recursos hídricos, e isso indica uma violação da PNRS (SILVA et al., 2020a).

## 2.4 COMPOSTAGEM

A compostagem é um processo que permite que os resíduos orgânicos sejam reciclados e reutilizados, ao invés de simplesmente serem descartados para disposição final, o que geralmente causa impactos negativos no meio ambiente. Dessa forma, a compostagem permite que os resíduos orgânicos sejam bioestabilizados, gerando um composto de alto valor fertilizante para plantas e solo. (MP/PR, 2012). O Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná (PARANÁ, 2018) define a compostagem como um processo aeróbico e controlado de reciclagem da matéria orgânica que visa a decomposição biológica e estabilização da matéria, produzindo assim, um produto final conhecido como húmus.

A compostagem é uma forma antiga, simples e altamente eficiente de processar e reciclar a matéria orgânica. Dessa forma, por meio de processos de decomposição biológica, a matéria orgânica é transformada em adubo, que pode ser utilizado na produção de alimentos e recuperação de áreas degradadas. Esse biocomposto é um insumo de fácil manipulação e livre de microrganismos patogênicos (PARANÁ, 2018; SNIS, 2021a).

Os principais responsáveis pelo processo de decomposição da matéria orgânica dos resíduos são os microrganismos termófilos que suportam temperaturas elevadas, tendo ótimo crescimento a 60°C, e toleram temperaturas entre 40°C e 70°C, em contraposto aos mesófilos que não suportam temperaturas acima dos 40°C (NASCIMENTO, 2023; SILVA, 2013). Dentre os principais microrganismos que participam do processo de compostagem estão os aeróbios, que crescem apenas em presença de oxigênio livre, e os facultativos que se desenvolvem tanto na presença como na ausência de oxigênio. Os microrganismos liberam energia na forma de calor, causando um aumento na temperatura da compostagem. Portanto, é importante o acompanhamento da temperatura para a verificação do estágio em que se encontra o processo (DAZZI; BRINGHENTI; TEIXEIRA, 2018).

Porém, a compostagem não ocorre em um único processo, e são conhecidas três fases distintas da compostagem (PARANÁ, 2018, p. 146):

- I) fase fitotóxica: ocorre o início da decomposição da matéria orgânica, marcada pela liberação de calor, vapor d'água e CO<sub>2</sub>, em um período médio de quinze (15) dias (entre dez (10) e vinte (20) dias). Há elevação gradativa da temperatura, o que elimina os microrganismos patogênicos. A população de mesófilos diminui e os microrganismos termófilos proliferam com intensidade, ocorrendo intensa e rápida degradação da matéria orgânica;
- II) fase de bioestabilização: não há atividade intensa de decomposição, embora haja rápida degradação, com consumo de O<sub>2</sub> pelos microrganismos, elevação da temperatura e mudanças visíveis na massa de resíduos em compostagem;
- III) fase de maturação ou humificação: etapa final da degradação; ocorre a mineralização de determinados componentes da matéria orgânica. Assim, o composto adquire as propriedades químicas, físicas, físico-químicas e biológicas desejáveis. A população termófila se restringe, a atividade biológica global se reduz de maneira significativa e os mesófilos se instalam novamente. O composto, apresentando odor agradável, pode ser peneirado e comercializado. (PARANÁ, 2018, p. 146).

Além disso, alguns fatores afetam o processo de compostagem que, geralmente estão relacionados à atividade microbiológica da biodegradação, tais como (MP/PR, 2012):

- Umidade;
- Aeração;
- Temperatura;
- Concentração de nutrientes;
- Tamanho das partículas;

- pH.

De forma simplificada, os materiais compostáveis podem ser classificados em castanhos e verdes (QUADRO 1). Os castanhos contêm uma proporção maior de carbono, e os verdes, de nitrogênio. Todavia, é aconselhável que haja a maior diversidade possível desses materiais, em uma proporção aproximada de igualdade entre eles (SANTOS et al., 2006).

QUADRO 1 - CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS COMPOSTÁVEIS

VERDES	CASTANHOS
Cascas de batata	Feno
Legumes	Palha
Hortaliças	Aparas de madeira e serragem
Cascas de frutas	Ervas daninhas de jardins
Cascas de frutos secos	Folhas de árvores
Borras de café	Pequenos galhos triturados
Restos de pão	Cinzas de madeira
Arroz	Esterco
Massa	
Cascas de ovos	
Folhas e sacos de chá	
Cereais	
Restos de comida cozida	

FONTE: adaptado de SANTOS, et al. (2006).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente, em sua Resolução nº 481, de 03/10/2017, traz em seu Art.3º que, “no processo de compostagem, podem ser utilizados resíduos orgânicos *in natura* ou após passarem por algum tratamento.” (CONAMA, 2017, p.2). Ainda, a adição de lodo de estações de tratamento de esgoto é permitida mediante prévia aprovação do órgão ambiental competente, que também estabelecerá os critérios para os resíduos orgânicos industriais, de acordo com a legislação pertinente. É vedada a adição dos seguintes resíduos ao processo de compostagem (CONAMA, 2017, p.2):

- I - resíduos perigosos, de acordo com a legislação e normas técnicas aplicáveis;
- II - lodo de estações de tratamento de efluentes de estabelecimentos de serviços de saúde, de portos e aeroportos;

III - lodos de estações de tratamento de esgoto sanitário quando classificado como resíduo perigoso. (CONAMA, 2017, p.2).

Dentre os principais tipos de compostagem destacam-se: a compostagem artesanal, com reviramento de leiras, em pilhas estáticas com aeração forçada e compostagem em recinto fechado com aeração forçada (Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco (FADE/UFPB), 2013).

A compostagem artesanal, ou caseira, doméstica ou residencial, pode ser feita em casa, e geralmente utilizando minhocas (vermicompostagem). O adubo gerado é conhecido como húmus de minhoca, que fornece resistência a doenças e uma maior nutrição às plantas. O processo pode ainda ser realizado sem a presença de minhocas, fator que torna o processo um pouco mais lento (UNIVASF, 2018).

As leiras de compostagem podem ser reviradas manualmente ou mecanicamente com o auxílio de uma pá carregadeira ou um trator (KRIEGER, 2005). Já na aeração forçada, é utilizada uma injetora de oxigênio na massa a ser compostada, controlando rigorosamente a temperatura, umidade e o teor de oxigênio, diminuindo assim, o tempo de oxidação da matéria, de cerca de 160 para até 30 dias (RAYNÉ, A.; RAYNÉ, Z., 1999).

Ainda, segundo a NBR 13591/1996, o processo da compostagem pode ser natural ou acelerada (ABNT, 1996, p. 2):

- Compostagem natural: Método de compostagem que utiliza exclusivamente aeração natural;
- Compostagem acelerada: Método de compostagem que utiliza equipamentos eletromecânicos, objetivando acelerar o início do processo biológico, com a manutenção de um ambiente controlado, seguida de continuação do processo no pátio. (ABNT, 1996, p. 2).

Na compostagem natural os resíduos são dispostos em leiras ou montes, num pátio impermeabilizado, e a aeração é promovida de forma manual ou com auxílio de máquinas como retroscavadeiras ou reviradeiras de leira (FIGURA 1) (SOARES; LOPES, 2023). A configuração das leiras depende do resíduo estruturante, e geralmente tem formato prismático com seções triangulares, trapezoidais, ou semicirculares, com dimensões de 1,2 metros de largura por 1,2 metros de altura, e comprimento variável. Essa configuração apresenta bons resultados, mas outras dimensões podem ser adotadas (Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2010).

FIGURA 1 - LEIRAS E REVIRADOR



FONTE: Quadrifoglio (2023).

Já a compostagem mecânica é indicada para unidades que processam acima de 100 toneladas de material compostável por dia (MMA, 2010). Esse método caracteriza-se por utilizar equipamentos eletromecânicos com o objetivo de acelerar o início do processo biológico através de um ambiente controlado, em seguida pode-se dar continuidade ao processo no pátio de compostagem (ABNT, 1996). As usinas mais comuns são munidas de um tambor, como o da FIGURA 2, sendo que a aeração é realizada em sentido contrário à entrada do material. Com o controle da temperatura e umidade, a fase de bioestabilização é completada entre 7 e 20 dias. Posteriormente, o processo de humificação é concluído no pátio (MMA, 2010).

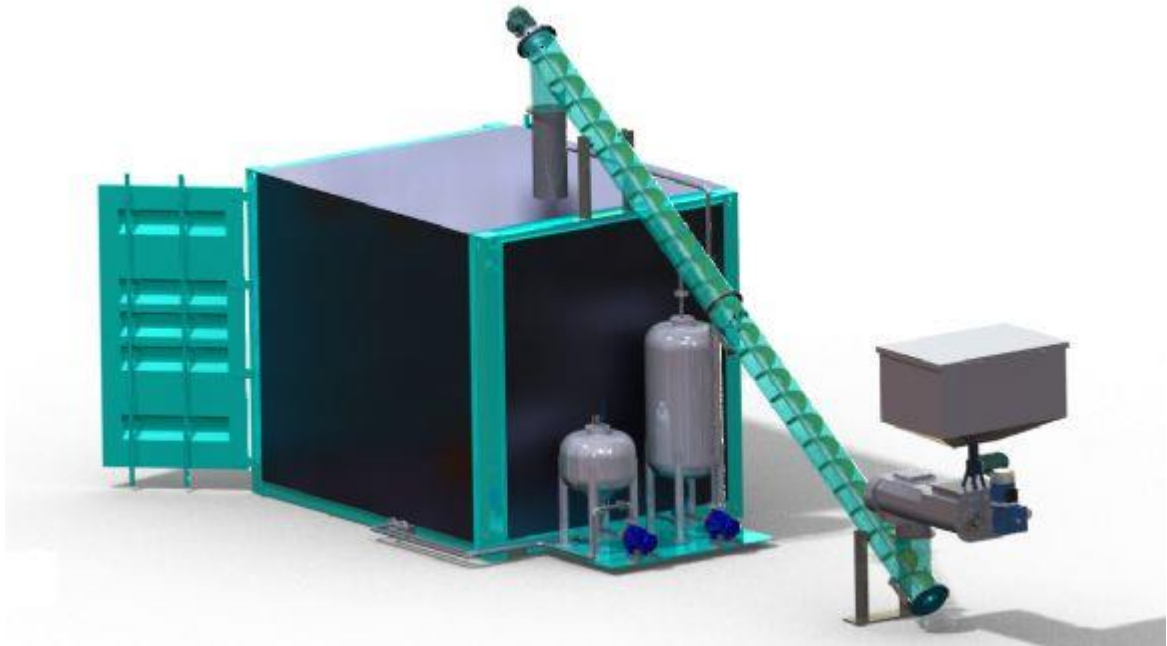
FIGURA 2 - TAMBOR ROTATIVO



FONTE: Lima (2021).

A compostagem acelerada é realizada em reator biológico (FIGURA 3), neste tipo de processo a fase termófila é reduzida (FERNANDES; SILVA, 1996). Uma vez que, os resíduos são colocados no reator, fechado, o que possibilita um ambiente controlado e sem contato com o ambiente externo (PRS, 2022).

FIGURA 3 - REATOR BIOLÓGICO



FONTE: Ergomix (2014).

O processo de compostagem mais utilizado é o de leiras, no qual os resíduos são dispostos em longos montes, nos quais são promovidos a aeração manual ou mecanicamente, e a homogeneização. Nas leiras estáticas aeradas pode ser aplicada a aeração forçada, porém o monte não será revirado. Outros processos bastante utilizados são os de ambiente fechado, nos quais os resíduos são depositados em uma estrutura, fechada, e com condições ambientais controladas. Os processos em ambiente fechado podem incluir a aeração e agitação mecânica (RESOL, 2022). De toda forma, a compostagem da matéria orgânica possui vantagens e desvantagens, o QUADRO 2 traz algumas das principais.

QUADRO 2 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM

<b>VANTAGENS</b>	<b>DESVANTAGENS</b>
Aumenta a vida útil do local de disposição final de resíduos;	Requer uma separação eficiente de resíduos e um tempo de processamento que pode chegar a seis meses;
Promove o aproveitamento agrícola da matéria orgânica pelo uso de composto orgânico no solo;	Necessita de mercado para revender o composto;
Os rejeitos podem ser dispostos nos aterros sanitários, reduzindo os problemas relativos à formação de gases e lixiviados, visto que são materiais biologicamente estabilizados;	Quando mal operada, os líquidos e gases gerados podem contaminar o meio ambiente e comprometer a qualidade de vida;
Exige pouca mão de obra especializada;	Os custos com a coleta diferenciada da fração orgânica dos RSU são altos;
Quando bem operadas, as unidades de compostagem não causam poluição atmosférica ou hídrica;	Requer área relativamente grande para operação das leiras para maturação dos resíduos.
Geração de renda com a comercialização do composto, caso exista mercado.	

FONTE: Adaptado de FADE/UFPE (2023).

## 2.5 USINAS DE COMPOSTAGEM

Dentre as alternativas de tratamento de resíduos orgânicos destacam-se as usinas de compostagem, definida pela NBR 13591/1996 como “uma instalação dotada de pátio de compostagem e conjunto de equipamentos eletromecânicos destinados a promover e/ou auxiliar o tratamento das frações orgânicas dos resíduos domiciliares” (ABNT, 1996). Segundo o Diagnóstico Temático sobre Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos, do SNIS (2021), as sobras de alimentos, galhadas e folhas de árvores, são resíduos úmidos e devem ser destinados as usinas de compostagem. Salienta-se que, se tratando de RSU, pode ser necessário acrescentar aproximadamente 30% de serragem ou maravalha<sup>2</sup>, tais como resíduos de poda e roçada, a fim de balancear a relação carbono/nitrogênio (PARANÁ, 2018).

Ainda, deve-se atentar a obrigatoriedade de licenças e/ou autorizações ambientais para instalação e operação de uma unidade de compostagem, dispondo-se a atender a legislação vigente (MP/PR, 2012). A Resolução CEMA nº 90 DE 03/12/2013 em seu Art. 14 indica as modalidades de licenças para as unidades de

<sup>2</sup> Maravalha é a raspa da madeira, resíduo de beneficiamento de qualquer tipo de madeira (DICIONÁRIO INFORMAL, 2015).

compostagem de acordo com o porte (CEMA, 2014), conforme pode ser consultado na TABELA 1.

TABELA 1 - MODALIDADES DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS DE COMPOSTAGEM DE ACORDO COM O PORTE

TON/DIA	PORTE	MODALIDADE DA LICENÇA
Até 10	Micro	LAS
Superior a 10 até 20	Pequeno	LP, LI, LO
Superior a 20 até 30	Médio	LP, LI, LO
Superior a 31 até 40	Grande	LP, LI, LO
Superior a 40	Excepcional	LP, LI, LO

Legenda: LAS: Licenciamento Ambiental Simplificado; LP: Licença Prévia; LI: Licença de Instalação; LO: Licença de Operação.

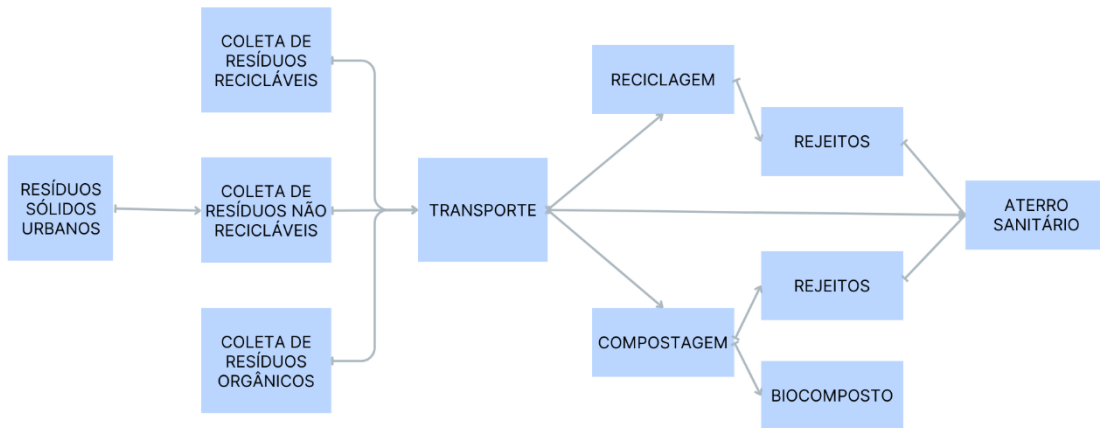
FONTE: adaptado de CEMA (2014).

Embora unidades de compostagem sejam relativamente pouco custosas em sua instalação e operação, demandam fluxo de coleta segregado, separando os resíduos na origem entre recicláveis, sanitários e orgânicos (PARANÁ, 2018; SILVA 2013). Assim, é menor o risco de contaminação do material orgânico, e consequentemente do adubo, por outros materiais indesejáveis para o solo, como metais pesados e vidro (MMA, 2017).

A Resolução CEMA nº 90 DE 03/12/2013 enfatiza que para a compostagem "os resíduos deverão ser previamente separados na origem em, no mínimo, três frações: fração reciclável, fração orgânica e rejeitos." (CEMA, 2014. p.2). Além disso, é indispensável realizar um programa municipal de coleta seletiva que contemple metas progressivas para a separação (CEMA, 2014).

A FIGURA 4 apresenta um fluxograma simplificado de uma rota de destinação final dos resíduos sólidos considerando a compostagem.

FIGURA 4 - EXEMPLO DE UM FLUXOGRAMA DE UMA ROTA PARA A DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS



FONTE: A autora (2023).

Dentre as vantagens com a segregação na fonte, ou seja, em nível de domicílio, pode-se contabilizar uma redução de custos com coleta, transbordo e transporte dos resíduos orgânicos, pois os mesmos já não serão tratados como se fossem rejeitos e evitar, portanto, a disposição desta fração nos aterros sanitários, aumentando sua vida útil (PARANÁ, 2018; SILVA; ANDREOLI, 2010).

Embora os custos de operação de uma usina de compostagem variem conforme a sua capacidade de processamento, estima-se que usinas com capacidade de 20 toneladas por dia custam entre U\$ 6 e U\$ 10 por tonelada, enquanto uma usina que composta 95 toneladas por dia, o custo passa a ser cerca de U\$ 20 por tonelada (IPT-CEMPRE, 2000 apud SILVA e ANDREOLI, 2010).

Outra questão importante a ser considerada é a área de processamento de compostagem. De acordo com o Art. 6º da Resolução CEMA nº 90 de 2013, a área de processamento da compostagem deverá:

- I - Contemplar todas as medidas técnicas necessárias para evitar incômodos à vizinhança, proliferação de vetores, contaminação do solo, subsolo, águas sub-superficiais e outras medidas constantes nos projetos apresentados.
- II - Possuir sistema de coleta, contenção e tratamento dos efluentes eventualmente gerados, bem como a drenagem das águas pluviais.
- III - Possuir impermeabilização de base com piso de concreto,

geomembrana ou sistemas similares.  
 IV - Possuir sistema que proteja das intempéries os resíduos in natura, o material em compostagem e o composto.  
 V - Ser devidamente isolada, inclusive com barreira vegetal, e sinalizada, sendo proibido o acesso de pessoas não autorizadas e animais.  
 VI - Manter vias de acesso que permitam a circulação de veículos pesados, mesmo em situações climáticas adversas.  
 VII - Estar localizada no mínimo a 200 metros de distância de residências isoladas e vias de domínio público e a 400 metros de núcleos populacionais. (CEMA, 2014, p. 2).

Segundo dados do SNIS (2021), das 5.018 unidades de processamento de RSU em funcionamento nas cidades brasileiras, apenas 74 (1,5%) são unidades de compostagem. Por outro lado, conforme informado no Panorama de Resíduos Sólidos (PERS/PR), a compostagem é o método de tratamento utilizado por 11,5% dos municípios paranaenses (46), embora seja apenas uma pequena fração do total de RSU orgânico. Entretanto, a compostagem é uma tecnologia bastante eficaz para o tratamento de resíduos orgânicos, diminuindo os resíduos nos aterros e produzindo o húmus como subproduto (SNIS, 2021; PARANÁ, 2018).

Além da segregação dos resíduos na fonte, também é necessário projetar e construir o estabelecimento, adquirir os equipamentos necessários e treinar o pessoal para operar todas as partes do processo de compostagem, e levando em consideração a população a ser atendida (MMA, 2010).

Segundo a FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente) (2006), o pátio para realização da compostagem deve ser feito de concreto ou massa asfáltica, e de preferência ser impermeável, além de possuir um sistema de drenagem pluvial e incidência de luz solar. Ainda, o MMA (2010) destaca que o dimensionamento do pátio deve levar em consideração o tempo de maturação do composto, que é de aproximadamente 120 dias.

Para a determinação do tamanho do pátio, os cálculos devem considerar uma área para o reviramento das leiras e mais um acréscimo para segurança e circulação, equivalente a 10% do total da área de operação. Nas instalações da usina de compostagem também é necessária uma área administrativa e de apoio, e um galpão para armazenamento do composto e outras ferramentas (MMA, 2010).

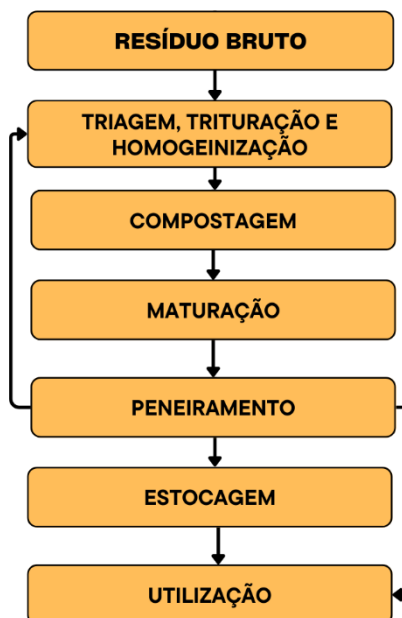
Com relação às leiras, deve-se evitar que sejam muito altas, pois o material da base pode ser compactado, o que compromete a aeração. Para revirar as leiras, no caso da não utilização de maquinário, pode ser utilizado um garfo agrícola. Salienta-

se ainda a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) para os pátios tais como as botas, luvas, capacete de proteção e roupas adequadas, principalmente calça comprida (MMA, 2017).

A área deve estar longe de cursos d'água como nascentes, mananciais, ou fundos de vales, dando preferência as regiões industriais. Se possível, a usina de compostagem deve estar localizada junta ao aterro sanitário, podendo assim diminuir custos, pois a área administrativa e o tratamento de efluentes pode ser comum (MMA, 2010).

Em síntese, as atividades realizadas na usina são: recepção e expedição do material, separação e trituração dos galhos, montagem das leiras, reviramento das leiras, controles de temperatura e umidade, limpeza do local, peneiramento do material compostado, acondicionamento do composto, registros de entrada e saída e controles técnicos do processo e do tratamento de efluentes (MMA, 2010). A FIGURA 5 sumariza um processo de compostagem.

FIGURA 5 - PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.



FONTE: A autora (2023).

As operações da compostagem devem monitorar as quantidades de resíduos coletados a partir da poda, varrição, dos orgânicos domiciliares e, se aplicável, de grandes geradores, bem como o composto gerado, vendido ou distribuído, juntamente

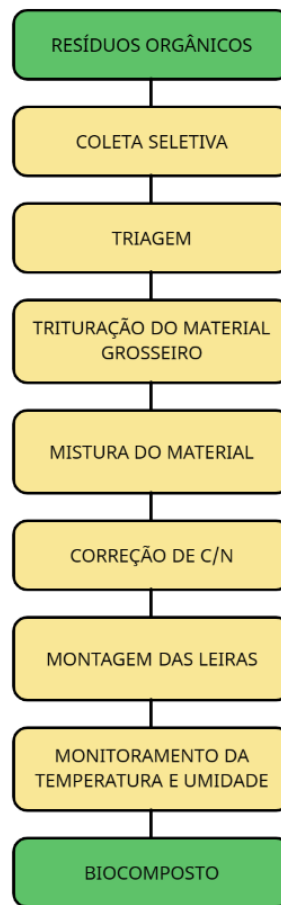
com a quantidade de rejeitos. É necessário monitorar também a qualidade do composto (pH, umidade, matéria orgânica total (C), Nitrogênio total (N), e a relação C:N), e quantidade de chorume gerado, bem como a eficiência do processo de tratamento deste.

Registros sobre o processo de compostagem devem ser rotineiros como as informações sobre a montagem e reviramento das leiras, temperatura, umidade, pH, incidência de chuvas, entre outros. Ainda, deverá ser elaborado um orçamento detalhado de despesas e receitas, a fim de avaliar os custos da coleta e compostagem (MMA, 2010).

## 2.6 BIOCOMPOSTO

O resultado da compostagem de resíduos orgânicos é a geração de um biocomposto, ou composto de resíduos sólidos, definido pela Resolução CEMA nº90 de 03/12/2013 como produto obtido pela separação da parte orgânica dos resíduos sólidos e sua compostagem, caracterizado como fertilizante orgânico e condicionador de solo, podendo ser utilizado na agricultura e para outros fins, tais como biofertilizante para recuperação de áreas degradadas (CEMA, 2014; SILVA; ADREOLI, 2010). Os mesmos autores relatam que este composto orgânico tem como características a presença de húmus, que permite a aeração do solo, reposição de nutrientes minerais e adubação. Dentre as principais etapas para a obtenção do biocomposto estão a coleta seletiva, a triagem dos resíduos, a trituração, a correção da relação C:N, a montagem das leiras e a bioestabilização do biocomposto (A FIGURA 6).

FIGURA 6 - PRINCIPAIS ETAPAS DA PRODUÇÃO DO BIOCOMPOSTO ORIUNDO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.



FONTE: A autora (2023).

O biocomposto formado é classificado pela Instrução Normativa nº 61 de 07/2020 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (2020) de acordo com as matérias-primas utilizadas na sua produção da seguinte forma:

I - Classe "A": produto que utiliza, em sua produção, matéria-prima gerada nas atividades extrativas, agropecuárias, industriais, agroindustriais e comerciais, incluindo aquelas de origem mineral, vegetal, animal, lodos industriais e agroindustriais de sistema de tratamento de águas residuárias com uso autorizado pelo Órgão Ambiental, resíduos de frutas, legumes, verduras e restos de alimentos gerados em pré e pós-consumo, segregados na fonte geradora e recolhidos por coleta diferenciada, todos isentos de despejos ou contaminantes sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura; e,

II - Classe "B": produto que utiliza, em sua produção, quaisquer quantidades de matérias-primas orgânicas geradas nas atividades urbanas, industriais e agroindustriais, incluindo a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos da coleta convencional, lodos gerados em estações de tratamento de esgotos, lodos industriais e agroindustriais

gerados em sistemas de tratamento de águas residuárias contendo qualquer quantidade de despejos ou contaminantes sanitários, todos com seu uso autorizado pelo Órgão Ambiental, resultando em produto de utilização segura na agricultura. (MAPA, 2020, p. 3).

A Instrução Normativa citada esclarece que os resíduos provenientes de serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos podem ser utilizados como matéria-prima para a produção de fertilizante orgânico Classe "A" (MAPA, 2020). É importante lembrar, contudo, que estes serviços incluem a segregação na fonte e a coleta seletiva de resíduos em pelo menos três partes: orgânicos, recicláveis e rejeitos, evitando qualquer tipo de contaminação sanitária (Diário Oficial da União (DOU), 2020).

Os compostos oriundos de resíduos orgânicos domésticos, resíduos de alimentos de estabelecimentos comerciais e industriais, e matérias vegetais de poda e jardinagem, constam na lista de produtos autorizados para serem usados como fertilizante e corretivos na produção de orgânicos. Portanto, o biocomposto gerado pelo processo de compostagem de resíduos domésticos pode ser usado em culturas perenes, ornamentais e florestais (MAPA, 2014).

Segundo o Ministério Público do Estado do Paraná, existe uma série de vantagens no uso do fertilizante orgânico na agricultura, dentre as quais destacam-se (MP/PR, 2012, p. 16):

- Atua como fonte de macro e micronutrientes para as plantas;
- Exerce efeito tampão no solo, devido à sua elevada área de superfície e capacidade de troca catiônica;
- Reduz as oscilações diárias de temperatura do solo (mau condutor de calor);
- Funciona como condicionador do solo, melhorando sua capacidade de aeração, permeabilidade e retenção de água;
- Exerce efeito controlador sobre várias doenças e pragas de plantas;
- Favorece a aglutinação e a estabilidade dos agregados;
- Melhora a trabalhabilidade do solo;
- Aumenta a estabilidade estrutural do solo, propiciando uma maior resistência à erosão. (MP/PR, 2012, p. 16).

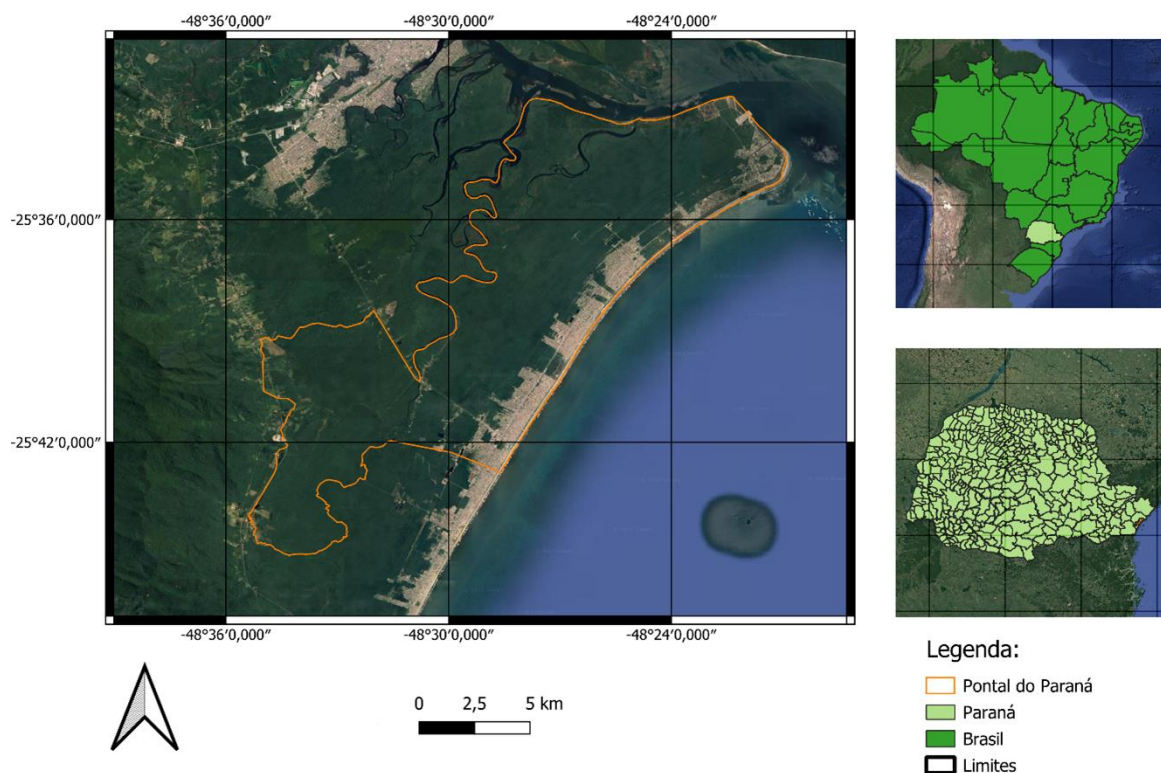
É interessante destacar que existe demanda de mercado para o composto orgânico no Brasil, uma vez que existem inúmeras aplicações para o produto (SILVA; ANDREOLLI, 2010). No entanto, sugere-se que os sistemas municipais devam ser os primeiros consumidores do composto (JUNKES, 2002).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 LOCAL DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no município de Pontal do Paraná (FIGURA 7), localizado no litoral do Estado do Paraná, abrangendo uma área territorial de 200,410 km<sup>2</sup>, com as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 25° 40' 25" S e Longitude: 48° 30' 40" O. Com base na estimativa da população divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) na Prévia do Censo Demográfico 2022, a população é de 32.985 habitantes, no entanto, em época de veraneio esse número aumenta consideravelmente.

FIGURA 7 - LOCALIZAÇÃO



Sistema de coordenadas: SIRGAS 2000.  
 FONTE: A autora (2023).

O município está inserido no bioma Mata Atlântica, e 69,7% dos domicílios apresentam esgotamento sanitário, 83,7% estão situados em vias públicas com

arborização e 4,5% em vias públicas com urbanização adequada (IBGE, 2021). De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima de Pontal do Paraná é considerado como Subtropical Cfa, com alto grau de pluviosidade e umidade relativa do ar. A estação do ano mais chuvosa é o verão, sendo o mês de fevereiro o que apresenta maior quantidade de chuva (350 mm) enquanto no período mais seco, o inverno, a quantidade de chuva chegam a 100 mm; a quantidade média anual da precipitação é em torno de 2000 mm. O município tem como atividades econômicas principais o turismo, comércio, pesca e artesanato, e futuramente as atividades portuárias (PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTAL DO PARANÁ, 2022).

### 3.2 OBTENÇÃO DE DADOS

Os dados utilizados para o estudo da viabilidade técnico-econômica de uma usina de compostagem de resíduos sólidos para o município de Pontal do Paraná foram obtidos junto à Secretária Municipal de Meio Ambiente de Pontal do Paraná, na legislação aplicável e na literatura pertinente.

A partir dos dados obtidos, considerando o período de 2012 a 2022, foi estimado a quantidade total de resíduos urbanos gerados diariamente, a fim de definir o porte do empreendimento. Ademais, foi estimada a geração per capita de resíduos do município através da razão do total de resíduo (kg) gerado diariamente pelo número de habitantes do município, representando o total de resíduo produzido por pessoa. Alguns dados, no entanto, estavam disponíveis apenas para o ano de 2021, tais como os de custos com coleta e destinação final dos resíduos pela prefeitura, e os de coleta seletiva pela cooperativa. Destaca-se que o horizonte do projeto é 15 anos, portanto foi realizada a estimativa da população de Pontal do Paraná nesse período com base na taxa de crescimento populacional (2,5%), fundamentada entre o Censo de 2010 e a Prévía do Censo 2022 (IBGE, 2022).

Com base nos valores estimados foi dimensionado a usina de compostagem para o município e estimados os custos, despesas e receita gerados. Além disso, foi realizado o estudo dos principais impactos ambientais que podem ser gerados pela usina de compostagem e sugeridos programas e ações de controle, monitoramento e mitigação. Bem como apontado um local adequado para a implantação do empreendimento, considerando o Plano Diretor do município.

### 3.3 DIMENSINAMENTO

O método de compostagem sugerido é o processo natural, dispondo o resíduo orgânico em leiras com reviramento periódico. Os cálculos para dimensionamento do pátio para compostagem foram realizados conforme as seguintes equações (MMA, 2010).

Para calcular a área de ocupação de uma leira, os parâmetros de altura e base devem ser arbitrados, conforme a Equação 1.

$$As = \frac{B \cdot H}{2} \quad (1)$$

Onde:

*As*: área da leira ( $m^2$ );

*B*: base da leira ( $m$ );

*H*: altura da leira ( $m$ ).

Admitindo a densidade dos resíduos em  $550 \text{ kg/m}^3$ , o volume de cada leira foi determinado através da Equação 2.

$$V = \frac{Q}{D} \quad (2)$$

Onde:

*V*: volume da leira ( $m^3$ );

*Q*: quantidade de resíduos ( $kg$ );

*D*: densidade da mistura ( $kg/m^3$ ).

Com posse dos valores encontrados nas equações 1 e 2 foi possível determinar o comprimento da leira através da Equação 3.

$$L = \frac{V}{As} \quad (3)$$

Onde:

*L*: comprimento da leira ( $m$ );

*V*: volume da leira ( $m^3$ );

*As*: área da leira ( $m^2$ ).

A partir dos resultados encontrados acima foram efetuados o cálculo de áreas conforme as equações seguintes.

A área de ocupação da leira é o produto entre sua base e comprimento, como demonstrado na Equação 4.

$$Ab = B \cdot L \quad (4)$$

Onde:

*Ab*: área de ocupação da leira ( $m^2$ );

*B*: base da leira (m);

*L*: comprimento da leira (m).

Já a área de folga corresponde a área de ocupação da leira, como evidenciado na Equação 5.

$$Af = Ab \quad (5)$$

Onde:

*Af*: área de folga ( $m^2$ );

*Ab*: área de ocupação da leira ( $m^2$ ).

Para dimensionar a área útil do pátio foi considerado o período de compostagem que, neste estudo foi estimado em 120 dias, multiplicado pela soma das áreas obtidas nas equações 4 e 5, conforme a Equação 6 a seguir.

$$Au = (Ab + Af) \cdot d \quad (6)$$

Onde:

*Au*: área útil ( $m^2$ );

*Ab*: área de ocupação da leira ( $m^2$ );

*Af*: área de folga ( $m^2$ );

*d*: período de compostagem em dias.

Considerando o fator de segurança de 10%, a área extra do pátio foi calculada conforme a Equação 7.

$$Ae = Au \cdot f \quad (7)$$

Onde:

*Ae*: área extra em relação ao *f* ( $m^2$ );

*Au*: área útil ( $m^2$ );

*f*: fator de segurança de 10%.

Por fim, foi dimensionado a área total da usina, somando a área útil do pátio e a área extra destinada à suas instalações, como demonstrado na Equação 8.

$$At = Au + Ae \quad (8)$$

Onde:

$A_t = \text{área total (m}^2\text{)}$ ;

$A_u = \text{área útil (m}^2\text{)}$ ;

$A_e = \text{área extra (m}^2\text{)}$ .

### 3.4 ESTIMATIVA DE CUSTOS

Para estimar os investimentos iniciais previstos para a realização da compostagem foram listados utensílios e ferramentas necessários para a realização do processo, conforme disposto no Manual de Implantação de Compostagem e Coleta Seletiva do Ministério do Meio Ambiente – MMA (2010). Todos os valores foram corrigidos pela inflação. Salienta-se ainda que, os valores estimados devem ser revistos periodicamente durante a operação da usina, pois podem precisar de reposição e manutenção.

Foram dispostos também os custos com a operação e manutenção da usina de compostagem, estes valores são mensais e baseados na produção e mão de obra empregada (MMA, 2010). Sendo assim, foram relacionados gastos como energia elétrica, água e esgoto, e salários dos colaboradores.

Para estimação do custo da energia elétrica foram somados o consumo mensal (kWh) de equipamentos e aparelhos essenciais na operação da usina, multiplicando o total pelas tarifas da Copel (Companhia Paranaense de Energia): Grupo B, subclasse Serviço Público de Água, Esgoto e Saneamento (Copel, 2023) (TABELA 2).

TABELA 2 - VALOR DA TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZADA PARA ESTIMATIVA DE CUSTOS.

Tarifas	Preço por kWh (R\$)
Tarifa de Energia (TE)	0,32097
Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD)	0,38527

FONTE: Adaptado de Copel (2023).

Como a taxa referente a contribuição de custo com iluminação pública é cobrada na fatura de energia elétrica, foi acrescido esse custo conforme previsto no Art.3º da Lei Municipal nº 407/02, e a taxa foi calculada a partir da Unidade de Valor de Custeio - UVC (PONTAL DO PARANÁ, 2002), que conforme o Decreto nº10.662 de 07/11/2022 fixou o valor da UVC em R\$ 101,83 para o exercício de 2023.

Para estimar o gasto com água e esgoto foi contabilizado o consumo de água, conforme orientado no Manual de Implantação de Compostagem e Coleta Seletiva do Ministério do Meio Ambiente – MMA (2010): 100 litros por pessoa; 50 litros para limpeza do local; e 50 litros para cada tonelada de material orgânico, para molhar as leiras. O volume (m<sup>3</sup>) total de água consumido foi multiplicado pela tarifa da Sanepar (Companhia de Saneamento do Paraná): Comercial/Utilidade Pública/Poder Público. Além disso, foi acrescido o valor referente ao esgotamento sanitário, que é 80% sobre o valor da água (Sanepar, 2023). A TABELA 3 resume as tarifas utilizadas para os cálculos.

TABELA 3 - TARIFAS DE ÁGUA E ESGOTO UTILIZADOS PARA ESTIMATIVA DE CUSTOS.

<b>Faixa de consumo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Valor do m<sup>3</sup> (R\$)</b>
Até 5	(taxa mínima: 81,45)
6 a 10	1,68
11 a 15	8,30
16 a 20	8,37
21 a 30	8,42
Acima de 30	8,48

FONTE: Adaptado de Sanepar (2023).

As estimativas dos valores referentes aos salários dos colaboradores envolvidos foram realizadas utilizando-se a plataforma Glassdoor, que fornece a média salarial de cada região, baseada no Sistema Nacional de Empregos (SINE) (GLASSDOR, 2023). Na determinação dos encargos trabalhistas foi considerado os cálculos desenvolvidos pelo Centro de Estudos Sindicais e de Economia do Trabalho – Cesit, que considera um salário contratual hipotético de U\$ 100 e calcula, a partir dos percentuais definidos em lei, o desembolso total do empregador (CAVALCANTI, 2020). Assim, conforme exemplificado na TABELA 4, os encargos trabalhistas correspondem a 53,8% sobre o salário, e foram utilizados para estimar as custas com pessoal.

TABELA 4 - DESEMBOLSO TOTAL PARA EMPREGAR UM TRABALHADOR COM SALÁRIO HIPOTÉTICO DE U\$ 100 (R\$ 493,92\*)

<b>Ítems de Despesa</b>	<b>Desembolso (U\$)</b>	<b>Desembolso (R\$)</b>
<b>1. Salário Contratual</b>	100	493,92
<b>2. 13º e adicional de 1/3 de férias (como proporção mensal)</b>	11,11	54,87
<b>3. Folha de pagamento média mensal (1+2) (base de cálculo dos encargos sociais)</b>	111,11	548,79
<b>4. FGTS e verbas rescisórias (proporção mensal)</b>	11,80	58,28
<b>5. Remuneração média mensal total do trabalhador (3+4)</b>	122,91	607,08
<b>6. Encargos sociais (incidentes sobre R\$ 548,79)</b>	30,89	152,57
<b>7. Desembolso total mensal do empregador (5+6)</b>	153,80	759,65
<b>Percentual sobre o salário = 53,8%</b>		

\* Conversão do dólar (U\$) realizada em 18 de maio de 2023 (U\$ 1 = R\$ 4,939).

FONTE: Adaptado de CAVALCANTI (2020).

### 3.5 IMPACTOS AMBIENTAIS

Para a identificação, valoração e interpretação dos prováveis impactos ambientais associados a implantação e operação do empreendimento, foram considerados os atributos e pontuações dispostos na TABELA 5.

TABELA 5 - ATRIBUTOS E PONTUAÇÃO UTILIZADOS NA MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL PARA ESTIMAR OS IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS À USINA DE COMPOSTAGEM.

<b>Atributo</b>	<b>Conceito</b>	<b>Pontuação</b>
<b>Natureza do impacto</b>	Positivo	P
	Negativo	N
<b>Fase de ocorrência</b>	Instalação/Implantação	I
	Operação	O
<b>Probabilidade de ocorrência</b>	Nula	N
	Possível	P
<b>Magnitude</b>	Certa	C
	Pequena	1
	Média	3
	Grande	5
<b>Importância</b>	Pequena	1
	Média	3
	Grande	5
<b>Possibilidade de reversão</b>	Reversível	1
	Parcialmente Reversível	3
	Irreversível	5
<b>Abrangência</b>	Local	1
	Regional	3
	Nacional	5
<b>Duração</b>	Temporária	1
	Permanente	3
	Cíclica	5

FONTE: Adaptado de BASTOS (2013).

Além disso, para a criação da matriz de impacto ambiental, também foi calculado o Índice de Significância (IS) (Equação 9). Através do valor do IS foi possível estimar a significância do impacto (TABELA 6; BASTOS, 2013).

$$is = (am \cdot 2) + (ai \cdot 2) + ar + aa + ad \quad (9)$$

Onde:

*is* = índice de significância;

*am*: magnitude;

*ai*: importância;

*ar*: possibilidade de reversão;

*aa*: abrangência ;

*ad: duração.*

TABELA 6 - ÍNDICE DE SIGNIFICÂNCIA

<b>Índice de Significância (IS)</b>	<b>Significância</b>
0	Não Ocorrerá
1 a 12	Não Significativo
13 a 19	Pouco Significativo
20 a 27	Moderadamente Significativo
28 a 35	Altamente Significativo

FONTE: Adaptado de BASTOS (2013).

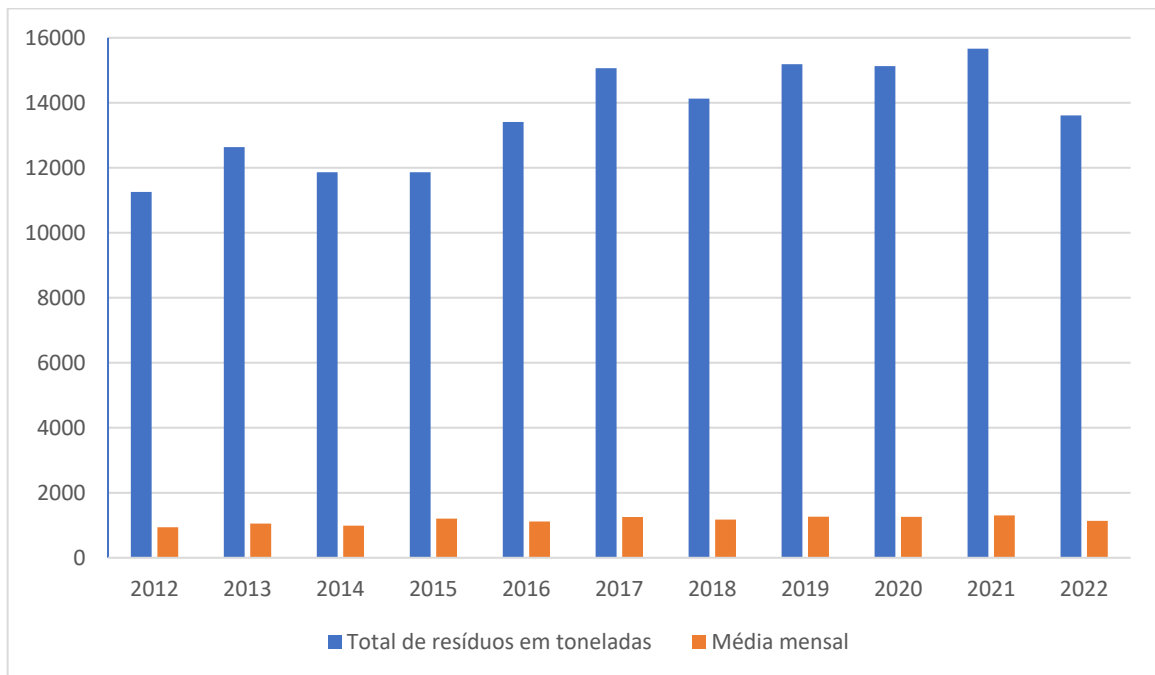
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Neste subcapítulo é apresentado um panorama geral da situação dos resíduos sólidos urbanos de Pontal do Paraná.

Observou-se que entre os anos de 2012 e 2022 foram acumulados um total de 152.386,01 toneladas de resíduos sólidos urbanos (FIGURA 8), o que resulta em média 13.853,27 ton/ano, e uma média mensal de 1.154,49 toneladas.

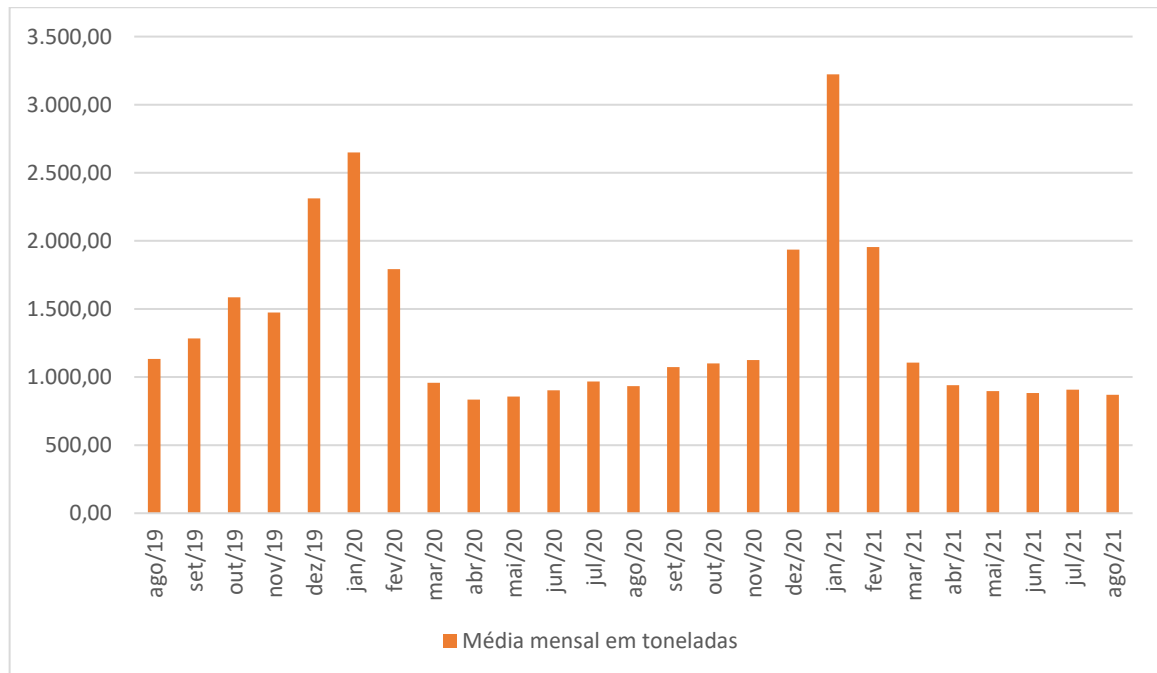
FIGURA 8 - GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR ENTRE OS ANOS DE 2012 E 2022.



FONTE: A autora (2023).

A FIGURA 9 apresenta uma análise histórica da média mensal de resíduos sólidos do município de Pontal do Paraná no período de agosto de 2019 a agosto de 2021 evidenciando a dinâmica dos resíduos durante o período de veraneio e os demais meses.

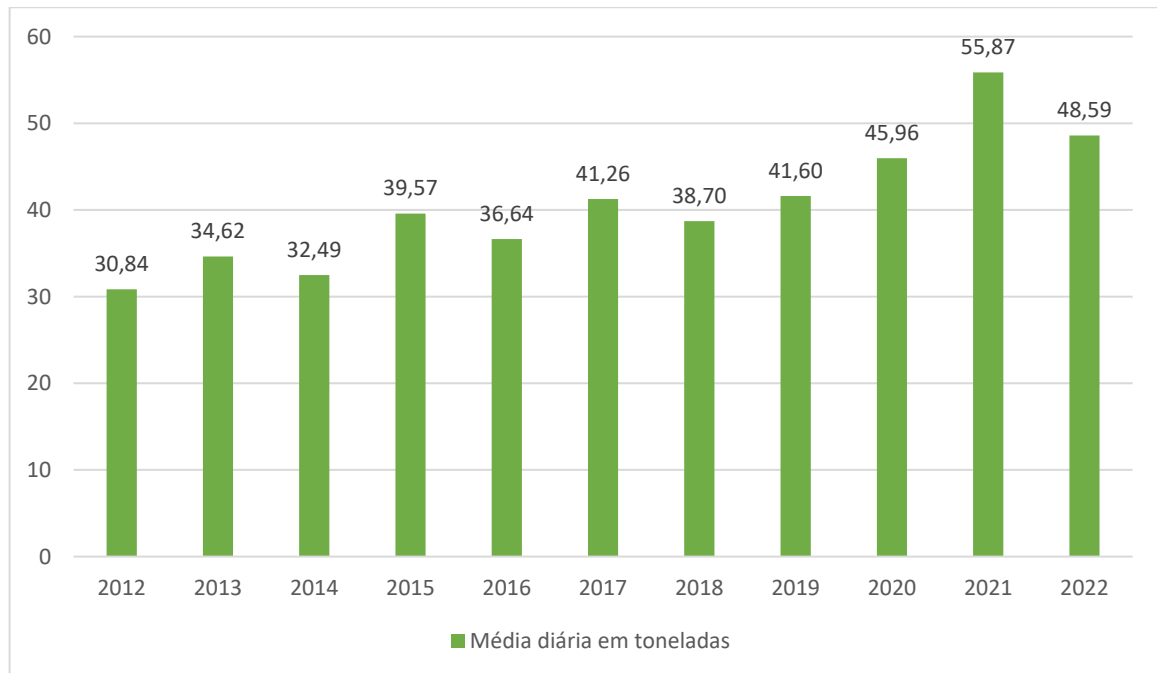
FIGURA 9 - MÉDIA MENSAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR ENTRE AGOSTO DE 2019 E AGOSTO DE 2021.



FONTE: A autora (2023).

No que se refere as médias máximas diárias, a FIGURA 10 demonstra que a maior média diária no período foi igual a 55,87 ton/dia, sendo essa a referência utilizada na determinação da matéria orgânica. Como a quantidade é inferior a 100 ton/dia de resíduos a serem tratados, recomenda-se o método tradicional de compostagem, conforme PRS (2022).

FIGURA 10 - MÉDIA DIÁRIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR ENTRE OS ANOS DE 2012 E 2022.



FONTE: A autora (2023).

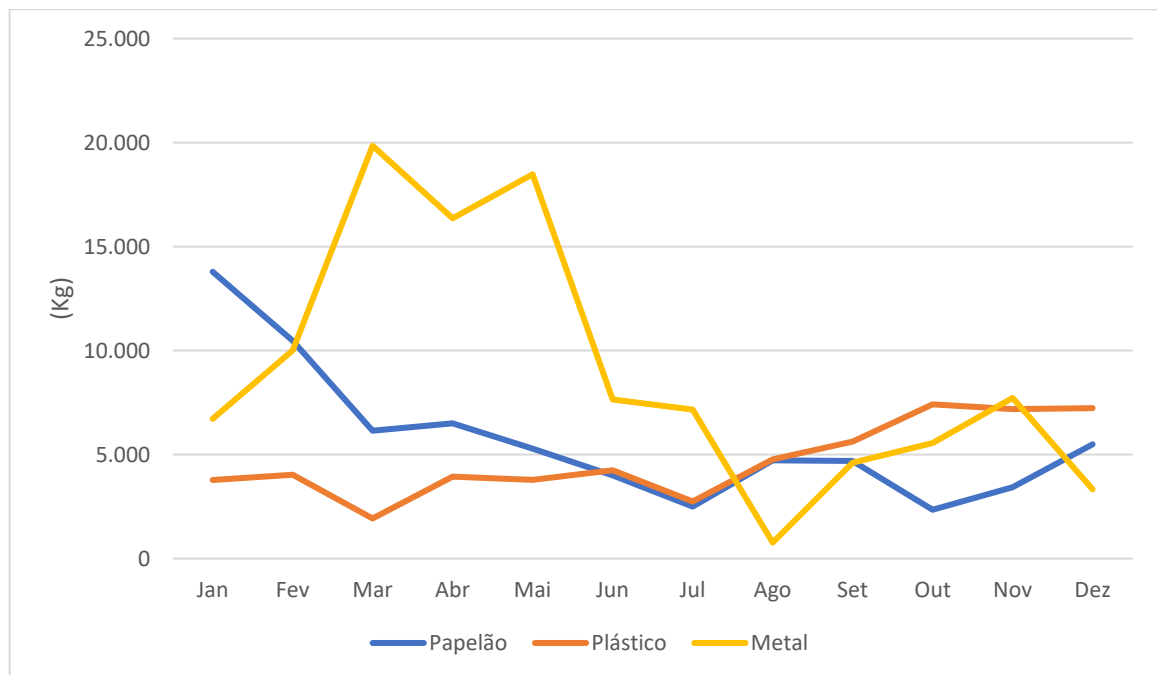
No entanto, esses dados referem-se ao total de resíduos urbanos. Porém, os resíduos orgânicos do município correspondem a 48% deste montante, conforme já mencionado anteriormente. Assim, a quantidade máxima a ser compostada é de aproximadamente 26,8 toneladas/dia, confirmando deste modo a escolha do tipo de compostagem a ser implantada.

A geração percapta de resíduos sólidos no município foi estimada em 1,15 kg/hab.dia, já para os resíduos orgânicos, estimou-se em 0,55 kg/hab.dia, considerando o período avaliado entre 2012 e 2022.

A geração percapta de Pontal do Paraná (1,15 kg/hab.dia) está acima da média estadual, que é 0,854 kg/hab.dia, conforme estimado no Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná (PARANÁ, 2018). E acima também da média nacional de 1,07 kg/hab.dia (ABELPRE, 2022).

Observou-se ainda que, atualmente, o município conta com a coleta seletiva de recicláveis secos realizada pela Associação Municipal dos Coletores de Resíduos Sólidos de Pontal do Paraná (AMCORESPP). A FIGURA 11 ilustra o quantitativo de coleta por tipo de resíduo, referente aos meses do ano de 2021, sendo o metal o que mais foi coletado (108,22 toneladas), seguida por papelão e plástico com 69,38 e 56,69 toneladas, respectivamente.

FIGURA 11 - RECICLÁVEIS COLETADOS NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR NO ANO DE 2021.



FONTE: A autora (2023).

Apesar de contar com a coleta seletiva de recicláveis secos, o total de resíduos reciclados representa cerca de 1,1% do total de resíduos (em 2021). Um valor muito baixo se comparado ao município de Campo Magro por exemplo, onde 30% do total gerado são recicláveis, conforme estimado por Strapação et al. (2018). Corroborando com o informado por Gonçalves et al. (2021) que relatou a percepção ambiental dos moradores de Pontal do Paraná, e concluiu que há necessidade de ações de educação ambiental, especialmente no que se refere à segregação de resíduos.

Em relação aos resíduos orgânicos, a SMMA informou que o município mantém um projeto piloto com a parceria entre a Secretaria de Educação e a Secretaria de Meio Ambiente, coletando os resíduos orgânicos gerados pelas escolas municipais, e destinando-os para a compostagem. Os resíduos orgânicos são recolhidos duas vezes por semana e levados para a sede de compostagem que fica localizada no balneário Pontal do Sul, onde recebem o tratamento biológico necessário. Posteriormente, um responsável da Secretaria de Meio Ambiente utiliza a terra adubada para produção de orgânicos, que são distribuídos para as escolas municipais, fechando o ciclo. Segundo a Prefeitura Municipal de Pontal do Paraná (2023a) em 2022 as escolas municipais destinaram 16 toneladas de resíduos orgânicos para a compostagem.

Outro projeto existente no município é a “Compostagem na Equoterapia”, ministrado no Centro de Equoterapia, prédio extensivo à Escola Especial Municipal Ilha do Saber, no balneário Praia de Leste. A Equoterapia utiliza cavalos como recurso terapêutico para pessoas portadoras de deficiência e necessidades especiais. As baias onde ficam os cavalos recebem cepilho de madeira, que acaba misturando-se com dejetos, o que dificulta a destinação final. No entanto, quando somado aos resíduos orgânicos recebidos das escolas, o material torna-se mais forte organicamente. Esse material então é levado para a vermicompostagem, realizada na própria escola, e posteriormente utilizado nas hortas mantida pelos alunos da EJA (Educação de Jovens e Adultos) em conjunto com os funcionários do centro. Além disso, parte da terra adubada é vendida, ajudando nas despesas da própria escola (PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTAL DO PARANÁ, 2023b).

Recentemente, a Prefeitura de Pontal do Paraná adquiriu por deliberação do Conselho Municipal do Meio Ambiente através de recurso do Fundo Municipal do Meio Ambiente, um triturador de galhos (modelo: Lippel PTU-300). O material triturado está sendo utilizado para os processos de compostagem citados acima, e o adubo orgânico gerado é encaminhado para as escolas municipais para desenvolverem hortas escolares (SMMA; PONTAL DO PARANÁ, 2022).

Também, desde o ano de 2022, através do projeto “Nossa Praia Mais Limpa e Sustentável”, realizado pela prefeitura em conjunto com a Universidade Estadual do Paraná (Unespar), o município realiza uma coleta diferenciada do coco verde. A prefeitura faz a retirada das cascas dos cocos e as direciona para a Universidade. O projeto prevê que a casca de coco verde passará por processo específico, se transformando em composto orgânico para hortas e produção de fibra de coco. Já os cocos secos que não são utilizados pelo projeto, são triturados e utilizados na compostagem (SMMA, 2022). Contudo, a SMMA não soube informar o volume de material triturado, quantidade a ser compostada e quantidade de composto produzido.

Os resíduos sólidos urbanos coletados, que não são aproveitados em nenhum dos projetos citados, são destinados ao aterro sanitário localizado no município de Paranaguá, no bairro Alexandra, pois o antigo aterro sanitário de Pontal do Paraná, desde 2019, funciona como área de transbordo, já que, em 2018, foi classificado como aterro controlado e teve sua licença ambiental de operação suspensa devido à má operação (JBLITORAL, 2021; PARANÁ, 2018; SNIS, 2021b). Em 2022, o Ministério

Público recomendou que sejam adotadas as providências necessárias ao encerramento das áreas impactadas, com plano de recuperação de área degradada devidamente aprovado pelo órgão ambiental (MP/PR, 2012).

Referente a um projeto de encerramento deste aterro, a prefeitura informou que o CIAS - Pontal do Paraná/Matinhos realizou a contratação de um estudo ambiental e o mesmo está em fase de análise para um cronograma físico/financeiro, além de estar em aberto para outras possibilidades.

Segundo a SMMA, os gastos somados com a coleta e destinação final dos resíduos sólidos urbanos de Pontal do Paraná chegam a R\$ 8.788.158,72 anualmente. A TABELA 7 mostra estes valores referentes ao ano de 2021.

TABELA 7 - GASTOS COM COLETA E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR NO ANO DE 2021.

<b>MÊS</b>	<b>COLETA</b>	<b>DESTINAÇÃO FINAL</b>
<b>Janeiro</b>	R\$ 1.530.805,73	R\$ 658.139,40
<b>Fevereiro</b>	R\$ 1.266.810,46	R\$ 393.987,36
<b>Março</b>	R\$ 264.000,00	R\$ 220.219,37
<b>Abril</b>	R\$ 264.000,00	R\$ 188.374,95
<b>Mai</b>	R\$ 264.000,00	R\$ 179.388,11
<b>Junho</b>	R\$ 264.000,00	R\$ 176.392,19
<b>Julho</b>	R\$ 264.000,00	R\$ 180.624,34
<b>Agosto</b>	R\$ 264.000,00	R\$ 173.173,78
<b>Setembro</b>	R\$ 264.000,00	R\$ 207.827,52
<b>Outubro</b>	R\$ 264.000,00	R\$ 194.125,08
<b>Novembro</b>	R\$ 264.000,00	R\$ 221.782,95
<b>Dezembro</b>	R\$ 455.263,38	R\$ 365.244,10
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 5.628.879,57</b>	<b>R\$ 3.159.279,15</b>
<b>MÉDIA DIÁRIA</b>	<b>R\$ 17.106,98</b>	<b>R\$ 9.605,01</b>
<b>MÉDIA MENSAL</b>	<b>R\$ 469.073,30</b>	<b>R\$ 263.273,26</b>

FONTE: A autora (2023).

A título de comparação, o município de Torres no Rio Grande do Sul possui 39.381 habitantes (IBGE, 2021) e também é litorâneo, tendo variação da geração de resíduos entre o inverno e a temporada de verão. Seus custos anuais com coleta e destinação final são de R\$ 13.581.630,00 (LUCHESE, 2020), estando acima dos R\$ 8.788.158,72 em Pontal do Paraná. Entretanto, no estudo de Mello (2008), foi calculado o custo anual com a disposição final de RSU em aterros sanitários para municípios do Rio de Janeiro, e apontou que, em municípios com população entre 30

e 50 mil habitantes, o custo fica entre 2,3 e 3,8 milhões de reais, o que corrobora com os resultados encontrados neste trabalho de R\$ 3.159.279,15 gastos com a destinação final dos resíduos sólidos em Pontal do Paraná no ano de 2021.

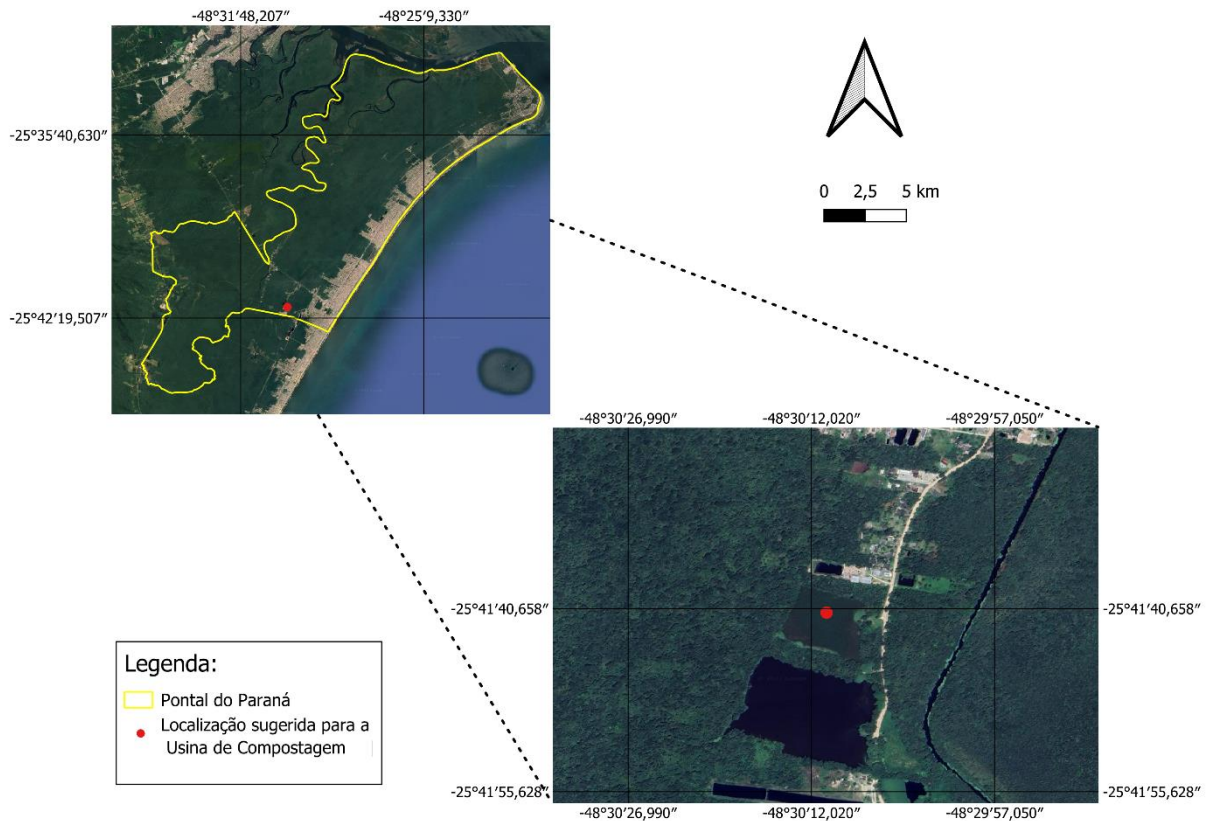
#### 4.2 ESTRUTURA DA USINA DE COMPOSTAGEM

O sistema de compostagem sugerido para o município de Pontal do Paraná é a compostagem tradicional devido ao montante produzido de resíduos orgânicos diariamente, que utiliza a fermentação aeróbica, composta por leiras triangulares ao ar livre. O MMA (2010) recomenda que, para processar o composto de acordo com seus padrões, as leiras devem ser montadas na relação C:N de 25:1 a 30:1 na fase inicial do processo.

A área de disposição das leiras, ou pátio de compostagem, deverá ser impermeabilizada com manta de PEAD (polietileno de alta densidade) para evitar a contaminação do solo e da água subterrânea. Ainda, deve-se considerar as intensas precipitações atmosféricas, quando pode existir a produção de lixiviados. Sendo assim, sugere-se que o pátio seja coberto para proteger as leiras das fortes precipitações. É necessário a instalação de um reservatório na área de compostagem para recebimento do lixiviado, que pode ser devolvido por um sistema de bombeamento para as leiras para manutenção da umidade.

Sugere-se que a localização da usina seja próxima ao CIAS, uma vez que está inserido na ZEAS - Zona Especial de Aterro Sanitário (ANEXO 1) conforme a Lei nº 9 de 28/10/2014 que dispõe sobre o Zoneamento, o Uso e a Ocupação do Solo do Município de Pontal do Paraná. Além disso, a área situa-se em uma ZDD - Zona de Desenvolvimento Diferenciado, conforme o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) do litoral paranaense (ANEXO 2). A FIGURA 12 demonstra a localização sugerida para a usina de compostagem sob as seguintes coordenadas: Latitude: 25° 41' 41.59" S e Longitude: 48° 30' 11.03" O.

FIGURA 12 - LOCALIZAÇÃO SUGERIDA PARA A USINA DE COMPOSTAGEM NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR.



Baseado na geração percapta de resíduos orgânicos dos residentes do município (0,55 kg/hab.dia), as leiras devem apresentar as seguintes configurações iniciais: leiras de seção triangular com dimensões de 1,5 m de base e 1,5 m de altura, a quantidade de matéria orgânica estimada em 27.000 kg/dia, a densidade da matéria orgânica de 550 kg/m<sup>3</sup>, conforme preconizada pelo MMA (2010), bioestabilização estimada para um período de 120 dias e um acréscimo de 10% da área calculada como fator de segurança. A TABELA 8 sumariza esses dados iniciais de dimensionamento.

TABELA 8 - CONFIGURAÇÕES INICIAIS PARA CÁLCULOS DE DIMENSIONAMENTO DO PÁTIO DE COMPOSTAGEM

ITEM	QUANTIDADE	UNIDADE
Leira de seção triangular (1,5x1,5)	1	m <sup>2</sup>
Fator de segurança (f)	10	%
Tempo total do processo (d)	120	Dias
Quantidade Resíduos (Q)	27000	kg
Número de Habitantes	32.985	Habitantes
Densidade da Mistura peso específico (D)	550	kg/m <sup>3</sup>

FONTE: A autora (2023).

A partir das configurações iniciais foram obtidas as dimensões em relação as leiras para a compostagem. A área total necessária para o pátio compreendendo 120 leiras corresponde a 17.280 m<sup>2</sup>. Além disso, foi adicionada uma área de 1.728 m<sup>2</sup> (10% da área total do pátio) destinado ao complexo da usina de compostagem (galpão, escritório, cozinha e refeitório, banheiros e vestiário, e área de serviço). Deste modo, a área total da usina será de 19.008 m<sup>2</sup> (TABELA 9). Salienta-se que, o horizonte de projeto é 15 anos, e com base no crescimento populacional de Pontal do Paraná, a população será 48.066 habitantes, portanto a área total destinada para a usina deve ser 33.838 m<sup>2</sup>.

TABELA 9 - DIMENSIONAMENTO DO PÁTIO DE COMPOSTAGEM CONSIDERANDO 15 ANOS DE FUNCIONAMENTO.

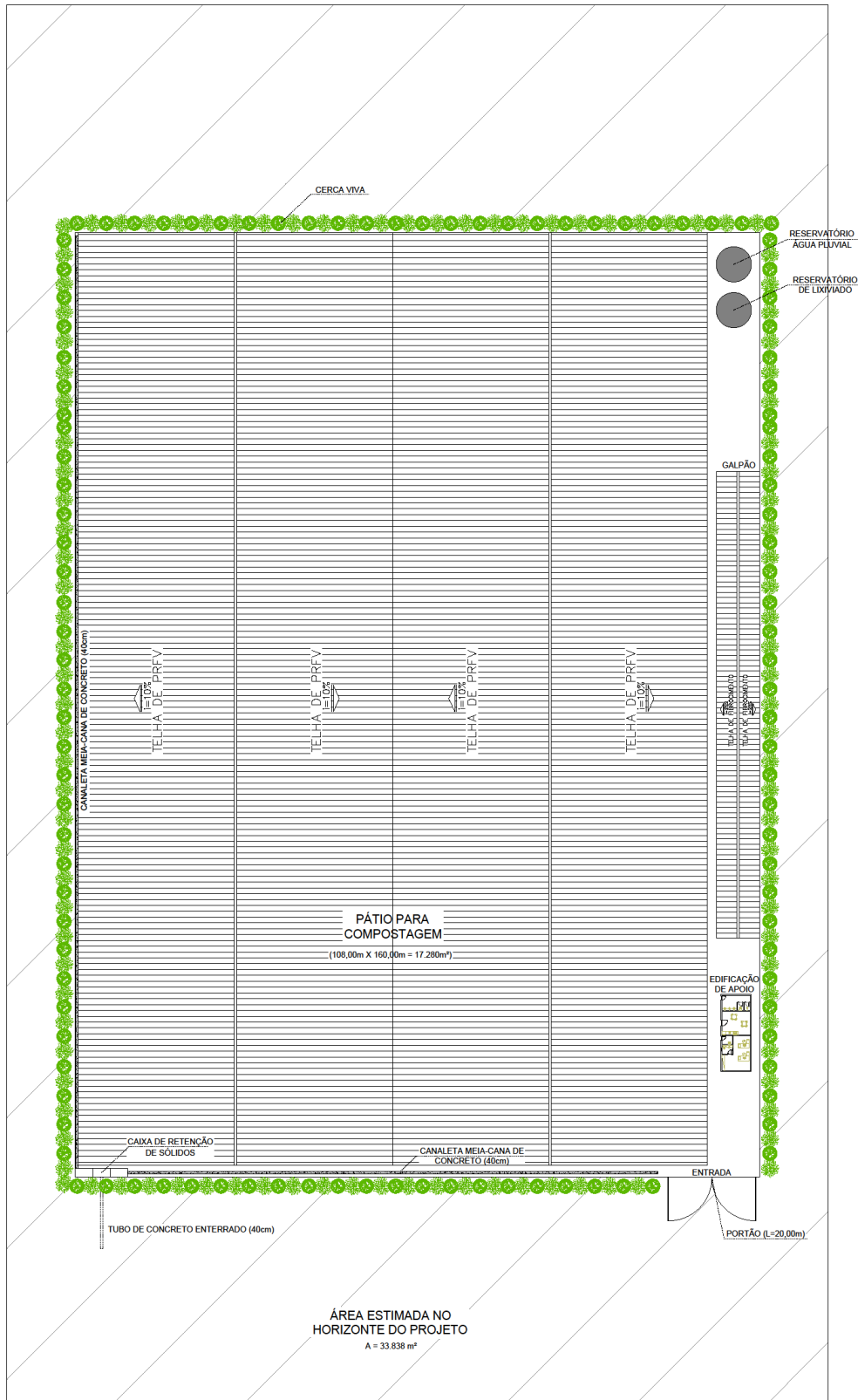
DIMENSÃO	RESULTADO OBTIDO
Comprimento da leira (L)	43,63636 m
Área da seção (As)	1,125 m <sup>2</sup>
Volume da leira (V)	49,09091 m <sup>3</sup>
Área da leira (Ab)	65,45455 m <sup>2</sup>
Área de folga e reviramento da leira (Af)	65,45455 m <sup>2</sup>
Área útil (Au)	15.709,09 m <sup>2</sup>
Área extra em relação ao f (Ae)	1.570,909 m <sup>2</sup>
Área total (At)	17.280 m <sup>2</sup>
<b>ÁREA NOMINAL DA USINA</b>	19.008 m <sup>2</sup>
<b>ÁREA DE HORIZONTE DE PROJETO</b>	33.838 m <sup>2</sup>

FONTE: A autora (2023).

Segundo as recomendações do manual para implantação de compostagem do Ministério do Meio Ambiente, o complexo da usina de compostagem é projetado com

o sistema de drenagem para coletar o lixiviado produzido durante a compostagem do material orgânico, galpão de triagem, prédio administrativo, depósito de suprimentos e produtos que serão comercializados, sanitários, cozinha, refeitório, arquivos, portaria para controlar o acesso, além de canaletas para drenagem pluvial (MMA, 2010). A FIGURA 13 apresenta o layout simplificado do projeto da usina de compostagem de Pontal do Paraná-PR, considerando a geração atual de resíduos e o horizonte de 15 anos de projeto.

FIGURA 13 - PROPOSTA DE LAYOUT DA USINA DE COMPOSTAGEM



PÁTIO DE COMPOSTAGEM - PLANTA GERAL

ESCALA 1 : 300

FONTE: A autora (2023).

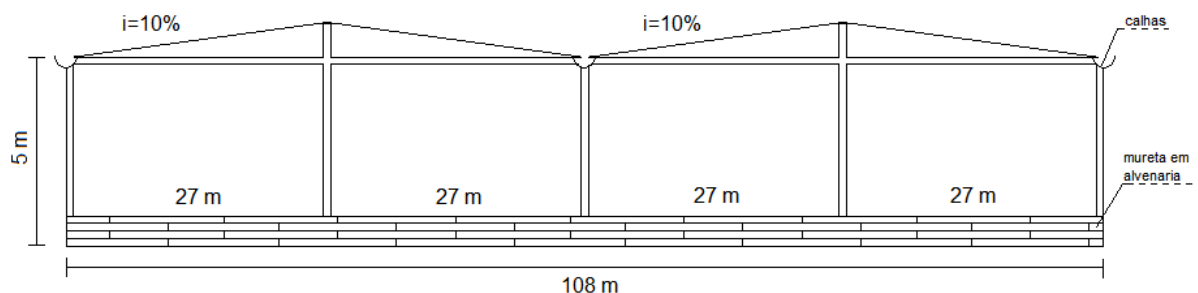
Sugere-se que o pátio de compostagem tenha uma cobertura de PRFV (poliéster reforçado com fibra de vidro), permitindo a entrada de luz solar, construído em duas águas possibilitando o escoamento para as laterais, onde serão instaladas calhas que direcionam a água para armazenamento, como a média anual da precipitação é em torno de 2000 mm poderiam ser armazenados cerca de 34.560 m<sup>3</sup> ao ano, podendo ser utilizada para reusos, tais como a umidificação das leiras e lavagem de pátio, a FIGURA 14 demonstra um exemplo da estrutura do pátio. Devido as dimensões, o pátio foi dividido em dois para facilitar a instalação da cobertura com inclinação de 10%. A FIGURA 15 apresenta a faixada do pátio.

FIGURA 14 - ESTRUTURA DO PÁTIO DE COMPOSTAGEM



FONTE: A autora (2023).

FIGURA 15 - FAIXADA DO PÁTIO DE COMPOSTAGEM



FONTE: A autora (2023).

Dentre as iniciativas para dimensionar pátios de compostagem de resíduos sólidos, destaca-se o estudo realizado por Luchese (2020) no município de Torres no litoral gaúcho, que assim como Pontal do Paraná, é considerado de médio porte (até 50.000 habitantes). A geração percapta neste município é de 0,75 kg/hab/dia de resíduos, e o autor propôs um sistema capaz de compostar 17,6 ton diárias através

de leiras com revolvimento mecânico. Essas dimensões resultaram em um pátio de compostagem de 8.745m<sup>2</sup>. Já em Pontal do Paraná, onde sugere-se compostar 27 ton/dia, cerca de 65% a mais que em Torres a estimativa do pátio é cerca de 2 vezes maior (17.280m<sup>2</sup>). Contudo, é necessário considerar que a geração percapta de Torres é menor do que em Pontal do Paraná e, conseqüentemente, a quantidade a ser compostada também é inferior. Contudo, quando comparados os projetos, nota-se que o aumento de 65% da quantidade de resíduos a ser compostado provocou um acréscimo de 50% na área do pátio de compostagem. Visto que no horizonte do projeto de 15 anos a geração de resíduos de Pontal do Paraná deve aumentar em torno de 46%, relacionado ao aumento da população, e a área destinada ao pátio de compostagem em 56%, é possível considerar similaridades entre os projetos.

#### 4.3 DESPESAS, CUSTOS E RECEITA

Os orçamentos iniciais de R\$ 31.532,90 contemplaram os diversos parâmetros operacionais para os itens de despesas sugeridos por MMA (2010) tais como triturador de galhos, peneiras, carrinhos de mão, materiais de escritório etc., e que devem ser revistos periodicamente durante a operação da usina. A TABELA 10 apresenta os parâmetros e despesas previstas. Sendo que, não foram considerados os custos de implementação da estrutura do empreendimento.

TABELA 10 - INVESTIMENTO INICIAL EM UTENSÍLIOS E EQUIPAMENTOS PARA A USINA DE COMPOSTAGEM PROPOSTA

ITEM	PARÂMETRO	QUANTIDADE	VALOR MÉDIO (R\$)	
			UNITÁRIO	TOTAL
<b>Termômetro de solo (haste 80 cm)</b>	1 por 3 toneladas processadas	9	340,01	3.060,09
<b>Peneira manual (malha 8mm)</b>	1 por cada revirador de leira	10	25,50	255,00
<b>Carro de mão (plástico)</b>	1 por cada revirador de leira	10	167,07	1.670,70
<b>Garfo (10 dentes)</b>	1 por cada revirador de leira	10	42,50	425,00
<b>Pá</b>	1 para 2 toneladas processadas	14	63,75	892,50
<b>Enxada</b>	1 para 2 toneladas processadas	14	42,50	595,00
<b>Mangueira 50m 3/4"</b>	1 para 2 toneladas processadas	14	191,26	2.677,64
<b>Regador (plástico 10L)</b>	1 para 2 toneladas processadas	14	21,25	297,50
<b>Vassoura</b>	1 para 2 trabalhadores de pátio	8	10,63	85,04
<b>Vassoura metálica</b>	1 para 2 trabalhadores de pátio	8	42,50	340,00
<b>Balde (20 L)</b>	1 para 2 toneladas processadas	14	21,25	297,50
<b>Motosserra</b>	1 por unidade	1	4.431,69	4.431,69
<b>Triturador de galhos</b>	1 por unidade	1	3.187,61	3.187,61
<b>Balança 500 Kg</b>	1 por unidade	1	5.153,31	5.153,31
<b>Computador</b>	1 por unidade	1	2.550,00	2.550,00
<b>Impressora</b>	1 por unidade	1	580,00	580,000
<b>Mesa</b>	1 por funcionário administrativo	2	361,26	722,52
<b>Cadeira</b>	2 por funcionário administrativo	4	106,26	425,04
<b>Armário</b>	1 por unidade	1	616,27	616,27
<b>Arquivo de aço</b>	1 por unidade	1	616,27	616,27
<b>Microondas</b>	1 por unidade	1	522,77	522,77
<b>Geladeira</b>	1 por unidade	1	1.389,80	1.389,80
<b>Fogão</b>	1 por unidade	1	741,65	741,65
<b>Total:</b>				<b>31.532,90</b>

FONTE: A autora (2023).

Os custos de Operação e Manutenção, são relacionados aos gastos para a realização dos serviços de compostagem foram estimados em R\$ 48.425,78, sendo detalhados na TABELA 11. Levando em consideração que, a coleta de resíduos do município é realizada de segunda a sábado (PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTAL DO PARANÁ, 2023), propõe-se que a usina opere nesses dias. O valor estimado para os salários dos colaboradores leva em conta a carga horária de 44 horas semanais e 8 horas diárias, em conformidade com as Consolidação das Leis do Trabalho (BRASIL, 1943). Dessa forma, o colaborador deve cumprir 8 horas diárias de segunda a sexta e 4 horas no sábado, sendo este o horário proposto para a operação da usina.

TABELA 11 - CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA USINA DE COMPOSTAGEM.

ITEM	JUSTIFICATIVA	CUSTO MENSAL (R\$)
<b>Água e Esgoto</b>	100 litros de água por dia por pessoa, 50 litros por dia para limpeza do local, e 50 litros por tonelada para molhar as leiras: 96m <sup>3</sup>	1.401,17
<b>Energia</b>	Consumo mensal (kWh)	115,61
	Geladeira 30	
	Microondas 12 - ligado 20 minutos por dia	
	Computador 16,2 - ligado 3 horas com impressora por dia	
	Lâmpadas 3,5 - ligada 5 horas por fluorescentes dia (23w)	
	Triturador de galhos 30 - 1 hora por dia UVC com desconto de 50%	
<b>Internet</b>	Custo médio na região	90,00
<b>Material de copa e limpeza</b>	1 prato, 1 xícara, 1 caneca, 1 copo e 1 talher completo por pessoa a cada 5 anos e café, açúcar, adoçante, papel higiênico, papel toalha, sabonete, água sanitária, vassoura, rodo, mangueira, balde, sabão em pó, panos, detergente, esponja.	100,00
<b>Saco para composto (60 Kg)</b>	R\$ 0,04/un. (6.750 unidades)	270,00
<b>Encarregado (1 funcionário)</b>	Faixa salarial: R\$ 2.597,00 + 53,8%	3.994,00
<b>Auxiliar administrativo (1 funcionário)</b>	Faixa salarial: R\$ 1.710,00 + 53,8%	2.630,00
<b>Montador de leira (5 funcionários)</b>	Faixa salarial: R\$ 1.619,00 + 53,8%	12.450,00
<b>Revirador de leira (10 funcionários)</b>	Faixa salarial: R\$ 1.619,00 + 53,8%	24.900,00
<b>Auxiliar de pátio (1 funcionário)</b>	Faixa salarial: R\$ 1.609 + 53,8%	2.475,00
<b>Total aproximado:</b>		<b>48.425,78</b>

FONTE: A autora (2023).

De acordo com o manual de compostagem MMA (2010), 1 kg de material orgânico processado rende aproximadamente 0,5 kg de composto, fator que levaria a usina de compostagem de Pontal do Paraná a uma produção mensal de 405 ton do composto, ou 4.860 ton/ano. Segundo a Embrapa (2022), o valor médio da tonelada do produto é de R\$ 250,00 podendo variar dependendo da região. O que geraria um capital de R\$ 101.250,00/mês, com sua receita bruta anual atingindo R\$ 1.215.000,00.

A Abrelpe (2015) estimou o custo de operação para usinas de compostagem aeróbia, utilizando referências de estudos do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social), e relatou que para municípios entre 30 mil e 250 mil habitantes o valor estimado foi de R\$ 90,00/ton a ser compostada. A partir desse pressuposto, o custo de operação da usina de compostagem de Pontal do Paraná seria R\$ 72.900. No entanto, o valor estimado no presente estudo é consideravelmente menor (aproximadamente R\$ 48.425,78). Em contrapartida, Silva e Andreoli (2010) citam que usinas com capacidade de 20 ton/dia custam entre U\$ 6,00 e U\$ 10,00/ton, partindo dessa hipótese, o custo estimado seria em torno de R\$ 40.799,70, corroborando com o valor estimado neste trabalho.

Os resultados apresentados são confirmados por FADE (2013) que salienta que os custos com instalação são menores que os da operação. Ainda, o mesmo autor destaca que quando utilizado o reviramento manual das leiras, a mão de obra pode ultrapassar 40% do custo total de operação. Neste trabalho, contudo, evidenciou-se que a mão de obra é ligeiramente maior (R\$ 46.449,00), cerca de 95% do valor total, sugerindo um fator importante a ser considerado na otimização do sistema de compostagem.

#### 4.4 IMPACTOS AMBIENTAIS

Para implantação de uma usina de compostagem, a legislação exige o Estudo de Impacto Ambiental acompanhado do Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), contemplando as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, identificação dos impactos gerados, os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada e a compatibilidade do projeto com sua área de influência, dentre outros parâmetros (CONAMA, 1986). A área de influência é o território onde ocorrerão ou serão percebidos os impactos, e define os limites geográficos do meio físico, biótico e antrópico a ser estudado (MPF, 2023).

Neste contexto, são apresentadas a seguir os principais aspectos e impactos ambientais identificados para a construção e operação de uma usina de compostagem.

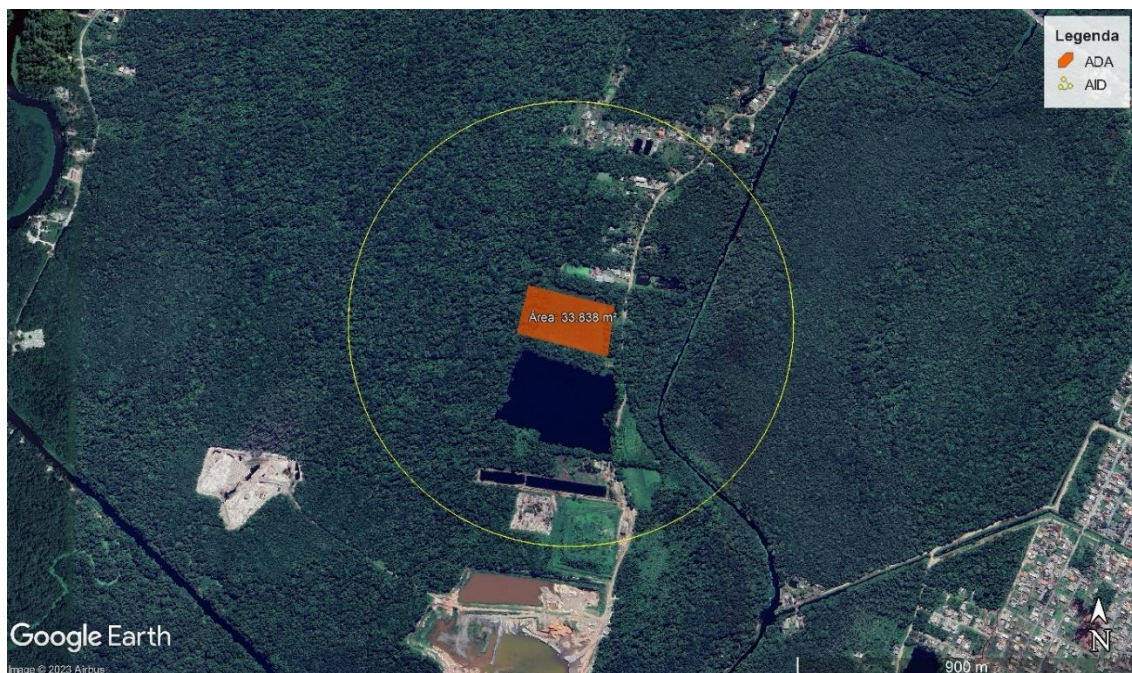
##### 4.4.1 Áreas de Influência

A Área Diretamente Afetada (ADA), positiva ou negativamente, são as áreas que sofrem diretamente os efeitos produzidos por uma ou mais atividades tecnológicas do empreendimento. Neste trabalho, considerou-se a ADA como sendo a área total requerida para o empreendimento (33.838 m<sup>2</sup>).

Foi delimitado um raio de 500 metros a partir da “borda” da ADA, como Área de Influência Direta (AID), com o objetivo de justapor as áreas de influência de cada meio em uma única área (FIGURA 16). A AID é onde os impactos da instalação e operação incidem de forma direta sobre os recursos ambientais, corresponde a área onde será implantado o empreendimento e seu entorno imediato (CONAMA, 1986).

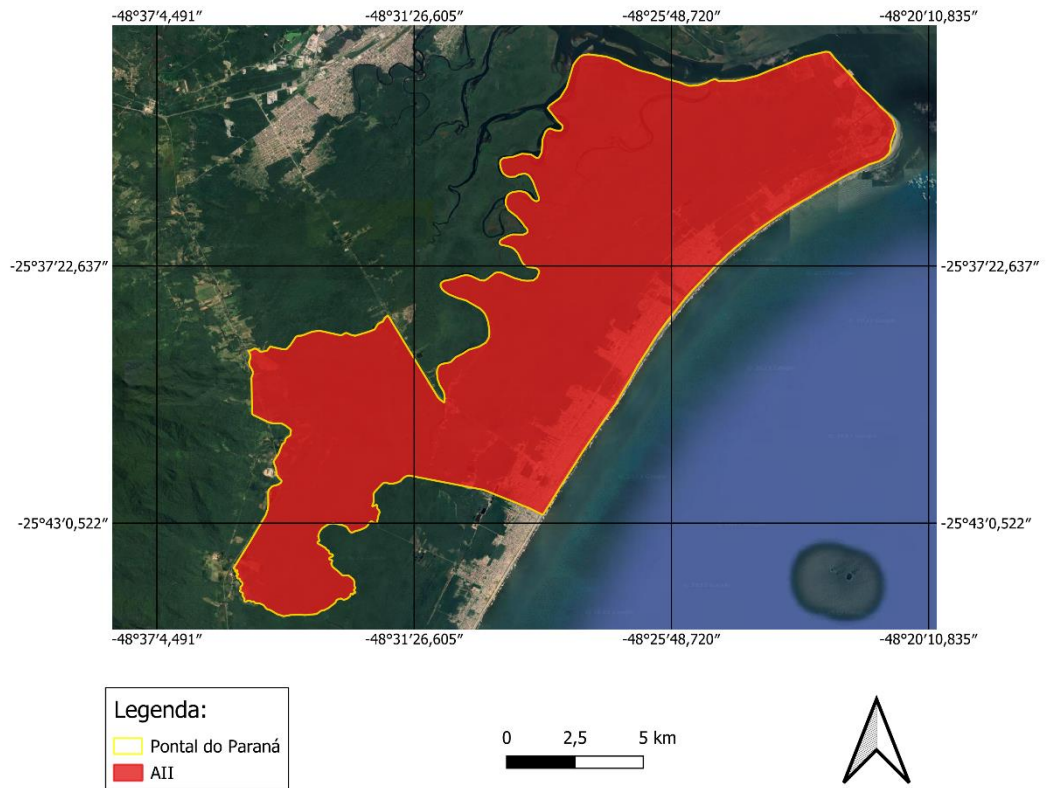
Finalmente, a Área de Influência Indireta (AII), demonstrada nas FIGURAS 17 e 18 é definida como a área real ou potencialmente afetada pelos impactos indiretos da implantação e operação do empreendimento, abrangendo os ecossistemas e o sistema socioeconômico que podem ser impactados pelas alterações ocorridas na área de influência direta (IBAMA, 2006). Desta forma, a AII abrange a AID e ADA, e será considerada como sendo a área total do município de Pontal do Paraná, também foi considerado o aterro sanitário de Paranaguá como AII, localizado no município de Paranaguá sob as seguintes coordenadas: Latitude: 25° 31' 56.72" S e Longitude: 48° 39' 58.72" O.

FIGURA 16 - LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E DELIMITAÇÕES DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID) E ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (ADA)



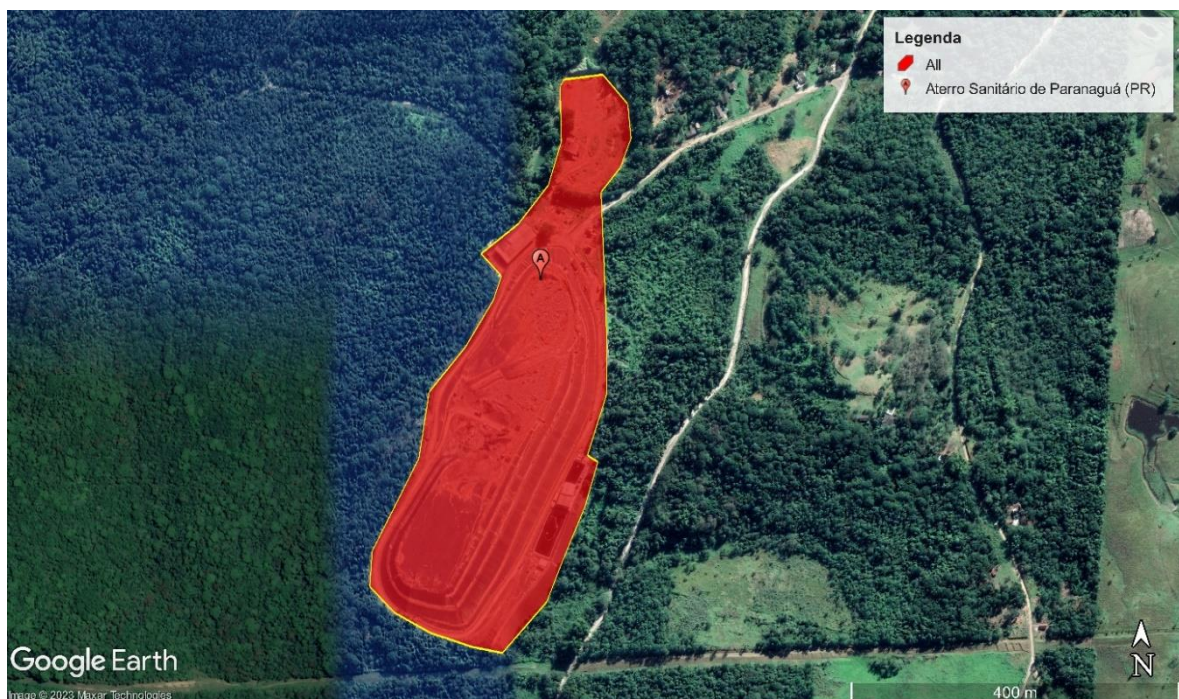
FONTE: A autora (2023).

FIGURA 17 - ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII) DO EMPREENDIMENTO LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR



Sistema de coordenadas: SIRGAS 2000.  
 FONTE: A autora (2023).

FIGURA 18 - ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII) NO MUNICÍPIO DE PARANAGUÁ-PR



FONTE: A autora (2023).

As delimitações abordadas neste item, estão de acordo com o roteiro de estudo de Licenciamento Ambiental Simplificado para compostagem de resíduos da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) que determina que a área de influência do empreendimento deve ser delimitada, e interrelacionadas, levando a um diagnóstico abrangente que permite avaliar o impacto da implementação do projeto (CETESB, 2023).

#### 4.4.2 Matriz de Impacto Ambiental

Considerando que a usina será construída afastada da cidade e em uma área de desenvolvimento diferenciado, são amenizados a geração de impactos ambientais negativos altamente significativos.

Através do diagnóstico ambiental do meio biótico, físico, e socioeconômico da região do empreendimento, foram identificados 28 impactos diretos e/ou indiretos durante a instalação e operação, conforme a matriz de impacto ambiental (TABELA 12). Destacam-se os impactos positivos no meio socioeconômico, como a alteração das condições da qualidade de vida, alteração das atividades comerciais e de serviços e alteração das finanças municipais. No entanto, foram classificados como negativos e altamente significativos a alteração na paisagem e o isolamento de populações de animais silvestres em função da fragmentação da paisagem natural.

TABELA 12 – MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTAIS

MEIO BIÓTICO										
IMPACTO	na	fo	po	am	ai	ar	aa	ad	IS	S
Isolamento de populações de animais silvestres em função da fragmentação da paisagem natural	N	I/O	C	5	5	3	3	5	31	AS
Perda de cobertura vegetal nativa	N	I	C	3	5	1	1	1	19	PS
Alteração da composição da fauna e desequilíbrio ecológico	N	I	C	1	5	5	3	3	23	MS
Aparecimento de vetores e espécies sinantrópicas	N	O	P	3	5	5	3	1	25	MS
Perda de habitats	N	I/O	C	5	5	3	1	3	27	MS
Alteração da paisagem	N	O	C	5	5	5	1	5	31	AS
Alterações em áreas de ocorrência de espécies endêmicas, raras ou ameaçadas	N	I/O	N							NO
Diminuição de área de ocorrência de espécies nativas	N	I/O	N							NO
Redução da variabilidade genética	N	I/O	P	3	5	1	1	1	19	PS
MEIO FÍSICO										
IMPACTO	na	fo	po	am	ai	ar	aa	ad	IS	S
Alteração da qualidade de água	N	O	P	3	3	1	1	1	15	PS
Alteração do balanço hídrico	N	I/O	N							NO
Alteração nos usos da água	N	I/O	N							NO
Alteração da qualidade do ar	N	I	C	3	3	1	1	1	15	PS
Alteração do uso e ocupação do solo	N	I	C	3	3	3	1	1	17	PS
Alteração da dinâmica do ambiente	N	I/O	C	3	3	3	1	3	19	PS
Poluição por efluentes líquidos ou resíduos sólidos	N	I/O	P	3	5	1	1	5	23	MS
Geração de odores	N	O	C	5	5	3	1	1	25	MS
Aumento dos índices de ruído	N	I/O	P	3	5	1	1	1	19	PS
Contaminação do solo	N	O	P	5	5	3	1	3	27	MD
Diminuição da capacidade de regeneração do meio	N	I/O	P	1	3	1	1	1	11	NS
MEIO SOCIOECONÔMICO										
IMPACTO	na	fo	po	am	ai	ar	aa	ad	IS	S
Alteração das condições da qualidade de vida	P	O	P	1	5	1	3	1	17	PS
Alteração da taxa de emprego	P	I/O	P	3	1	1	3	1	13	PS
Alteração das atividades comerciais e de serviços	P	I/O	P	5	1	1	3	1	17	PS
Alteração das finanças municipais	P	O	C	5	5	1	1	1	23	MS
Potencialidade de acidentes com a população local e temporária	N	I/O	N							NO
Alteração na infraestrutura local	P	I/O	C	3	5	3	3	3	25	MS
Alteração das condições de abastecimento e comercialização	P	O	C	3	1	1	3	1	13	PS
Inundações das áreas	N	I/O	N							NO

Legenda: **na**: Natureza do impacto – **P**: Positivo, **N**: Negativo; **fo**: Fase de ocorrência – **I**: Instalação/Implantação, **O**: Operação; **po**: Probabilidade de ocorrência – **N**: Nula, **P**: Possível, **C**: Certa; **am**: Magnitude – **1**: Pequena, **3**: Média, **5**: Grande; **ai**: Importância – **1**: Pequena, **3**: Média, **5**: Grande; **ar**: Reversibilidade – **1**: Reversível, **3**: Parcialmente reversível, **5**: Irreversível; **aa**: Abrangência – **1**: Local, **3**: Regional, **5**: Nacional; **ad**: Duração – **1**: Temporária, **3**: Permanente, **5**: Cíclica; **IS**: Índice de Significância; **S**: Significância – **NO**: Não Ocorrerá, **NS**: Não Significativo, **PS**: Pouco Significativo, **MS**: Moderadamente Significativo, **AS**: Altamente Significativo.

FONTE: A autora (2023).

Os impactos ambientais devem ser evitados ou reduzidos com projetos mitigadores a fim de preservar o ambiente e suas relações ecológicas, uma vez que qualquer alteração no ambiente pode impactar o equilíbrio do ecossistema (SILVA, ALBERGUINE, 2022). Conforme afirmado por Silva (2022), as atividades humanas têm um impacto significativo na biodiversidade, incluindo a fragmentação do habitat, a introdução de espécies não nativas e a contaminação por poluentes. Neste trabalho, observou-se significância de probabilidade de contaminação por efluentes devido à biodegradação de resíduos que pode ser mitigada com um projeto de recolhimento e tratamento deste, e o seu retorno por bombeamento às leiras para controle de umidade e de aceleração do processo de tratamento, uma vez que os mesmos contêm nutrientes e microbiota oriunda da bioestabilização dos resíduos.

Além disso, observou-se também a possibilidade de maus odores que pode ser remediada com o correto controle da umidade das leiras uma vez que, segundo Silva e Andreoli (2010), uma umidade superior a 60% pode desencadear uma decomposição anaeróbia com liberação de gás sulfídrico, provocando mal cheiro e irritabilidade das vias aéreas. A biodegradação dos resíduos orgânicos em leiras também pode provocar o aparecimento de vetores tais como os mosquitos, as baratas e animais sinantrópicos, como os pombos e ratos, por exemplo, representando um risco epidemiológico. Neste caso, uma medida mitigadora pode ser o monitoramento contínuo de animais na área, e o revolvimento periódico das leiras, evitando o aparecimento e sua proliferação. Ressalta-se que o recobrimento das leiras com serragem pode diminuir a incidência de moscas e mosquitos (SILVA; ANDREOLI, 2010).

Dentre os impactos identificados, a fragmentação da paisagem natural pode ser mitigada com a criação de corredores ecológicos (LOUZADA, et. al., 2012). E a medida mitigadora para a alteração da paisagem natural consiste em retirar a vegetação apenas na área do projeto, complementando com a plantação de espécies florestais nativas próximas às áreas afetadas (RODRIGUES, 2023).

Os impactos positivos destacados no meio socioeconômico corroboram com os citados no Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do Centro de Tratamento de Resíduos de São João do Bonfim na Paraíba, que prevê, com a implantação da compostagem a nível municipal, a criação de condições para a geração de trabalho e renda e melhoria da saúde e qualidade de vida da população (ECOSAM, 2020).

Conforme destacado por Müller et. al. (2019), as unidades de compostagem geram entre 4 e 14 empregos para cada 10 mil toneladas anuais de resíduos orgânicos tratados.

#### 4.4.3 Programas e ações de controle, monitoramento e mitigação

Com o intuito de evitar danos ao meio ambiente e à saúde pública, sugerem-se programas e ações ambientais para serem implementados considerando os meios físico, biótico e antrópico.

##### 4.4.3.1 Meio físico

###### 4.4.3.1.1 Programa de monitoramento da qualidade do solo

Devido ao acondicionamento dos resíduos sobre o solo, este programa se faz necessário para mitigar os possíveis impactos à qualidade do solo que pode ser gerado pela operação da usina. Deve-se atentar à flora bacteriana existente, bem como insetos e invertebrados que garantem o equilíbrio no solo. O programa também deve visar averiguar e garantir que os efluentes gerados não contaminem o solo, garantindo uma impermeabilização permanente.

###### 4.4.3.1.2 Programa de Gestão de Resíduos Sólidos - PGRS

A unidade de compostagem deverá criar um protocolo para a triagem dos resíduos, separando-os de acordo com os materiais que o compõem dentro da usina devido à sua operação, tais como a geração de resíduos das atividades administrativas. Dentre os objetivos deste programa estão: reduzir a geração de resíduos, evitar contaminação do solo e águas superficiais, implementar dispositivos de acondicionamento, e métodos de coleta e disposição final dos resíduos.

###### 4.4.3.1.3 Manutenção de cerca viva

Sugere-se o uso de cercas vivas no entorno da usina para evitar o mau odor devido à decomposição da matéria orgânica, além de mitigar a propagação de ruídos para o meio externo e alterações à paisagem.

#### 4.4.3.2 Meio Biótico

##### 4.4.3.2.1 Programa de monitoramento da fauna

É necessário realizar um monitoramento constante da fauna na área de influência da usina com o intuito de mitigar possíveis danos à biota, utilizando de procedimentos de análise de dados, baseado nos princípios de ecologia de comunidades.

##### 4.4.3.2.2 Plano de recomposição da área desmatada

Este plano visa recuperar a identidade visual botânica do local através da classificação de algumas espécies endêmicas e o reflorestamento, quando necessário, abrangendo toda a vegetação da área de influência.

##### 4.4.3.2.3 Programa de monitoramento de vetores

Este programa está baseado no controle e monitoramento, visando a prevenção da transmissão de vetores e proliferação de doenças.

#### 4.4.3.3 Meio Antrópico

##### 4.4.3.3.1 Programa de educação socioambiental

Recomenda-se que sejam aplicadas campanhas em escolas, organizações públicas e privadas, e para toda a população sobre a importância da compostagem, incentivando a segregação dos resíduos para poderem ser utilizados para a compostagem, e esclarecimentos sobre o processo, incluindo seus benefícios e possíveis bônus econômicos, a fim de introduzir o hábito na comunidade.

Os programas e ações sugeridos para a usina de compostagem de Pontal do Paraná assimilam-se aos citados em outros estudos, como no município de Teixeira Soares, no Paraná, que busca um melhor gerenciamento de resíduos sólidos urbanos a partir da implementação de usina de compostagem juntamente com a reciclagem de resíduos secos e um aterro sanitário. Conforme o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) apresentado para o empreendimento, destaca-se a importância do monitoramento no processo de compostagem para não haver proliferação de vetores. Ainda, salienta-se que o controle deste impacto pode ocorrer através da adoção de espécies vegetais que possuem propriedades de repelentes naturais, como a citronela (*Cymbopogon* sp.). Também, conforme o projeto desse empreendimento, há a presença da cerca viva para minimização da dispersão de possíveis odores (IMPACTO ZERO, 2012), corroborando com as sugestões apresentadas neste trabalho.

Em síntese, esse trabalho mostrou que a implementação de uma usina de compostagem no município, além de promover a correta destinação final dos resíduos, pode gerar ganhos econômicos uma vez que evitará que 27 ton/dia de resíduos sejam depositados no aterro sanitário.

As práticas adequadas na manipulação, coleta e tratamento dos resíduos sólidos urbanos é o melhor caminho a ser tomado, visando a proteção do meio ambiente, e favorecendo a qualidade de vida. Através do processo de compostagem são observados fatores potenciais como o aumento da vida útil do aterro sanitário, a redução de custos com coleta e tratamento dos resíduos, além da geração de renda através da comercialização do biocomposto, bem como a melhoria do solo pelo uso do mesmo. A instalação do empreendimento é benéfica também para a geração de empregos na região, antes mesmo de sua implementação, pois se faz necessário estudos ambientais e dimensionais, além da fase de execução e da operação propriamente dita. Ainda, a implantação da usina de compostagem, pode incentivar outras práticas sustentáveis, como a reciclagem dos resíduos secos, auxiliando na proteção do meio ambiente e geração de emprego.

Para a realização do manejo adequado dos RSU, o projeto deve estar de acordo com o tamanho do município e os padrões da PNRS. Todavia, a usina de compostagem é viável e agregará valor de modo geral, trazendo ganhos socioeconômicos e ambientais. Como uma observação, há a possibilidade de

consórcio entre os municípios vizinhos, para ampliar a produção e as vendas, o que possivelmente resultaria em melhoria de resultados.

## 5 CONCLUSÃO

Conclui-se que a geração média diária do município de Pontal do Paraná é de 38 ton/dia aproximadamente, considerando o período de baixas e altas temporadas, e a maior média diária acumulada foi de 55,87 toneladas em dezembro de 2021. Sendo assim, aproximadamente 27 ton/dia correspondem aos resíduos orgânicos. Como a quantidade é inferior a 100 ton/dia de resíduos a serem tratados, é possível utilizar o sistema de leiras para tratamento dos resíduos orgânicos através do processo de compostagem tradicional, que utiliza a fermentação aeróbica.

A área mínima necessária para a implementação da usina de compostagem é 19.008 m<sup>2</sup>, considerando 120 dias de maturação para cada leira de 65 m<sup>2</sup>. No entanto, a área destinada à usina deve ser de 33.838 m<sup>2</sup>, referente ao horizonte do projeto, em 15 anos.

O investimento inicial é cerca R\$ 31.532,90, e o custo mensal de operação e manutenção foi estimado em aproximadamente R\$ 48.425,78. Os gastos somados com coleta e destinação final dos resíduos sólidos urbanos chegam a R\$ 732.346,56 por mês, sendo que destes, R\$ 263.273,26 é referente à destinação final. Com a adesão do processo de compostagem dos resíduos orgânicos, cerca de R\$ 5.445,90/dia ou R\$ 65.349,79/mês poderiam ser poupados na destinação final dos RSU.

A usina tem capacidade de geração de 405 ton/mês de biocomposto. Com a venda deste, seria possível gerar um capital mensal de R\$ 101.250,00, considerando o gasto mensal da usina de compostagem, o lucro mensal estimado pode chegar a R\$ 52.824,22, ou R\$ 633.890,64 por ano.

Dos 28 impactos ambientais identificados na implantação e operação da usina, 2 deles são altamente significativos: o isolamento de populações de animais silvestres em função da fragmentação da paisagem natural e a alteração da paisagem, que poderiam ser mitigados com a criação de corredores ecológicos e a plantação de cercas verdes com espécies nativas. Diante do exposto, considerando os custos, os riscos e as possibilidades de retorno financeiro, conclui-se que a implantação da usina de compostagem no município de Pontal do Paraná é técnica e economicamente viável, além de ambiental e socialmente sustentáveis.

## REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de normas Técnicas. **NBR 13591/1996: Compostagem – Terminologia**. Rio de Janeiro, 1996.

ABNT – Associação Brasileira de normas Técnicas. **NBR 10004/2004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Estimativas dos custos para viabilizar a universalização da destinação adequada de resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo, junho de 2015.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2022**. Publicação: dezembro de 2022.

ASSEMAE – Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento. **Apenas 1% do lixo orgânico é reaproveitado no Brasil**. 05 de Fevereiro, 2019. Disponível em: <<https://assemae.org.br/noticias/item/4494-apenas-1-do-lixo-organico-e-reaproveitado-no-brasil>> Acesso em: 15 jul 2022.

BASTOS, L.P.; **Matriz e índice de avaliação de impactos ambientais para a implantação de pequenas centrais hidrelétricas**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC, Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia – PRODETEC. Curitiba, 2013. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/13445931-Matriz-e-indice-de-avaliacao-de-impactos-ambientais-para-a-implantacao-de-pequenas-centrais-hidreletricas.html>> Acesso em: 20 mai 2023.

BENTO, L. D. P. **Impactos ambientais em aterros sanitários**. Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro, Instituto Três Rios, Departamento De Ciências Do Meio Ambiente – Dcma. Três Rios – RJ, junho de 2018. Disponível em: <[https://itr.ufrrj.br/porta1/wp-content/uploads/2018/07/laura\\_dias.pdf](https://itr.ufrrj.br/porta1/wp-content/uploads/2018/07/laura_dias.pdf)> Acesso em: 28 mai 2023.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 5.452 de 01 de maio de 1943**. Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). D.O.U de 09/08/1943, pág. nº 11937.

BRASIL. **Lei nº 13.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2010.

CAVALCANTI, L.R. **Encargos trabalhistas no Brasil**. Senado Federal. Texto para Discussão nº 288. Núcleo de Estudos e Pesquisas da Consultoria Legislativa. Brasília, outubro de 2020.

CEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente. **Resolução CEMA nº 90 DE 03/12/2013: Estabelece condições, critérios e dá outras providências, para empreendimentos de compostagem de resíduos sólidos de origem urbana e de**

**grandes geradores e para o uso do composto gerado.** Publicado no Diário Oficial do Estado – PR, em 23 de jan de 2014.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Licenciamento Ambiental Simplificado, Compostagem de Resíduos.** Roteiro de Estudo.

Disponível em:

<[https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/roteiro\\_usina\\_comp\\_10\\_100.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/roteiro_usina_comp_10_100.pdf)

> Acesso em: 24 mai 2023.

CGIRS, VJ. Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, Vale do Jaguaribe.

**Resíduos sólidos: o que são, legislação a respeito e como destinar e tratar corretamente.** 2021. Disponível em:

<<https://cgirsvj.ce.gov.br/informa/124/acessoainformacao>> Acesso em: 27 ago 2022.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 1 de 23 de janeiro de 1986: Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.** Ministério do Meio Ambiente. Publicado no Diário Oficial da União em 17/02/1986.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 481, de 3 de outubro de 2017.** Ministério do Meio Ambiente. Publicado no Diário Oficial da União em 09/10/2017, Edição: 194, Seção: 1, Página: 93.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. **Tarifas de energia elétrica.** Classe: B3 – Comercial, Subclasse: Água, Esgoto e Saneamento Básico. 2023. Disponível em: <<https://www.copel.com/site/copel-distribuicao/tarifas-de-energia-eletrica/>> Acesso em: 26 mar 2023.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **Seção 1 ISSN 1677-7042, nº 134.** quarta-feira, 15 de julho de 2020.

DAZZI, J. G.; BRINGHENTI, J. R.; TEIXEIRA, R. A. **Compostagem: fatores que a influenciam e a importância do processo em pequena escala para gestão de resíduos orgânicos nos centros urbanos.** XX Engema – Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. Dezembro de 2018.

DICIONÁRIO INFORMAL. **Maravalha.** 2015. Disponível em:

<<https://www.dicionarioinformal.com.br/maravalha/>> Acesso em: 13 mai 2023.

ECOSAM, Consultoria em Saneamento Ambiental. **Relatório de Impacto Ambiental RIMA do centro de tratamento de resíduos do município de São João do Bonfim.** CTR da região do Patos, PB. Aterro Sanitário do município de São João do Bonfim (ASSJB). Dezembro de 2022.

EL-DEIR, S. G. **Resíduos sólidos: Perspectivas e desafios para a gestão integrada.** 1 ed. UFPE - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2014.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Resíduos orgânicos.** 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/hortalica-nao-e-so>

salada/secoes/residuos-organicos#:~:text=Os resíduos orgânicos são constituídos,%2C grama cortada%2C podas diversas.> Acesso em: 29 jul 2022.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Compostagem de resíduos orgânicos para uso na agricultura**. 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/agrobiologia/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/129/compostagem-de-residuos-organicos-para-uso-na-agricultura#:~:text=A%20compostagem%20%C3%A9%20uma%20tecnologia, reaproveitados%20na%20agricultura%20com%20seguran%C3%A7a>> Acesso em: 25 jul 2022.

ERGOMIX. Avicultura. **Reator de Compostagem In-Vessel**. 10/03/2014. Disponível em: <<https://pt.engormix.com/avicultura/foruns/reator-compostagem-vessel-t31900/>> Acesso em: 15 mai 2023.

ESQUEDA, M. D.; LEÃO, A. L.; REIS, M. F. de C. T. **Algumas considerações entre os resíduos sólidos urbanos e a educação ambiental**. II Encontro Pesquisa em Educação Ambiental: abordagens epistemológicas e metodológicas. UFSCar - 27 a 30 de julho de 2003 - São Carlos.

FADE/UFPE – Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco. **Análises das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil, EUA, Europa e Japão**. Pesquisa Científica, BNDES FEP nº 02/2010. Dezembro de 2013.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Orientações básicas para operação de usina de triagem e compostagem de lixo**. Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <[https://perdigao.mg.gov.br/imagens/li\\_arquivos/2/arquivos\\_4620181434130.pdf](https://perdigao.mg.gov.br/imagens/li_arquivos/2/arquivos_4620181434130.pdf)> Acesso em: 24 ago 2022.

FERNANDES. F.; SILVA. R. M. C. P. **Manual prático para a compostagem de bio-sólidos**. PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. UEL - Universidade Estadual Londrina. 1996.

FUNDAÇÃO VERDE. **Apenas 1% do lixo orgânico é reaproveitado no Brasil**. Cidade Sustentável. 2019. Disponível em: <<https://fundacaoverde.org.br/pages/cidadesustentavel/2019/02/20/apenas-1-do-lixo-organico-e-reaproveitado-no-brasil/>> Acesso em: 27 ago 2022.

GAZETA DO POVO. **A problemática da gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil: há solução?**. Giro sustentável. 08/08/2019. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/vozes/giro-sustentavel/a-problematica-da-gestao-de-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-ha-solucao/>> Acesso em: 27 ago 2022.

GLASSDOR. **Pesquisa salarial**. 2023. Disponível em: <<https://www.glassdoor.com.br/member/home/index.htm>> Acesso em: 26 mar 2023.

GONÇALVES, C. J. M.; MARTINEZ, I. B.; MAICHAK, P. G.; SANTOS, P. R. A.; TELES, S. P.; SILVA, C. **Resíduos sólidos urbanos: a percepção ambiental dos**

**moradores de Pontal do Paraná – PR.** Divers@ Revista Eletrônica Interdisciplinar, Matinhos, v. 14, n. 1, p. 92-99, jan./jun. 2021

GOUVEIA, N. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social.** Universidade de São Paulo. Junho de 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/csc/a/y5kTpqkqyY9Dq8VhGs7NWwG/?lang=pt>> Acesso em: 10 jul 2022.

IAT – Instituto Água e Terra. **Zoneamento Ecológico Econômico do Paraná – ZEE/PR, Fase Litoral.** 2010. Mapa prognóstico.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis. **Instrução Normativa 125, de 18 de outubro de 2006.** Publicado no Diário Oficial da União em 23/10/2006.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pontal do Paraná, panorama.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/pontal-do-parana/panorama>> Acesso em: 20 ago 2022.

IMPACTO ZERO, Consultoria e Planejamento Ambiental. **Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, Central De Tratamento de Resíduos - CTVR.** Teixeira Soares (PR), novembro de 2012.

JBLITORAL. **Aterros sanitários do litoral têm diferentes realidades, mas futuro pede mudança.** Novembro de 2021. Disponível em: <<https://jblitoral.com.br/aterros-sanitarios-do-litoral-possuem-diferentes-realidades-mas-futuro-pede-mudanca/>> Acesso em: 15 mai 2023.

JUNKES, M. B. **Procedimentos para aproveitamento de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte.** Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia e Produção de Sistemas, Programa de Pós graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/84247/PEPS2861-D.pdf?sequence=1>> Acesso em: 14 mai 2023.

KAZA, S. et al. **What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.** Washington, DC. Banco Mundial. 2018. Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>> Acesso em: 10 jul 2022.

KRIEGER, K. I. **Informações sobre compostagem.** Projeto Solo - Planta. UFPR - Universidade Federal do Paraná - Departamento de Solos e Engenharia Agrícola. 2005. Disponível em: <<http://www.soloplan.agrarias.ufpr.br/compostagem.htm>> Acesso em 25 fev 2023.

LIMA, R. F. **A compostagem de resíduos sólidos e de poda.** Revista Núcleo do Conhecimento – Engenharia ambiental. 18/01/2021. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/compostagem-de-residuos>> Acesso em: 02 mar 2023.

LOUZADA, F. L.; OLIVEIRA, R.; SANTOS, A. R.; SILVA, A. G. da; OLIVEIRA, O. M. de.; OLIVEIRA, G. G. de.; SOARES, V. P.; BATISTA, P. J. E. **Proposta de corredores ecológicos para interligação de parques estaduais utilizando geotecnologia.** Revista Geográfica Venezolana, vol. 53, núm. 2, julio-diciembre, 2012, p. 239-254. Espírito Santo (ES)-Brasil.

LUCHESE. M. V. P. **Análise da viabilidade locacional, técnica e econômica para implantação de usina de compostagem em Torres, RS.** Criciúma, 2020.

Disponível em:

<<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/9796/1/Maria%20Victoria%20Prestes%20Luchese.pdf>> Acesso em: 23 mai 2023.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 17 de 18 de junho de 2014.** Publicada no Diário Oficial da União em: 20/06/2014, Seção 1.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº61, de 8 de julho de 2020.** Publicado no Diário Oficial da União em: 15/07/2020, Edição 134, Seção: 1, Página: 5.

MATOS, F. O.; MOURA, Q. L.; CONDE, G. B.; MORALES, G. P.; BRASIL, E. C. **Impactos ambientais decorrentes do aterro sanitário da região metropolitana de Belém-PA: aplicação de ferramentas de melhoria ambiental.** Caminhos de Geografia Uberlândia v. 12, n. 39 set/2011 p. 297-305.

MELO, C. X. de; DUARTE, S. T. **Análise da compostagem como técnica sustentável no gerenciamento dos resíduos sólidos.** Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, Vol. 5, Nº 10, p. 691-710 - 31 ago. 2018. Disponível em:<<http://revista.ecogestaobrasil.net/v5n10/v05n10a21a.html>> Acesso em: 27 ago 2020.

MELLO, G. **Notas sobre o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil.** BNDES, Biblioteca Digital. Rio de Janeiro, n. 27, p. 101-120, mar. 2008.

MENOS1LIXO - A rede socioambiental do Brasil. **Projetos de compostagem urbana para inspirar.** 2018. Disponível em:

<<https://www.menos1lixo.com.br/posts/projetos-de-compostagem-urbana-para-inspirar>> Acesso em: 28 ago 2022.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Compostagem Doméstica, Comunitária e Institucional de Resíduos Orgânicos - Manual de Orientação.** Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Serviço Social do Comércio de Santa Catarina, Centro de Estudo e Promoção da Agricultura de Grupo. Brasília, DF, 2017.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos.** Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. Brasília, DF, outubro de 2010.

MPF – Ministério Público Federal. **A área de Influência na avaliação de impacto ambiental.** Meio ambiente, direitos humanos e energia. Disponível em: <<https://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/eventos/Seminarios/AkiraAAEEIAAreadeinfluencia.pdf>> Acesso em: 24 mar 2023.

MP/PR – Ministério Público do Estado do Paraná. **Unidades de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos: Apostila para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos.** Centro de Apoio Operacional às Promotorias de Meio Ambiente. Curitiba, 2012.

MÜLLER, L. N. P. S.; ARRUDA, J. B. F.; ALCÂNTARA, R. L. C.; DELIBERADOR, L. R. **Avaliação de alternativas de tratamento de resíduos sólidos urbanos: estimativas de critérios econômico, ambiental e social.** IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa (PR), 04 a 06 de dezembro de 2019.

NASCIMENTO, V. F.; SOBRAL, A. C.; ANDRADE, P. R.; OMETTO, J. P. H. B. **Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil.** Revista Ambiente e Água, V. 10, dezembro de 2015.

NASCIMENTO, J. S. **Biologia de Microrganismos.** Unidade 1: Introdução a microbiologia. Pg. 263-358. UFPB – Universidade Federal da Paraíba. 2023. Disponível em: <[http://portal.virtual.ufpb.br/biologia/novo\\_site/Biblioteca/Livro\\_4/6-Biologia\\_de\\_Microrganismos.pdf](http://portal.virtual.ufpb.br/biologia/novo_site/Biblioteca/Livro_4/6-Biologia_de_Microrganismos.pdf)> Acesso em: 25 fev 2023.

PARANÁ. Assembleia Legislativa do Estado do Paraná. **Lei nº 20607 DE 10/06/2021: Dispõe sobre o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Paraná e dá outras providências.** Publicado no Diário Oficial do Estado - PR em 10 jun 2021.

PARANÁ. **PERS/PR: Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná.** Relatório 9.5, Produto 9.5, Relatório contendo os estudos econômicos para resíduos sólidos, Subsídios ao planejamento estratégico de PERS/PR; Relatório Síntese; rp3 - Relatório contendo o resultado das visitas técnicas municipais. Contrato de repasse Nº 375.157-11/2011/MMA/CEF. Curitiba, maio de 2018.

PONTAL DO PARANÁ. **Lei nº 1473 de 05 de dezembro de 2014: institui a política municipal de resíduos Sólidos no Município de Pontal do Paraná, seus princípios objetivos e instrumentos, e estabelece diretrizes e normas de ordem pública e interesse social para o gerenciamento dos diferentes tipos de resíduos sólidos.** Diário Oficial, Câmara Municipal de Pontal do Paraná, 2014.

PONTAL DO PARANÁ. **Lei complementar nº 9 de 28 de outubro de 2014: Dispõe sobre o Zoneamento, o Uso e a Ocupação do Solo do Município de Pontal do Paraná, Estado do Paraná.** Diário Oficial, Câmara Municipal de Pontal do Paraná, 2014.

PONTAL DO PARANÁ. **Lei nº 407/02: institui a contribuição para o custeio do serviço público de iluminação pública e dá outras providências.** Câmara Municipal De Pontal Do Paraná, 2002.

PONTAL DO PARANÁ. **Decreto nº 10.662 de 07 de novembro de 2022: atualiza o valor em reais da unidade de valor de custeio do serviço de iluminação pública – UVC – para o exercício de 2023.** Gabinete do Prefeito, 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTAL DO PARANÁ, Governo Municipal. **Nossa Cidade/A cidade.** 2022. Disponível em: <<http://www.pontaldoparana.pr.gov.br/index.php?sessao=b054603368ncb0&id=1842#:~:text=Pontal%20do%20Paran%C3%A1%20tem%20sua,munic%C3%ADpio%20foi%20desmembrado%20de%20Paranagu%C3%A1>> Acesso em: 20 ago 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTAL DO PARANÁ, Governo Municipal. **Compostagem de materiais orgânicos é uma realidade em Pontal do PR.** Janeiro de 2023a. Disponível em: <<http://www.pontaldoparana.pr.gov.br//index.php?sessao=b054603368vfb0&id=1451962>> Acesso em: 14 mai 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTAL DO PARANÁ, Governo Municipal. **Compostagem na equoterapia, foi lá que tudo começou.** Janeiro de 2023b. Disponível em: <<http://www.pontaldoparana.pr.gov.br//index.php?sessao=b054603368vfb0&id=1451997>> Acesso em: 14 mai 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTAL DO PARANÁ, Governo Municipal. **Atenção para as informações sobre coleta de resíduos e seletiva em Pontal do Paraná.** 01 de fevereiro de 2023. Disponível em: <<http://www.pontaldoparana.pr.gov.br//index.php?sessao=b054603368vfb0&id=1452219>> Acesso em: 28 mai 2023.

PRS - Portal Resíduos Sólidos. **Compostagem De Resíduos Sólidos Orgânicos Urbano.** 2022. Disponível em: <<https://portalresiduossolidos.com/compostagem-de-residuos-solidos-organicos-urbanos/>> Acesso em: 27 ago 2022.

QUADRIFOGLIO. **Compostagem.** 2023. Disponível em: <<http://www.quadrifoglio.net.br/competencias/compostagem/>> Acesso em: 02 mar 2023.

RAYNÉ, A. C. O; RAYNÉ, Z. O. **Técnica de compostagem de matéria orgânica através de pilhas estáticas aeradas.** 1999. Disponível em: <<https://www.escavador.com/patentes/519605/tecnica-compostagem-materia-orgnica-atraves-pilhas-estaticas-aeradas-vid>> Acesso em: 25 fev 2023.

RECICLOTECA - Centro de informações sobre reciclagem e meio ambiente. **Orgânicos: definição, composto e como fazer a compostagem.** 2022. Disponível em: <[http://www.recicloteca.org.br/?post\\_type=material-reciclavel&p=75](http://www.recicloteca.org.br/?post_type=material-reciclavel&p=75)> Acesso em: 7 ago 2022.

RESOL - Resíduos Sólidos e Limpeza Urbana. **As Perguntas Mais Frequentes Sobre Compostagem Em Larga Escala.** 2022. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/textos/Compostagem.htm>> Acesso em: 27 ago 2022.

RODRIGUES, M. C. C. **Avaliação de Impacto Ambiental – Fazenda Nossa Senhora da Aparecida**. SOLO-ÇÃO, Soluções em Meio Ambiente e

Geomensuração. Ananás-TO. Disponível em:

<<https://central3.to.gov.br/arquivo/121934/#:~:text=Medida%20Mitigadora%3A%20Retirada%20da%20vegeta%C3%A7%C3%A3o,exig%C3%AAs%20legais%20de%20reposi%C3%A7%C3%A3o%20florestal.&text=A%C3%A7%C3%A3o%20Geradora%3A%20Supress%C3%A3o%20da%20vegeta%C3%A7%C3%A3o%20natural%3B%20altera%C3%A7%C3%A3o%20da%20paisagem>> Acesso em: 27 mai 2023.

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná. **Tabela de Tarifas de Saneamento Básico 2022**. Anexo I da Resolução 009/2022 da AGEPAR -

13/04/2022. Categoria: Comercial / Utilidade Pública / Poder Público. Curitiba, 2022.

SANTOS, R. et al. **Usinas de Compostagem de Lixo como alternativa viável à problemática dos lixões no meio urbano**. 2006. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/228453981\\_Usinas\\_de\\_Compostagem\\_de\\_Lixo\\_como\\_alternativa\\_viavel\\_a\\_problemativa\\_dos\\_lixoes\\_no\\_meio\\_urbano](https://www.researchgate.net/publication/228453981_Usinas_de_Compostagem_de_Lixo_como_alternativa_viavel_a_problemativa_dos_lixoes_no_meio_urbano)> Acesso em: 20 jul 2022.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **O que são resíduos (e o que fazer com eles)**. 2013

<<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-que-sao-residuos-e-o-que-fazer-com-eles,ca5a438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD#:~:text=Res%C3%ADduos%20s%C3%A3o%20as%20partes%20que,processos%20industriais%20ou%20por%20motores.>> Acesso em: 28 ago 2022.

SEDEST – Secretaria do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo. **Resíduos**

**Sólidos**. Paraná. Disponível em: <<https://www.sedest.pr.gov.br/Pagina/Residuos-Solidos>> Acesso em: 10 jul 2022.

SILVA, C. A. da.; ANDREOLI, C. V. **Compostagem como alternativa a disposição final dos resíduos sólidos gerados na Ceasa Curitiba/PR**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v.7, n.2, p. 027-040, abr./jun. 2010.

SILVA, C. A. da. **Gerenciamento de resíduos sólidos**. Curitiba: IFPR, 2013.

SILVA, C. A. da. et al. **Análise da geração de resíduos sólidos em Pontal do Paraná, Litoral Paranaense**. Engenharia Ambiental e Sanitária Interfaces do Conhecimento 3. Capítulo 1. Atena Editora. 2020a.

SILVA, C.; CORREA, A. D'O.; FIGUEIREDO, M. V. O. de. **Os Resíduos Sólidos no Município de Pontal do Paraná – PR, Brasil**. Novas edições acadêmicas. *International Book Market Service Ltd., member of OmniScripthum Publishing Group*, 2020b.

SILVA, C. A. da. Gestão ambiental e gerenciamento de resíduos sólidos. In: SILVA,

Cesar Aparecido da (org.). **Engenharia ambiental e sanitária**. Pontal do Paraná, 2022. v. 1. Ebook. Disponível em: <<http://www.cem.ufpr.br/portal/ambientalsanitaria/>> Acesso em: 27 mai 2023. p.139-156.

SILVA, C. A. da.; ALBERGUINI, E. M. Z. Ecologia aplicada à engenharia ambiental e sanitária. In: SILVA, Cesar Aparecido da (org.). **Engenharia ambiental e sanitária**. Pontal do Paraná, 2022. v. 1. Ebook. Disponível em: <<http://www.cem.ufpr.br/portal/ambientalsanitaria/>> Acesso em: 27 mai 2023. p.81-100

SILVA, M.; CAMARGO, S. C. **Estudo e projeto de uma usina de compostagem**. USF – Universidade São Francisco. 2022. Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/3305.pdf>> Acesso em: 11 jul 2022.

SINIR - Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão de Resíduos Sólidos. **Tipos de Resíduos**. 2022. Disponível em: <<https://sinir.gov.br/informacoes/tipos-de-residuos/>> Acesso em: 28 ago 2022.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico Temático: Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos. Ano de referência: 2020**. Brasília, dezembro de 2021a.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil. Ano de referência: 2021**. Brasília, dezembro de 2021b.

SOARES, A.; LOPES, C. **Cidades saudáveis: a busca de uma solução sustentável para tratamento de resíduos sólidos para qualidade de vida das populações urbana para cidade de até 6.000 habitantes**. Universidade São Francisco – USF, Engenharia Civil. 2023. Disponível em: <<https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/3083.pdf>> Acesso em: 12 mai 2023.

STRAPAÇÃO, S.; MARTINS, S. R.; SILVA, C. A da. **Análise da geração de resíduos sólidos domiciliares do município de Campo Magro – PR, Brasil**. Revista Extensão em Foco, nº 18, Out./ Dez. (2018), p. 89 – 102.

SZIGETHY, S.; ANTENOR, S. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos**. Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade. IPEA. 2020. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>> Acesso em: 16 jul 2022.

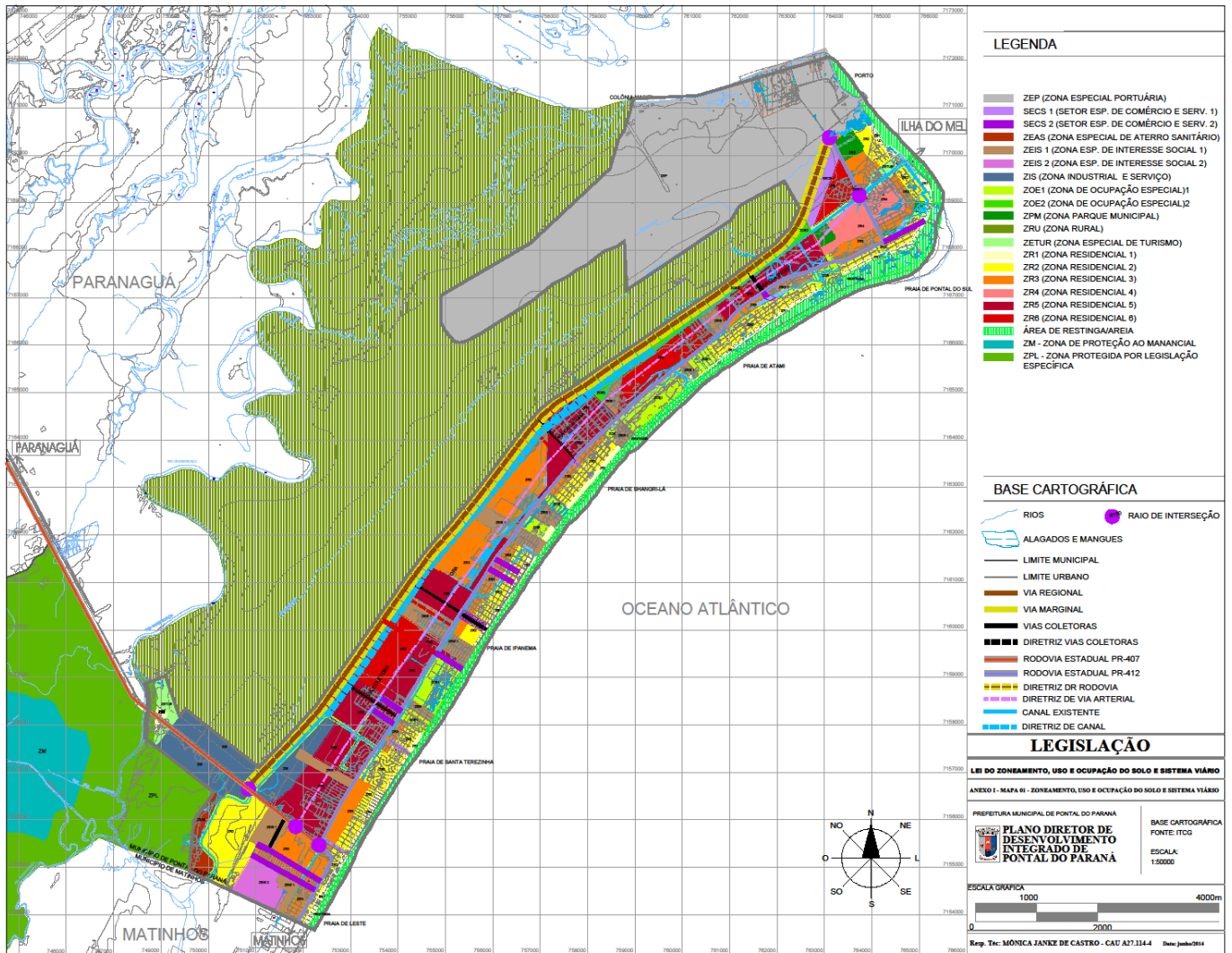
UNIVASF - Universidade Federal do Vale do São Francisco. **O que é compostagem e como fazê-la em casa**. 2018. Disponível em: <<https://portais.univasf.edu.br/sustentabilidade/noticias-sustentaveis/o-que-e-compostagem-e-como-faze-la-em-casa>> Acesso em 23 fev 2023.

UNIVASF - Universidade Federal do Vale do São Francisco. **Qual a diferença entre lixo orgânico e inorgânico?** 2020. Disponível em:  
<<https://portais.univasf.edu.br/sustentabilidade/noticias-sustentaveis/qual-a-diferenca-entre-lixo-organico-e-inorganico#:~:text=Fazem%20parte%20do%20lixo%20org%C3%A2nico,da%20natureza%20em%20pouco%20tempo.>> Acesso em: 28 ago 2022.

UNESP - Universidade Estadual Paulista. **Classificação dos Resíduos.** Módulo 11: disposição de Resíduos, Capítulo 2. 2022. Disponível em:  
<<http://www1.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res07.html>> Acesso em: 28 ago 2022.

TCU Sustentável - Tribunal de Contas da União. **O que é coleta seletiva?**, Adgedam (Secretaria-Geral Adjunta de Administração). União, nº 222, ano 32, dezembro de 2017.

## ANEXO 1 – ZONEAMENTO, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO



## ANEXO 2 – ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO

