

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS LONDRINA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

CATARINE STRONGREN PALMIERI

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE ADOÇÃO DE
SISTEMA DE COMPOSTAGEM EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2021

CATARINE STRONGREN PALMIERI

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE ADOÇÃO DE
SISTEMA DE COMPOSTAGEM EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus Londrina*.

Orientador: Prof. Marcos Jeronimo Goroski Rambalducci

Co-orientador: Luiz Felipe Wiese

LONDRINA

2021

CATARINE STRONGREN PALMIERI

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE ADOÇÃO DE SISTEMA DE
COMPOSTAGEM EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 26 de Agosto de 2021

Tatiane Cristina Dal Bosco
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Orlando de Carvalho Junior
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Orientador
Marcos Jeronimo Goroski Rambalducci
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida e por ter trilhado meu caminho tão perfeitamente e ter me dado tanta força para chegar até aqui.

Agradeço imensamente aos meus pais Fernando Luiz Palmieri e Neuza Strongren Palmieri por não medirem esforços pelo meu futuro. Nenhuma palavra pode descrever o quanto sou grata por receber tanto amor e apoio para alcançar meus sonhos. Vocês são minha fortaleza.

Agradeço aos amigos que fiz ao longo da graduação pelo companheirismo, por todas as conversas e momentos únicos que fizeram desse capítulo da minha vida, algo inesquecível. Em especial, aos meus amigos Beatriz Redondo Ribeiro, Giovana Dias Ramalho, Ramily M. A. O Meneses e Rodrigo Favaro. A vida com vocês por perto é cheia de amor. Obrigada por todo apoio e por entenderem todos os momentos em que estive ausente.

Ao meu orientador, Professor Marcos Jeronimo Goroski Rambalducci por toda confiança, conhecimento, ajuda e disponibilidade. Agradeço imensamente pelo privilégio de tê-lo como professor e orientador e por toda paciência e dedicação em me ensinar. O senhor acreditou no meu potencial e abraçou essa ideia comigo e eu não tenho palavras para agradecer. Minha formação pessoal e profissional tem uma parte muito especial sua.

Agradeço ao meu coorientador, Luiz Felipe Wiese pela oportunidade de trabalharmos juntos e poder aprender todos os dias algo novo com você. Agradeço por todo suporte, por não medir esforços para me ensinar sobre absolutamente tudo e me ajudar a construir meu caráter pessoal e profissional.

Agradeço a Professora Tatiane Cristina Dal Bosco por todo conhecimento compartilhado que possibilitou realizar esse trabalho e por toda disponibilidade para ajudar.

RESUMO

PALMIERI, Catarine Strongren. **Análise de viabilidade técnico-econômica de adoção de sistema de compostagem em condomínio residencial**. 2021. 61. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2021.

O desenvolvimento urbano e o consumo líquido característico do sistema econômico capitalista, ligado às diversas mudanças de hábitos e produção, marcam uma exploração esgotável de recursos naturais e promovem um dos maiores desafios da atualidade, a gestão de resíduos sólidos e sua disposição adequada. Com o intuito de reduzir a quantidade de resíduos sólidos que são dispostos em aterros sanitários e lixões e minimizar impactos ao meio ambiente, o desenvolvimento de práticas sustentáveis, como a compostagem, tomam espaço em diversos cenários. Como o investimento e o apoio ao setor de coleta de resíduos sólidos urbanos e limpeza pública permanece baixo, inviabilizando a adoção da compostagem municipal, a ampliação da prática em condomínios residenciais se mostra uma solução. Neste caso, realizou-se em um condomínio vertical localizado em Londrina, uma análise de viabilidade técnico-econômica de adoção de sistema de compostagem em condomínio residencial. A fim de avaliar a viabilidade econômica deste estudo de caso, foram utilizados os indicadores de Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, Payback e Custo-Benefício.

Palavras-Chave: Meio ambiente. Resíduos sólidos. Sustentabilidade. Valoração.

ABSTRACT

PALMIERI, Catarine Strongren. **Technical-economic feasibility analysis of composting system adoption in residential condominium.** 2021. 61.Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Bachelor degree in Environmental Engineering. Federal Technologic University of Paraná. Londrina,2021.

Urban development and the net consumption characteristic of the capitalist economic system, linked to the various changes in habits and production, mark an exhaustible exploitation of natural resources and promote one of the greatest challenges today, the management of solid waste and its adequate disposition. In order to reduce the amount of solid waste that is disposed of in landfills and dumps and minimize impacts on the environment, the development of sustainable practices, such as composting, take place in various scenarios. As investment and support to the sector of municipal solid waste collection and public cleaning remains low, making it impossible to take up municipal composting, the expansion of the practice in residential condominiums proves to be a solution. In this case, a technical-economic feasibility analysis of the adoption of a composting system in a residential condominium was carried out in a vertical condominium located in Londrina. In order to evaluate the economic viability of this case study, the indicators of Net Present Value, Internal Rate of Return, Payback and Cost-Benefit were used.

Keywords: Environment. Solid waste. sustainability. Valuation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Perfil idealizado da temperatura durante o processo da compostagem.....	22
Figura 2 – Leira de compostagem natural.....	26
Figura 3 – Leiras estáticas aeradas.....	27
Figura 4 – Sistema de caixas digestoras.....	28
Figura 5 – Composteira modular.....	29
Figura 6 – Espaço de armazenamento de resíduos sólidos do condomínio	35
Figura 7 – Espaço sugerido para a instalação do sistema de compostagem.....	36

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 – Variáveis do processo de compostagem	21
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativa da geração de resíduos sólidos orgânicos	37
Tabela 2 – Características dos resíduos orgânicos e serragem de madeira	37
Tabela 3 – Estimativa da quantidade de resíduos sólidos orgânicos e serragem.....	38
Tabela 4 – Dimensionamento do projeto de sistema de leiras	39
Tabela 5 – Custos fixos do sistema de leiras.....	39
Tabela 6 – Custos de operação do sistema de leiras	39
Tabela 7 – Receita mensal.....	40
Tabela 8 – Custos fixos composteiras modulares.....	40
Tabela 9 – Custos de operação das composteiras modulares.....	41
Tabela 10 – Receita mensal.....	41
Tabela 11 – Dados iniciais de análise para o sistema de leiras	42
Tabela 12– Dados iniciais de análise para o sistema de leiras	42
Tabela 13 – Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno do sistema de leiras.....	43
Tabela 14 – Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno do sistema de composteiras modulares	44
Tabela 15 – Payback descontado sistema de leiras	46
Tabela 16 – Payback descontado composteiras modulares	47
Tabela 17 – Análise de Custo-benefício sistema de leiras	48
Tabela 18 – Análise de Custo-benefício composteiras modulares	49
Tabela 19 – Comparativo entre as ferramentas de análise e os projetos	50
Tabela 20 – Análise do projeto considerando ambos os sistemas de compostagem	51

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACB – Análise de Custo Benefício

CMTU – Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização de Londrina

PB – Payback

PD – Payback Descontado

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

TIR - Taxa Interna de Retorno

VPL - Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA	12
1.2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICO	14
1.2.1 Objetivo geral	14
1.2.2 Objetivos específicos	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE VIABILIDADE ECONÔMICA	16
2.2. RESÍDUOS SÓLIDOS	17
2.3 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL AOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	18
2.4 ANÁLISE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL	18
2.5 COMPOSTAGEM COMO TRATAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO DOMICILIAR...	20
2.5.1 Variáveis do processo de compostagem	20
2.5.2 Classificação dos processos de compostagem	24
2.6 MÉTODOS DE COMPOSTAGEM	25
2.6.1 Compostagem natural	25
2.6.2 Leiras estáticas com aeração forçada	26
2.6.3 Compostagem em sistemas fechados	27
2.6.4 Sistemas fechados com unidades digestoras	27
2.6.5 Sistema fechado modular	28
2.7 VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS SUSTENTÁVEIS	29
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	31
3.2 COLETA DE DADOS	31
3.3 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 SISTEMA DE LEIRAS	38
4.2 COMPOSTEIRAS MODULARES	40
4.3.1 Valor Presente líquido e Taxa Interna de Retorno	42
4.3.2 Payback descontado	45
4.3.2 Análise de Custo-Benefício	48
4.4 ANÁLISE FINAL	50
5 CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS	55

1. INTRODUÇÃO

A sociedade do século XXI, culturalmente marcada por um consumo desenfreado, sofre profundas crises ambientais que assolam os diferentes níveis de existência e convívio em sociedade (BAUMAN, 2009). Essa estrutura de capitalismo de consumo é marcada pela exploração esgotável de recursos naturais que acarreta um dos maiores desafios recorrentes do cenário atual, a grande geração de resíduos sólidos urbanos e sua destinação inadequada que ocasionam em grandes problemas sociais, políticos, econômicos e de saúde pública (COSTA, DIZ e OLIVEIRA, 2018).

A gestão de resíduos sólidos é um desafio universal. A estimativa de resíduos gerados mundialmente é de 2,1 bilhões de toneladas por ano (KAZA et al., 2018). No ano de 2016, a região da América Latina e Caribenha registrou uma geração de 231 milhões de toneladas de resíduos, desse total, 52% eram compostos por resíduos orgânicos (KAZA et al., 2018). Dada a elevada taxa de urbanização dessa região, a geração de resíduos sólidos diária alcança a produção de 354 mil toneladas (UN ENVIRONMENT, 2017).

Segundo ABRELPE (2020), foram gerados no Brasil 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos no ano de 2019, sendo deste total, 72,7 milhões de toneladas coletadas e apenas 59,5% dos resíduos sólidos coletados tiveram disposição adequada em aterros sanitários e o restante, 40,5%, foi disposto em locais inadequados como lixões ou aterros controlados. Especificamente a região Sul do Brasil, em 2018, gerou diariamente 22.586 toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU), equivalente ao montante per capita de $0,759 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ (ABRELPE, 2019), enquanto a média do país foi de $1,039 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$.

Em 2010, a Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), dispondo diretrizes, instrumentos, princípios e objetivos para o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010). Contudo, a Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, que atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, também aborda as prioridades de gestão de resíduos, sendo elas: coleta, transbordo, transporte, triagem para fins de reutilização ou reciclagem, tratamento, inclusive por compostagem, e destinação final de resíduos (BRASIL, 2020).

Posto isto, a compostagem é caracterizada como um tratamento ambientalmente adequado de resíduos orgânicos, que visa a redução do volume de materiais enviados a lixões e aterros sanitários e a obtenção do composto orgânico.

No entanto, diversas são as dificuldades para a implantação de um sistema de compostagem, entre elas a carência de repasse orçamentário e da falta de um sistema de coleta seletiva eficiente que preveja a coleta das 3 frações de resíduos sólidos domiciliares (MASSUKADO, 2008).

O custo médio mensal aplicado por habitante para coleta de RSU e outros serviços de limpeza registrou um valor de R\$ 10,00.hab⁻¹.mês⁻¹, movimentando cerca de R\$ 25 Bilhões de reais no período de 1 ano (ABRELPE, 2020). Dada a atual situação do país quanto ao tratamento dos resíduos sólidos, o custo para serviços de coleta e limpeza pública ainda é insuficiente, o que inviabiliza melhorias no sistema.

De acordo com Londrina (2015), Plano Municipal de Saneamento Básico do Município, o último censo contabilizou 513.000 habitantes. Salsa et al. (2017) ao realizar uma caracterização de resíduos para um condomínio vertical na zona central de Londrina – PR, verificou uma geração per capita de 0,757 kg.hab⁻¹.dia⁻¹. A coleta realizada pela Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização de Londrina (CMTU) é em média de 450 toneladas de resíduo domiciliar por dia. (LONDRINA, 2015).

Para tanto, a fim de reduzir impactos ambientais e possibilitar o avanço da adoção de práticas sustentáveis, esta investigação procura responder ao seguinte questionamento: há viabilidade técnica e econômica na prática de compostagem possíveis de adoção em condomínios residenciais?

1. 1 JUSTIFICATIVA

Segundo Zanetti (2003), o desafio dos resíduos sólidos ultrapassa o poder do estado em resolvê-lo separadamente, tornando importante intervenções do mercado e sociedade para um verdadeiro impacto social. Com o objetivo de desviar a maior quantidade possível de resíduos a serem aterrados, visto a grande dificuldade de se encontrar locais ambientalmente adequados e economicamente viáveis para a disposição final desses resíduos sólidos, a adoção de estratégias que prolonguem a vida dos aterros sanitários e possibilitem a substituição por práticas sustentáveis necessitam cada vez mais serem exploradas (MASSUKADO 2008).

A geração de resíduos sólidos está associada em sua grande maioria, ao grau de desenvolvimento de uma região, onde se pode notar que, quanto mais evoluído for o local, maior será o volume e o peso dos resíduos produzidos (OLIVEIRA, 2003). Segundo Mavropoulos (2011), o problema de gestão dos resíduos sólidos em grande parte dos países em desenvolvimento e nas suas regiões metropolitanas, consiste na sua disposição final. No melhor cenário estes resíduos são coletados e dispostos em áreas fora das cidades ou, no pior cenário, parcialmente coletados e depositados em locais fora de vista.

Em decorrência disso, esses grandes volumes de RSU que não recebem tratamento adequado, acarretam diversos problemas sanitários, dentre eles poluição atmosférica dada a emissão de gás metano pela decomposição de orgânicos, contaminação de lençóis freáticos e poluição dos solos em decorrência da lixiviação de produtos tóxicos, além de ser um grande foco de vetores de doenças. Esses locais acabam se tornando ambientes de trabalho informal para milhares de famílias, que arcam com o perigo e insalubridade dessa situação (MASSUKADO, 2008).

Quando se aborda a realidade dos resíduos sólidos no Brasil, pode-se notar uma quantidade expressiva de resíduos orgânicos. A porção orgânica de RSU segundo SOUZA (2018) é o material passível de sofrer compostagem e segundo dados da ABRELPE (2020), 45,3% dos resíduos gerados no Brasil são resíduos orgânicos, enquanto a porção de recicláveis somam 35% e outros resíduos, como é o caso do rejeito, 14,1%. A separação dos resíduos em três frações valoriza os resíduos orgânicos, favorece o processo de compostagem, garante um adubo de qualidade, diminui a contaminação dos resíduos recicláveis e permite o aumento do seu valor de mercado (BRASIL, 2017).

Ressalta-se que a geração de resíduos tende a sofrer variações de acordo com os dias da semana e mês, condições climáticas, datas comemorativas, desempenho da economia do país e o poder de compra da população (Braga *et al.*, 2008). Além disso, ao se tratar de conjuntos habitacionais, a tendência de valores elevados de geração de resíduos aumenta e com isso, os problemas referentes a armazenamento e gestão adequada tendem a ocorrer. De acordo com Massukado (2008), a compostagem como alternativa de tratamento de resíduos orgânicos pode diminuir em mais de 60% o seu volume, onde como resultado final, se obtém um

composto estável e rico em nutrientes que agrega valor ao produto e pode ser empregado na regulação natural do solo.

A escolha do condomínio para o desenvolvimento do presente trabalho está diretamente relacionada a essas questões. Existe uma preocupação ambiental por parte dos moradores em relação a geração de resíduos, além da compostagem ser um atrativo educacional para as crianças e possibilitar a realização futura de uma horta comunitária do condomínio.

A principal justificativa de realizar estudos sobre a prática da compostagem e que envolvam sua viabilidade técnico-econômica como Massukado (2008) cita, é que não se tem conhecimento sobre número preciso de experiências com a compostagem, especialmente pela carência de estudos e projetos técnicos fundamentalmente nesta área e a ausência de banco de dados nacional que englobe esses projetos.

1.2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICO

Os objetivos definem o que a pesquisadora quer atingir com o desenvolvimento do seu trabalho de pesquisa. Desta forma, uma vez que o problema do projeto de pesquisa é definido, já se sabe o objetivo da mesma, o qual se relaciona diretamente com o conteúdo intrínseco, fenômenos, eventos e todas as ideias estudadas (PRODANOV E FREITAS, 2013). De acordo com a informação disposta, os objetivos foram definidos da seguinte forma:

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral da presente pesquisa foi: Analisar a viabilidade técnico-econômica na adoção de práticas de compostagem em condomínio residencial na cidade de Londrina.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos determinados são:

- Observar espaços adequados para instalação de sistemas de compostagem;
- Propor a técnica de compostagem como alternativa viável para redução do volume total de resíduos sólidos gerados em condomínios residenciais;

- Analisar os fatores interferentes na viabilização técnico-econômica para aplicação da compostagem in loco.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo aborda sobre a teoria da viabilidade econômica de um projeto sustentável e as diferentes formas de avaliar sua viabilidade econômica. Além disto, trata das definições sobre resíduos sólidos, as leis aplicáveis ao tema, a compostagem como forma de tratamento de resíduos sólidos, suas principais condições de funcionamento e os diferentes sistemas de compostagem existentes.

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE VIABILIDADE ECONÔMICA

Com os elevados índices de produção de mercado, surge a necessidade de projetos que estimulem a inovação guiados pela sustentabilidade, dando espaço a uma economia que preza por serviços coerentes com os limites de exploração de recursos naturais. A análise de viabilidade de um projeto, para além do lado econômico, deve investigar os benefícios sociais e ambientais que ele pode proporcionar.

A análise de viabilidade econômica busca estimar todos os custos referentes a investimentos iniciais, operação e manutenção, durante um determinado período para definir quais serão os indicadores econômicos conquistados com esse projeto (LINDEMEYER, 2008).

Segundo Martland (2013), são três os requisitos para análise de um projeto de infraestrutura sustentável, sendo eles o financiamento suficiente para construção, operação e manutenção, os impactos socioeconômicos aceitáveis e os impactos ambientais aceitáveis. Além disto, o mesmo autor cita que, para a análise de um projeto, além da avaliação econômica, faz-se necessário realizar uma análise financeira, social e principalmente ambiental.

Destaca-se a importância da economia do meio ambiente na avaliação de projetos sustentáveis, dado que os princípios da economia são aplicados na gestão dos recursos naturais a fim de descrever tanto o estado e as mudanças que acontecem no meio ambiente, quanto entender as condições existentes e promover melhorias na qualidade ambiental (FIELD et al., 2014).

Sendo assim, para a análise de viabilidade econômica de um projeto, podem-se admitir algumas ferramentas de análise, tais como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback Time (SOUZA, 2008). Essas ferramentas

de análise econômica juntamente com critérios ambientais considerados em cada projeto sustentável, permitem a realização de uma investigação quanto a viabilidade do investimento.

2.2. RESÍDUOS SÓLIDOS

De acordo com a NBR 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2004), resíduos sólidos são:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

A classificação também pode ser feita de acordo com a origem dos resíduos sólidos, conforme previsto na Lei 12.305/10, sendo eles: domiciliares; de limpeza urbana; urbanos; de estabelecimento comerciais e prestadores de serviços; de serviços públicos de saneamento básico; industriais; de serviços de saúde; da construção civil; agrossilvopastoris; de serviços de transportes; e de mineração (BRASIL, 2010).

De acordo com Taiatele Junior (2014), os resíduos sólidos domésticos podem ser classificados de acordo com suas características em comum e as suas possíveis formas de tratamento. Os principais grupos são resíduos orgânicos, os recicláveis e os rejeitos. Ainda existem resíduos definidos pela PNRS como passíveis de ações de logística reversa que são encontrados nos resíduos domiciliares e devem ter uma destinação específica, como óleos, lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias e eletroeletrônicos.

Souza (2018) classifica os resíduos orgânicos como passíveis de serem compostados. Nesses resíduos estão inclusos restos de comidas, frutas, verduras, legumes, aparas de madeiras, folhas e galhos (BRASIL, 2017). No caso dos resíduos recicláveis, estes são definidos como os resíduos que podem ser reutilizados na cadeia produtiva e nessa categoria se enquadram plásticos, papel, papelão, vidro, metal, alumínio e aço (BRASIL, 2017). Por fim, os rejeitos são resíduos que não

apresentam possibilidades de tratamento e recuperação e devem ser encaminhados à destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

2.3 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL AOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Ao abordar resíduos sólidos, duas leis são fundamentais para a elaboração de diretrizes para a gestão da geração e destinação desses resíduos em sociedade. Primeiramente a Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, que atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 a qual estabelece as diretrizes nacionais a serem adotadas pelos órgãos públicos onde são definidos aspectos como coleta, transporte, transbordo, formas de tratamento e disposição final, bem como abordagens no aspecto socioeconômico de limpeza urbana que viabilizam a cobrança de taxas e tarifas para prestação do serviço (BRASIL, 2020).

A segunda é a Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010, intitulada Política Nacional de Resíduos Sólidos. Ela propõe ações necessárias para o avanço do enfrentamento ao manejo inadequado dos resíduos sólidos. Seus princípios estão embasados em hábitos de consumo sustentável, responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, reconhecimento do resíduo sólido como gerador de trabalho, renda e promotor de cidadania e trabalho em conjunto de todas as esferas do poder público e da sociedade para garantir qualidade de vida, saúde pública e redução de impactos ambientais.

Quanto aos objetivos da PNRS, a lei define estratégias que agregam valor aos resíduos e aumenta a capacidade de competir no mercado produtivo, o que garante inclusão social, bem como alinha o trabalho do estado e dos municípios para gestão adequada dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Para o município de Londrina, foi instituído o Decreto municipal Nº 1001 de 15 de agosto de 2019. Através deste, todos os geradores devem seguir a hierarquia de gestão definida pela PNRS, sendo ela: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010), como meta de gerenciamento sustentável de resíduos.

2.4 ANÁLISE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL

Resíduos sólidos estão sujeitos a um vasto campo de classificações e sua geração está ligada a aspectos socioeconômicos, demográficos e culturais. Em

termos de quantidade de geração de resíduos sólidos, outros aspectos são encadeados além da riqueza econômica de se consumir como, hábitos e estilo de vida, valores, entusiasmo para consumir e oferta de mercado (GODECKE et al., 2013). Com o crescimento acelerado das cidades e aumento considerável da população, o consumo de alimentos ultra processados e produtos descartáveis contribuem para maior geração de resíduos sólidos (LIMA, 2012).

Segundo a pesquisa da ABRELPE (2020), a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil em 2019, registrou um total 79 milhões de toneladas, ultrapassando a marca de 216 toneladas diárias, ou 379,2 kg/hab/ano. Desse montante, 59,5%, equivalente a 43,3 milhões de toneladas dos resíduos sólidos urbanos coletados, receberam disposição adequada em aterros sanitários, enquanto 40,5%, correspondente a 29,5 milhões de toneladas de RSU, foram despejados em locais inapropriados. De acordo com a pesquisa, houve um aumento de 0,82% na geração diária de resíduos, passando de 214.868 toneladas/dia para 216.629 toneladas/dias e 0,39% de aumento na geração per capita, de 1,035 kg/hab/dia para 1,039 kg/hab/dia, ambos comparado ao ano anterior (ABRELPE, 2019).

A gestão dos resíduos é um desafio que afeta o Brasil visto as diferentes formas de disposição final inadequadas que eles recebem. Apesar da PNRS elaborar e unificar um trabalho que empregue tratamento e destinação adequada para os resíduos sólidos, a realidade do Brasil se mostra contrária. De acordo com o último Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos realizado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) em 2019, dos 3.712 municípios brasileiros diagnosticados, estiveram em operação 1.114 lixões, 580 aterros controlados, 621 aterros sanitários e apenas 73 unidades de compostagem (BRASIL, 2019).

Apesar do aterro sanitário ser considerado uma forma ambientalmente adequada de disposição final de resíduos sólidos classe II, sabe-se que o processo para sua instalação acarreta diversos impactos ambientais e se não monitorado, o mesmo pode gerar diversas complicações futuras relacionadas a contaminações de solos, água e ar (LIMA, 2017).

No caso de lixões e aterros sanitários controlados, os resíduos são depositados indiscriminadamente nesses espaços, sem nenhuma forma de tratamento prévio ou cuidado (ABRELPE, 2015). Como ambos não contam com as medidas necessárias para proteção do meio ambiente a danos e degradações, podem

ser encontrados todos os tipos de resíduos, desde inertes a resíduos químicos, radioativos e de saúde (LIMA, 2017).

2.5 COMPOSTAGEM COMO TRATAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO DOMICILIAR

A grande dificuldade atual no gerenciamento de resíduos sólidos é reduzir em quantidade significativa a porcentagem de resíduos que são dispostos nos aterros sanitários através da reciclagem da porção orgânica. Essa ação reduziria tanto os custos operacionais dos aterros, quanto aumentaria sua vida útil e acarretaria diversos ganhos ambientais (INÁCIO e MILLER, 2014).

Sabe-se que o processo de compostagem ainda é pouco utilizado em escala municipal e em conjuntos habitacionais. Contudo, verificou-se nos últimos anos o potencial da compostagem como prática de gerenciamento e tratamento da fração orgânica dos resíduos e redução da porção destinada aos aterros sanitários (MASSUKADO, 2008).

2.5.1 Variáveis do processo de compostagem

De acordo com Kiehl (2004), a compostagem é definida como um processo controlado de produção de fertilizante orgânico preparado através de restos de alimentos e desenvolvida com a finalidade de se obter mais rapidamente e em melhores condições a estabilização da matéria orgânica e, por ser um processo controlado, algumas características devem ser observadas. Para um processo eficiente, REIS (2005) aponta que se deve monitorar a umidade, a temperatura, a acidez (pH), o tamanho das partículas, a aeração e a relação carbono:nitrogênio durante o processo de compostagem. O Quadro 1 apresenta as variáveis e suas condições adequadas para monitoramento.

Quadro 1 – Variáveis do processo de compostagem

Variáveis	Condições
Umidade	Em geral 40-60%
Temperatura	Faixa ótima de 50°C a 65 °C
pH	Faixa ideal entre 6,0 e 8,0
Tamanho da partícula	Entre 10 mm e 50 mm
Aeração	Em média 2 vezes na semana
Relação C/N	Entre 20/1 e 35/1

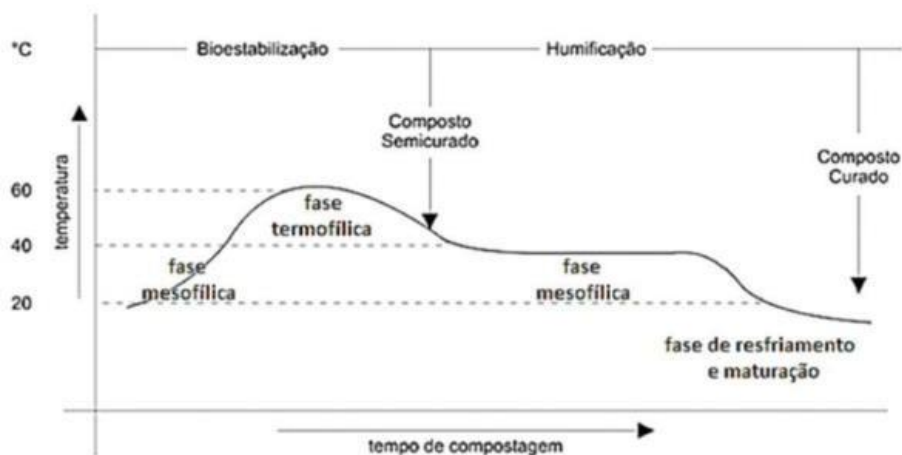
Fonte – Adaptado de Dal Bosco (2017), Kiehl, (2004), Pereira Neto (2014), Reis (2005) e Russo (2003)

A umidade é um dos fatores que afeta a atividade microbiológica e é importantíssimo que se mantenha um controle para evitar a anaerobiose, a qual ocorre quando o excesso de água (acima de 80%) ocupa os espaços (porosidade) do material (PEREIRA NETO, 2014).

Quando ocorre a anaerobiose, odores desagradáveis podem ser gerados, vetores serão atraídos e como consequência há um aumento na produção de líquidos lixiviados, o que torna o local prejudicial do ponto de vista sanitário e ambiental (PEREIRA NETO, 2014). A mesma atenção deve ocorrer caso a umidade apresente uma baixa relação (40%), visto que será uma decomposição aeróbica lenta, predominantemente realizada por fungos (KIEHL, 2004). Segundo Reis (2005), o teor de umidade ideal para atingir o equilíbrio água-ar é de 55%.

Em relação a temperatura, ela é uma das condições mais importantes de ser monitorada, pois é nessa característica que se baseia o saneamento do processo e para garantir a qualidade, ela deve se manter elevada por vários dias, buscando inativar e eliminar potenciais patógenos (PEREIRA NETO, 2014). Inácio e Miller (2014), apontam a importância de considerar a temperatura tanto como consequência quanto determinante de atividade microbiana devido seu fator seletivo sobre os microorganismos e ao fato de afetar diretamente o fluxo de ar e perda de umidade.

Figura 1– Perfil idealizado da temperatura durante o processo da compostagem



Fonte: Adaptado de Kiehl (1985)

Durante o processo, a temperatura passa por variações. A primeira fase, conhecida como mesofílica (de aquecimento) fornece condições necessárias para o início do processo, tendo predominância de temperaturas entre 30 e 45 °C, com duração de poucos dias. A elevação gradativa da temperatura ocorre uma vez que as condições iniciais do sistema proporcionam o aumento das colônias de microrganismos mesofílicos, os quais utilizaram os componentes solúveis e de rápida degradação da matéria orgânica (DAL BOSCO, 2017).

A fase seguinte é chamada de Termofílica. Considerada como um período de degradação ativa, é neste momento em que ocorre a maior taxa de decomposição dos compostos orgânicos e é a fase em que o material atinge a temperatura máxima no processo, sendo esta geralmente superior a 55 °C (PEREIRA NETO, 2007).

Após a maior parte da matéria orgânica ser degradada e a temperatura voltar para valores mais baixos, a quantidade e a atividade de microrganismos termofílicos irá reduzir, dando espaço novamente para organismos mesofílicos (ANDREOLI et al., 2001). Nesta fase ocorre tanto a degradação da matéria orgânica restante, quanto se inicia o processo de humificação e de maturação do composto (DAL BOSCO, 2017).

Por último, temos a fase conhecida como maturação, onde ocorrem as últimas degradações da matéria orgânica, com a temperatura mais próxima à temperatura ambiente, baixa concentração de oxigênio necessário e atividade microbiana reduzida. Nesta fase, o composto orgânico já possui propriedades físico-químicas e biológicas interessantes para utilização como fertilizante do solo (KIEHL, 2004; MASSUKADO, 2008).

Quanto ao pH, o processo de compostagem aeróbia provoca naturalmente a variação do pH entre ácido e alcalino conforme alcança a fase de maturação, chegando a valores de pH entre 8 e 8,5 (REIS, 2005).

De acordo com Pereira Neto (2014), a compostagem pode ser desenvolvida numa faixa bem ampla de pH, ou seja, entre 4,5 e 9,5, com uma faixa ideal entre 6,5 e 8,0, onde os valores extremos são automaticamente regulados pelos microrganismos através da degradação dos compostos que produzirão ácidos ou bases como subprodutos. O mesmo autor cita que o pH do produto final deverá ser sempre superior a 7 e 8 e para compostagem da fração orgânica do resíduo urbano, geralmente superior a 8,5.

Para o tamanho das partículas, de acordo com Russo (2003), o tamanho tem influência na oxigenação da massa em compostagem, tendo em vista que, partículas inferiores a 2 mm, dificultam o arejamento, enquanto acima de 16 mm o arejamento natural ocorre mais facilmente, sem revolvimentos constantes.

Pereira Neto (2014) aponta que, antes da montagem dos processos de compostagem, os resíduos devem ser submetidos a uma correção de tamanho entre 10 e 50 mm, favorecendo fatores como homogeneização de massa, melhoria da porosidade, menor compactação, maior capacidade de aeração, aumento da área superficial para degradação e, menor tempo de compostagem.

A aeração da massa do material em compostagem é importante para o metabolismo e tipo de microrganismos envolvidos no processo, podendo ser feita de forma manual ou mecanizada. Quando a concentração de oxigênio diminui, os microrganismos aeróbios começam a desaparecer devido às condições desfavoráveis e aparecem novas colonizações de microrganismos anaeróbios, os quais realizam respiração anaeróbia e fermentação, processos que não caracterizam a compostagem (RUSSO, 2003).

Ressalta-se que no processo de compostagem é difícil eliminar completamente cheiros desagradáveis, mas com a presença dos microrganismos anaeróbicos, esses gases fétidos tendem a aumentar. De acordo com Pereira Neto (2014) a finalidade desse processo é suprir a demanda de oxigênio requerida para degradação, atuar como agente de controle de temperatura e controlar a umidade do sistema. O mesmo autor aponta que, a aeração é feita conforme as características da

matéria orgânica e o ciclo de reviramento deve ocorrer em média duas vezes por semana para os resíduos orgânicos urbanos.

Por fim, conforme a própria definição de compostagem como processo biológico, os elementos Carbono (C) e Nitrogênio (N) são indispensáveis, sendo que constituem elementos presentes nas células microbianas constituintes no processo, em que C representa em média 50% e N de 2 a 8% da composição dos materiais compostáveis (RUSSO, 2003).

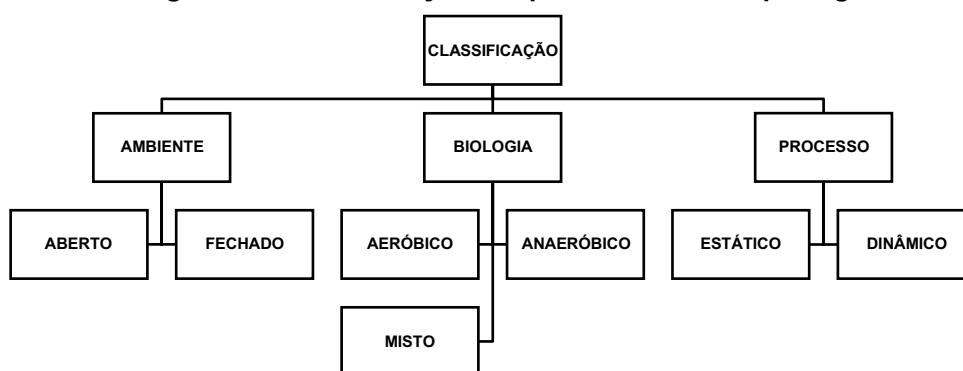
De acordo com Formentini (2008) a matéria orgânica com relação C/N acima de 30/1 tem um processo de fermentação mais lenta e durante esse processo, a matéria orgânica com relação C/N entre 20/1 e 30/1 possibilita um equilíbrio entre a liberação de N no processo e a captura pelos microorganismos presentes.

Para Kiehl (2004) a relação ótima para iniciar o processo de compostagem é entre 25/1 e 35/1. De acordo com Reis (2005) a relação C/N (peso em peso) ideal para a compostagem é frequentemente considerada como 30/1. A média ponderada da relação C/N deve ser feita para atingir um intervalo de 30/1 a 40/1 (RUSSO, 2003) e para alcançar esse ponto ideal, são misturados no processo materiais secos e úmidos.

2.5.2 CLASSIFICAÇÃO DOS PROCESSOS DE COMPOSTAGEM

Pode se classificar os métodos de compostagem de forma geral, de acordo com seu ambiente de aplicação, biologia e processo de operação (INÁCIO E MILLER, 2014). De acordo com Fernandes (1999) são três grandes aspectos para classificação: disponibilidade de oxigênio (aeróbios e anaeróbios), temperatura (mesofílicos e termofílicos) e tecnologia adotada (abertos ou sistemas fechados). O Fluxograma 1 apresenta as classificações do processo de compostagem.

Fluxograma 1 – Classificação dos processos de compostagem



Fonte – Adaptado de Inácio e Miller (2014) e Fernandes (1999)

De acordo com Kiehl (2004) a compostagem pode ser classificada através do sistema aberto, como pátios de compostagem, ou sistema fechado, sendo locais ou equipamentos fechados como digestores e sistemas enclausurados, de tal forma que, eles permitam o revolvimento mecânico do composto e/ou aeração dele.

A composição microbiana do processo depende da disponibilidade de nutrientes, tipo de material, temperatura, pH e disponibilidade de oxigênio (KUMAR, et al., 2019). Quanto a disponibilidade de oxigênio, o processo poderá ser por processo anaeróbico, onde as reações realizadas por microrganismos são em ambientes isentos de oxigênio, como é o caso da biodigestão; processo aeróbico, o qual os microrganismos necessitam do oxigênio para o desenvolvimento das reações; e processo misto, quando em sintonia, o sistema trabalha com ambos os processos citados acima.

No que se refere ao processo, a classificação da compostagem poderá ser estática, sendo um processo natural, onde as leiras são dispostas em pátios de compostagem; ou dinâmico, processo acelerado, onde são oferecidas condições excepcionais aeração forçada e revolvimento mecânico.

2.6 MÉTODOS DE COMPOSTAGEM

Para o início de qualquer processo de compostagem, é necessária a preparação do material orgânico, retirando qualquer componente reciclável ou rejeitos da massa a ser compostada. Tendo isso sido realizado, os processos de compostagem podem ocorrer sem maiores transtornos à qualidade final e ao andamento do processo.

2.6.1 Compostagem natural

No método de compostagem natural, os resíduos orgânicos são triturados e dispostos no pátio de compostagem, onde chegará ao estado de maturação da matéria orgânica (KIEHL, 2004).

No pátio de compostagem, são formadas leiras ou pilhas que permitam a manutenção do controle das características do processo. Segundo Kiehl (1985) recomenda-se que as leiras tenham entre 2,5 e 3,5 metros de largura e 1,5 a 1,8

metros de altura. O complexo de resíduos deve ser diversificado a fim de se obter a relação Carbono e Nitrogênio entre 25:1 e 30:1.

Quanto ao revolvimento do material para entrada de oxigênio, o ideal é que o mesmo ocorra a cada três dias, fator esse que influencia diretamente na temperatura da leira e/ou pilha, obtendo valores de até 70°C consecutivamente até o 70º dia, onde o composto atinge sua fase de maturação e a temperatura estabiliza de acordo com a temperatura ambiente (PEREIRA NETO, 1996). A Figura 2 ilustra o processo de leira de compostagem natural.

Figura 2 – Leira de compostagem natural



Fonte – Brasil (2017)

2.6.2 Leiras estáticas com aeração forçada

Diferente do método de compostagem natural, a leira estática não sofre processo de revolvimento. O material ideal para este método possui característica de ser homogêneo, com granulométrica suficiente para garantia a permeabilidade do ar insuflado sob baixa pressão, não sendo um método indicado para todo tipo de resíduo (REIS, 2005).

No processo de compostagem em leira estática três são os modos para realizar a aeração: modo positivo ou com injeção de ar, modo negativo ou com sucção de ar, modo híbrido, que é a combinação dos dois modos anteriores (NÓBREGA, 1991). Em métodos estáticos é necessária a coleta de lixiviados. Como forma de filtração do lixiviado e para facilitar a passagem de ar que será insuflado ou aspirado através das perfurações da tubulação, dispõe-se de uma camada de madeira triturada (15 a 20 cm de espessura) sobre a tubulação (REIS, 2005).

O sistema de aeração forçada permite a formação de leiras maiores e ocupam um espaço mais compacto, visto que não precisam de uma área livre para o

revolvimento (Fernandes e Silva, 1999). A Figura 3 ilustra o sistema de leiras estáticas aeradas.

Figura 3 – Leiras estáticas aeradas



Fonte – Kiehl (2004)

2.6.3. Compostagem em sistemas fechados

Este método consiste no confinamento de resíduos em estruturas fechadas como container, cilindros de material metálico ou em concreto de alvenaria, permitindo que os reatores sejam de fluxo vertical, fluxo horizontal ou reatores de batelada. Por ser uma estrutura fechada, o processo depende totalmente de aeração forçada e revolvimento de massa mecânica do composto (INÁCIO e MILLER, 2014).

O método de sistema fechado permite que o processo da compostagem sofra menores interferências de temperatura, mantendo assim um equilíbrio eficiente para eliminação de patógenos, além de possibilitar melhor controle de odores com a aeração controlada (REIS, 2005).

Conforme as características do resíduo e do equipamento utilizado, o tempo de detenção no reator pode variar entre uma e quatro semanas, sendo que, a maturação do material pode ser atingida em 60 dias. Por reduzir a fase termofila do resíduo, o método é abordado também por muitos autores como compostagem acelerada (INÁCIO e MILLER, 2014).

2.6.4 Sistemas fechados com unidades digestoras

O modelo de sistema fechado de compostagem com unidades digestoras é um método indicado para tratamento de resíduos sólidos urbanos, com grande adesão

em residências e apartamentos visto seu fácil manuseio e o pouco espaço que ocupa, mas também indicado para condomínios verticais, estabelecimentos e diversos empreendimentos.

A estrutura do sistema consiste em uma tampa com três ou mais caixas empilhadas. As caixas superiores funcionam como digestoras, uma vez que em seu interior são depositados os resíduos que serão compostos. No fundo das caixas digestoras existem perfurações que permitem que o líquido percole verticalmente pelas digestoras até uma unidade de armazenamento na base da composteira.

Nesse sistema é comum a utilização da técnica de vermicompostagem, onde as minhocas são introduzidas ao sistema para acelerar o processo de transformação biológica do resíduo orgânico. A figura 4 representa o sistema de caixas digestoras.

Figura 4 – Sistema de caixas digestoras



Fonte – Brasil (2017)

2.6.5 Sistema fechado modular

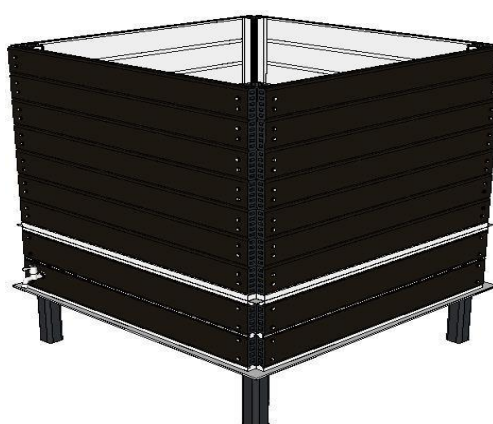
O processo de compostagem modular é também um método indicado para destinação de resíduos sólidos urbanos, com manuseio acessível, que permite a sua instalação tanto em empreendimentos, residências e condomínios verticais, podendo se adequar ao espaço disponível a instalação do sistema, uma vez que o volume da estrutura se adequa ao local.

Sua estrutura é composta por uma única caixa com volume variável, onde a parte inferior interna é separada geralmente por tela de aço que permite o escoamento do chorume produzido ao longo do processo. O revolvimento do material a ser tratado no sistema pode ocorrer de forma manual ou mecanizada.

Como o chorume é resultado da perda de umidade dos resíduos durante o processo de decomposição, ele contém os mesmos nutrientes da massa sólida do composto, porém com alta concentração de componentes orgânicos e sais dissolvidos, que permite a sua utilização para fertilização junto ao composto gerado.

Contudo, vale ressaltar que possui potencial de contaminação por agentes patogênicos e metais pesados por percolar durante o processo e não passar o tempo necessário na fase termofílica (INÁCIO e MILLER, 2014), entretanto ele pode ser recirculado no processo para conferir uma melhor sanitização do líquido e acelerar o processo com a reinserção de microorganismos ativos. A figura 5 representa o protótipo da composteira modular.

Figura 5 – Protótipo da composteira modular



Fonte – Recore (2021)

2.7 VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS SUSTENTÁVEIS

Sabe-se da importância ambiental da implantação de projetos e sistemas que prolonguem a vida dos aterros sanitários já existentes e que possibilitem novas formas de tratamento dos resíduos sólidos orgânicos que valorizem não apenas o material, mas que também diminuam a exploração excessiva dos recursos naturais.

Dada a falta de trabalhos e dados nacionais que investiguem a viabilidade econômica de projetos de compostagem em condomínios residenciais como solução para o desafio dos resíduos sólidos, efetuou-se esta análise no presente trabalho, onde foram analisados os sistemas de leiras naturais e sistema fechado modular. A escolha destes dois sistemas se deu pela facilidade no controle do processo e de

operação, menor interferência estética, melhor controle sanitário e quantidade de unidades necessárias conforme o volume de resíduos sólidos orgânicos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção foram apresentadas informações sobre o condomínio onde o estudo foi desenvolvido e as formas em que os dados quantitativos foram abordados e desenvolvidos para elaboração da análise técnico-econômico do sistema de compostagem.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com Silva e Menezes (2005), a presente pesquisa classifica-se como:

“Aplicada, sob o ponto de vista da natureza, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais (SILVA; MENEZES, 2005). Trujillo Ferrari (1982, p. 171) enfatiza que “não obstante a finalidade prática da pesquisa, ela pode contribuir teoricamente com novos fatos para o planejamento de novas pesquisas ou mesmo para a compreensão teórica de certos setores do conhecimento”

Quanto à abordagem, a pesquisa é quantitativa, ou seja, requer o uso de recursos e técnicas estatísticas, uma vez que considera tudo quantificável e transforma as informações em números para analisá-las (SILVA; MENEZES, 2005).

A pesquisa, quanto aos objetivos, é classificada como descritiva, dado que segundo Gil (1991), ela busca descrever as características de determinado fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis, envolvendo técnicas padronizadas de coleta de dados como: questionário e observação sistemática. Atribui-se em geral, a forma de levantamento.

No que se refere aos procedimentos, a pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso, pois estuda de forma intensa um objeto de modo que se tenha um conhecimento abrangente quanto ao tema proposto (SILVA; MENEZES, 2005). De acordo com Gil (1991), o estudo de caso envolve uma análise completa de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo conhecimento.”

3.2 COLETA DE DADOS

Para o desenvolvimento do trabalho foi realizado um estudo em três etapas. Tendo em vista a tipificação da pesquisa, a primeira etapa realizada foi a observação do espaço disponível no condomínio residencial para a instalação de um sistema de

compostagem e análise da disposição dos armazenadores de resíduos sólidos gerados no local. Essa etapa foi muito determinante para a continuação do trabalho, tendo em vista que os sistemas de compostagem demandam espaço para manuseio e monitoramento, além de existir a necessidade de armazenamento de ferramentas, de resíduos que entraram no sistema e armazenamento posterior do composto orgânico.

A partir dessas informações, para a realização dos cálculos de viabilidade econômica do projeto, foi necessário realizar a quantificação do volume de resíduo compostável gerado para posteriormente calcular quantas leiras e composteiras de sistema fechado seriam necessárias para o condomínio. Como o trabalho consiste em um estudo de caso, os valores de resíduos utilizados para cálculo foram todos baseados na literatura.

O próximo passo foi realizar um levantamento de custos obtidos junto a empresas que possuem lojas virtuais, com base nos sistemas de compostagem escolhidos para o condomínio em questão. A pesquisa de mercado compilou dados tanto dos sistemas de compostagem quanto dos gastos de materiais que são frequentemente utilizados no manuseio do sistema, como ferramentas e equipamentos necessários, armazenadores de resíduos sólidos e de composto orgânico e mão-de-obra. A partir destes dados, foi possível contabilizar os custos de instalação e operação.

Por fim, após realizados todos os cálculos de viabilidade econômica, foram analisados os dados para determinar se a prática de compostagem é viável técnica e economicamente para o condomínio residencial em questão.

3.3 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

A execução da tecnologia sustentável em questão irá demandar um custo inicial, porém espera-se que ao longo do período de utilização do sistema, ocorra uma compensação. Logo, por meio das pesquisas bibliográficas, tem-se como propósito, analisar a viabilidade econômica do projeto através de métodos quantitativos como o cálculo do VPL, TIR, Payback descontado e o custo-benefício, com o auxílio do software Excel.

Por meio do cálculo do VPL, estipulada uma taxa de juros, é possível determinar se o projeto por si só se paga em um período estabelecido. O método do

Valor Presente Líquido (VPL) é considerado uma das técnicas mais utilizadas para análise de investimentos. O mecanismo de trabalho do VPL consiste na concentração de todos os valores esperados de um fluxo de caixa na data inicial, fazendo uso da Taxa mínima de Atratividade (TMA) o que torna a operacionalização simples quando se refere ao conceito de atratividade (SOUZA, 2008).

De acordo com Camargos (2013), o VPL é uma metodologia que não constitui falhas técnicas quando o objetivo é comparar projetos diversos no mesmo período. O cálculo do VPL está apresentado na equação (1), que nada mais é do que a comparação de novos investimentos com os fluxos de caixa apresentados a valor presente no tempo zero.

$$VPL = -I.I. - \sum_{t=1}^n \frac{SC_t}{(1+i)^t} + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (1)$$

Sendo VPL o Valor Presente Líquido; “FC_t” é o fluxo de caixa em cada período t; “SC_t” é a saída de caixa do período t; “i” é a TMA esperada pelo investidor; “n” é o número de anos do projeto; e, “I.I.” é o investimento realizado no momento zero (CAMARGOS, 2013).

Como critérios de decisão em relação ao VPL, Camargos (2013) cita:

- A. VPL > 0: Aceitar o projeto;
- B. VPL = 0: Analisar outros fatores não financeiros;
- C. VPL < 0: Rejeitar o projeto.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) por sua vez, determina qual a taxa do próprio investimento financiado pela taxa de juros proposta. No caso do presente trabalho, considerou-se a taxa de juros do BNDES de 1,05% a.a. Lapponi (2007) cita que a TIR é uma taxa de juros que deve ser empregada apenas em projetos simples e que resulta em uma avaliação do projeto mais compreensível. O cálculo da TIR é expresso através da equação (2).

$$TIR \Rightarrow 0 = -I.I. + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (2)$$

Sendo “FC_t” o fluxo de caixa de cada período t; “i” a taxa interna de retorno do projeto; “n” o número de anos do projeto; e “I.I.” o investimento realizado no período zero (CAMARGOS, 2013).

Como critérios de decisão em relação ao TIR, Camargos (2013) cita:

- A. TIR > TMA: Aceitar o projeto;
- B. TIR = TMA: Analisar outros fatores não financeiros;
- C. TIR < TMA: Rejeitar o projeto.

O Payback, conhecido como um indicador de riscos de projetos de investimentos, em contexto global, assume grande importância no processo de decisões. Esse indicador contextualiza o número de períodos que serão necessários para que a sequência de benefícios supere o capital de investimento (SOUZA, 2008).

Segundo Camargos (2013), uma de suas variações de cálculo é o Payback Descontado (PD), forma essa que elimina o problema de utilizar fluxos de caixa nominais, avaliando assim o valor do dinheiro no tempo através dos fluxos de caixa descontados. Ele aponta o prazo para que o investimento se pague. Matematicamente, é expresso através da fórmula (4):

$$PD \Rightarrow t \left[\frac{\sum_{t=1}^n EC_t}{(1+i)^t} = \text{Investimento}_{\text{inicial}} \right] \Rightarrow PD = t \left[\frac{\sum_{t=1}^n EC_t}{(1+i)^t} = \frac{\sum_{t=1}^n SC_t}{(1+i)^t} \right] \quad (4)$$

De acordo com o método, somam-se os valores das entradas médias de caixa descontadas até que se igualem ao investimento inicial ou às saídas de caixa também descontadas, em função do tempo gasto (CAMARGOS 2013).

A Análise de Custo-Benefício (ACB), nada mais é do que uma razão entre o fluxo esperado de benefícios de um projeto e o fluxo esperado de investimentos necessários para fazê-lo (SOUZA, 2008) e pode ser calculado através da seguinte fórmula (5):

$$ACB = \frac{\text{Valor presente do fluxo de benefícios}}{\text{Valor presente do fluxo de investimentos}} \quad (5)$$

Conforme Fonseca (2014), a ACB possui dois objetivos, sendo eles: salientar a oportunidade de um projeto, contanto que o custo seja superado pelo benefício para que ocorra sua implementação, e possibilitar a escolha dentre várias opções de solução para um problema. Com isso, permite analisar a criação de um projeto comparando os impactos positivos (benefícios) com os negativos (custos).

3.4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A proposta de avaliação técnico-econômico de sistemas de compostagem foi aplicada em um condomínio residencial vertical do município de Londrina-PR, com área total construída de 7.094,99 m², constituído por 3 blocos, cada qual com 8 pavimentos e 4 apartamentos por andar, totalizando 93 unidades com 166 moradores ao todo. O edifício foi construído em 1990 e localiza-se em uma zona residencial mista, composta por casas e outros edifícios, próximo ao shopping Catuaí, à Universidade Estadual de Londrina e à barragem do lago Igapó. De acordo com a geração per capita de 0,757 kg.hab⁻¹.dia⁻¹ (SALSA *et al.*, 2017), estima-se que a produção de resíduos domiciliares seja de 125,7 kg/dia, dado que desse total, a porção orgânica seja de 56,9 kg/dia.

O condomínio residencial conta com um espaço externo coberto que estão dispostas bombonas sinalizadas para descarte dos resíduos gerados em todas as unidades habitacionais, como mostra a figura 6. Neste espaço, os resíduos são separados entre resíduos orgânicos e resíduos recicláveis. O descarte é feito pelos moradores e a coleta desses resíduos é realizada 3 vezes na semana pela coleta municipal.

Figura 6 – Espaço de armazenamento de resíduos sólidos do condomínio



Fonte – Autoria própria

Quanto ao espaço externo do condomínio, o mesmo conta com uma ampla área verde afastada dos blocos residenciais, que possibilita a realização do processo de compostagem de modo que não interfira na estética do espaço e não cause problemas para os moradores quanto a odores e presença de animais.

Figura 7 – Espaço sugerido para a instalação do sistema de compostagem



Fonte – Autoria própria

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para determinar os investimentos e gastos decorrentes da implantação dos sistemas de compostagem, foi realizado um dimensionamento da capacidade requerida do sistema, considerando o valor de geração diária de resíduos por habitante de 0,757 kg.hab.⁻¹.dia⁻¹. A seguir, a Tabela 1, apresenta os dados utilizados para realizar o dimensionamento do sistema.

Tabela 1 – Estimativa da geração de resíduos sólidos orgânicos

Descrição	Valor (kg)
Quantidade de resíduos orgânicos por dia	56,9
Quantidade de resíduos orgânicos por semana	398,5
Quantidade de resíduos orgânicos por mês	1.707,7

Fonte – Autoria própria

Além disto, para realizar o dimensionamento de cada sistema de compostagem analisado, foram utilizados dados de trabalhos já realizados com resíduos orgânicos e serragem, sendo representados na Tabela 2. As características do resíduo orgânico são do trabalho realizado por Junior (2014) e de serragem por Peixoto (2018).

Tabela 2 – Características dos resíduos orgânicos e serragem de madeira

Resíduo	Relação C/N	C (%)	N (%)	Umidade (%)	Peso espec. kg.L⁻¹
Orgânico	13/1	52,13	4,59	63,36	0,411
Serragem	835/1	50,19	0,08	5,43	0,04

Fonte – Adaptado de Junior (2014) e Peixoto (2018)

A relação C/N utilizada para os cálculos dos sistemas foi de 20/1 e para determinar a quantidade de material a ser utilizado no processo por mês, utilizou-se a equação (1), proposta por Kiehl (2008):

$$\frac{(20 \cdot N_m) - (C_m)}{(C_c) - (20 \cdot N_c)} \quad (1)$$

Em que: Nm: teor de nitrogênio do resíduo rico em N; Cm: teor de carbono do resíduo pobre em C; Cc: teor de carbono do resíduo rico em C; Nc: teor de nitrogênio do resíduo pobre em N.

O resultado obtido por meio da equação (1) está representado na Tabela 3. Conhecendo a quantidade necessária de serragem em massa seca, para 1 kg de resíduo orgânico e a umidade dos resíduos, calculou-se a quantidade de serragem necessária por mês e o volume das leiras, bom como a quantidade de leiras e de composteiras modulares necessárias.

Tabela 3 – Estimativa da quantidade de resíduos sólidos orgânicos e serragem

Quant. de resíduos orgânicos (kg/mês)	Quant. de serragem (kg)
1.707,7	1386,2

Fonte – Autoria própria

4.1 SISTEMA DE LEIRAS

A leira de compostagem natural, por se tratar de um sistema simples e de baixo custo, é um dos métodos mais utilizados para reciclagem de resíduos orgânicos. Por ser um sistema sobre o solo, a fim de evitar o percolamento do chorume e a mistura dos resíduos com o solo, o sistema é realizado em solo pavimentado ou coberto por lona (DAL BOSCO, 2017).

Sendo assim, para seu dimensionamento utilizou-se informações de fornecedores do mercado referentes aos materiais necessários para sua construção e operação. Sabe-se que para o funcionamento do sistema, é necessário que se misture um material seco ao resíduo orgânico que será compostado. Para essa proposta, foi utilizada a serragem de madeira devido ao seu alto teor de Carbono (50,19%).

Com base nos valores mensais de resíduos orgânicos e serragem, realizou-se o dimensionamento das leiras, adotou-se o comprimento de cada leira sendo de 2 metros e a altura de 1,5 metros, como recomenda Kiehl (1985) e estimou-se a quantidade de leiras necessárias e a área total necessária para o desenvolvimento do sistema, representados na Tabela 4.

Tabela 4 – Dimensionamento do projeto de sistema de leiras

Volume total	Volume por leira	Quantidade de leiras/mês	Área total
---------------------	-------------------------	---------------------------------	-------------------

(m ³)	(m ³)		(m ²)
38,8	3	13	180

Fonte – Autoria própria

A partir dos dados da Tabela 4, foi possível obter os custos fixos do sistema, representado na Tabela 5. Os custos do sistema foram pautados nos critérios do Instituto Água e Terra – IAT para pátios de compostagem.

Tabela 5 – Custos fixos do sistema de leiras

Equipamentos	Quant.	Preço unit.	Total R\$
Mão de obra	1	6000,00	6000,00
Estrutura (piso impermeável, cobertura, canaletas, ralo sifonado)	180m ²	9479,00	9479,00
Enxada com Haste 6" Tramontina em Aço com Cabo de Madeira 130 cm	1	79,90	79,90
Total investimento inicial R\$			15479,90

Fonte – Paperplast (2021) e Tramontina (2021)

Quanto a operação do sistema de leiras, faz-se necessário uma ferramenta que auxilie no revolvimento do material que está sendo compostado como uma enxada de aço. Além disso, para a otimização do sistema e eliminação de odores, indica-se o uso de produtos com microorganismos eficientes, nesse caso o *Byosol Swift Mic*, o qual pode ser aplicado toda vez que inserir uma camada de resíduos. Quanto ao armazenamento tanto dos resíduos a serem compostados, quanto do composto após atingir o estado de maturação, recomenda-se o uso de sacos de armazenagem. A tabela 6 define os custos para cada item necessário, além do custo com água, energia elétrica, mão de obra e área de tratamento e armazenagem.

Tabela 6 - Custos de operação do sistema de leiras

Insumos	Quant.	Preço unit.	Total R\$
Sacos de coleta	200	0,652	130,40
Energia Elétrica	0,015kw	0,7507	0,45
Água	Até 5m ³	8,62	43,11
Mão-de-obra	40hrs/mês	4,58 hr	184,00
<i>Byosol swift Mic</i>	1	220,00	220,00
Serragem	1387 kg	10,00	924,00
Sacos de armazenagem	100	0,652	65,20
Custos inerentes ao descarte de resíduos		159,12	159,12

Area de tratamento e armazenagem m ²	180	37,80	6818,18
Total dos custos mensais R\$			8624,36

Fonte – Autoria própria

Ao considerar que o processo da compostagem pode reduzir em até 60% o volume dos resíduos orgânicos e como a geração estimada foi de 1707kg, calculou-se a receita mensal do projeto com base no valor comercial de composto orgânico, como mostra a Tabela 7.

Tabela 7 – Receita mensal

Produto acabado mensal	Quant.	Preço unit.	Total R\$
Adubo orgânico	1024,48 kg	10,00	10246,48
Total da receita mensal R\$			10246,48

Fonte: mundo NPK (2021)

4.2 COMPOSTEIRAS MODULARES

Por ser um modelo desenvolvido para comportar um volume maior, a composteira modular pode variar de tamanho, tendo modelos de 1m³ e 2m³ que podem ser trabalhados em conjunto para atender as necessidades de grandes geradores como condomínios residenciais, restaurantes e shoppings. Para este estudo, considerou-se o modelo de 1m³ tendo em vista que, ele possibilita o deslocamento mais fácil do sistema caso necessário e permite um melhor revolvimento do material.

Conforme a estimativa de geração de resíduos orgânicos mensal, a quantidade de serragem e o volume total mensal de ambos, calculou-se a quantidade de composteiras modulares necessárias, totalizando 39 composteiras. Com isso, foi possível calcular os custos fixos iniciais do projeto, representado na Tabela 8.

Tabela 8 - Custos fixos composteiras modulares

Equipamentos	Quant.	Preço unit.	Total R\$
Composteira modular	39	6296,00	245.544,00

Enxada com Haste 6" Tramontina em Aço com Cabo de Madeira 130 cm	1	79,90	79,90
Total investimento inicial R\$			245.623,90

Fonte: Recore (2021) e Tramontina (2021)

Quanto ao processo de operação do sistema, ele tem os mesmos fundamentos do sistema de leiras, logo, a Tabela 9 define os custos para cada item necessário.

Tabela 9 - Custos de operação das composteiras modulares

Insumos	Quant.	Preço unit. (R\$)	Total (R\$)
Sacos de coleta	200	0,652	130,40
Energia Elétrica	0,015kw	0,7507	0,45
Água	Até 5m3	8,62	43,11
Mão-de-obra	40hrs/mês	4,58 hr	184,00
<i>Byosol swift Mic</i>	1	220,00	220,00
Serragem	1387 kg	10,00	924,00
Sacos de armazenagem	100	0,652	65,20
Custos inerentes ao descarte de resíduos		159,12	159,12
Área de tratamento e armazenagem m ²	180	37,80	6818,18
Total dos custos mensais R\$			8624,36

Fonte – Autoria própria

Quanto a receita mensal do projeto, vale da mesma ideia proposta no sistema de leiras, onde considerou-se a redução de 60% do resíduo orgânico, como mostra a Tabela 10.

Tabela 10 – Receita mensal

Produto acabado mensal	Quant.	Preço unit. (R\$)	Total R(\$)
Adubo orgânico	1024,48 kg	10,00	10246,48
Total da receita mensal R\$			10246,48

Fonte: mundo NPK (2021)

4.3 ANÁLISE ECONÔMICA INICIAL DOS PROJETOS

Após realizar o dimensionamento dos sistemas e compilar os custos fixos e de operação das leiras e composteiras modulares é possível efetuar o cálculo das ferramentas de análise de viabilidade econômica. Para a resolução de todas as ferramentas, faz-se necessário alguns dados, como o investimento inicial, despesas e receitas mensais, taxa de juros escolhida, sendo essa a taxa do BNDES (1,05% a.a) referente a tratamento de resíduos sólidos e esgoto, e o período de análise. Posto isto, a Tabela 11 apresenta estes dados para o sistema de leiras.

Tabela 11 – Dados iniciais de análise para o sistema de leiras

Investimento Inicial (R\$)	Despesa mensal (R\$)	Receita mensal (R\$)	Taxa de juros (a.m)(%)	Período (meses)
15479,90	8624,36	10246,48	0,000871	180

Fonte – A autoria própria

A Tabela 12 representa os mesmos dados, porém para o sistema de composteiras modulares.

Tabela 12– Dados iniciais de análise para o sistema de composteiras modulares

Investimento Inicial (R\$)	Despesa mensal (R\$)	Receita mensal (R\$)	Taxa de juros (a.m) (%)	Período (meses)
245.623,90	8624,36	10246,48	0,000871	180

Fonte – A autoria própria

Destaca-se que ao se realizar as análises das ferramentas de viabilidade econômica propostas no estudo, considerou-se o período de maturação do composto orgânico de 3 meses, fator que interfere nos fluxos de caixa dos projetos.

A. Valor Presente líquido e Taxa Interna de Retorno

A partir do levantamento realizado referente ao investimento inicial de cada projeto, suas despesas e receitas mensais e adotando a taxa de juros do BNDES, com o auxílio do Software Excel para analisar estes dados, foi possível calcular o VPL e a TIR para o sistema de leiras, como mostra a Tabela 13.

Tabela 13 – Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno do sistema de leiras

INVESTIMENTO					
Período	Investimento (R\$)	Saída (R\$)	Entrada (R\$)	Fluxo de caixa (R\$)	FC atualizado (R\$)
0	-15.479,90	-15.479,90			-15.479,90
1		-15.479,90	8.624,36	-24.104,26	-24.125,25
2		-24.104,26	8.624,36	-32.728,62	-32.785,66
3		-32.728,62	8.624,36	-41.352,98	-41.461,13
4		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.616,48
5		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.615,07
6		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.613,67
7		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.612,26
8		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.610,86
9		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.609,46
10		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.608,06
...
50		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.553,02
51		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.551,67
52		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.550,32
53		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.548,97
54		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.547,62
55		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.546,28
...
72		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.523,56
73		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.522,23
74		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.520,91
75		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.519,59
76		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.518,26
77		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.516,94
78		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.515,62
...
174		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.394,10
175		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.392,88
176		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.391,67
177		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.390,46
178		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.389,25
179		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.388,04
180		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.386,83
Valor presente líquido R\$					151.425,38
Taxa interna de retorno					1% a.m.

Fonte – Autoria própria

Como o sistema de leiras de compostagem é um projeto simples e de baixo custo, ao calcular o VPL, pode-se provar que, considerando um período de 180 meses, o projeto se paga. Ao considerar a taxa de juros de financiamento do BNDES, tem-se que a TIR do projeto é de 1%, ou seja, dado o baixo custo de investimento do projeto, obtém-se um retorno de 1% ao mês no período proposto.

Quanto ao sistema de composteiras modulares, a Tabela 14 representa os resultados alcançados para VPL e TIR do projeto.

Tabela 14 – Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno do sistema de composteiras modulares

INVESTIMENTO					
Período	Investimento (R\$)	Saída (R\$)	Entrada (R\$)	Fluxo de caixa (R\$)	FC atualizado (R\$)
0	-245.623,90	-245.623,90		-245.623,90	-245.623,90
1		-245.623,90	8.624,36	-254.248,26	-254.469,71
2		-254.469,71	8.624,36	-263.094,07	-263.552,58
3		-263.552,58	8.624,36	-272.176,94	-271.466,98
4		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.616,48
5		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.615,07
6		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.613,67
7		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.612,26
8		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.610,86
9		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.609,46
10		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.608,06
11		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.606,66
...
50		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.553,02
51		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.551,67
52		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.550,32
53		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.548,97
54		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.547,62
55		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.546,28
...
72		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.523,56
73		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.522,23
74		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.520,91
75		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.519,59
76		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.518,26
77		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.516,94
78		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.515,62
...
174		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.394,10
175		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.392,88
176		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.391,67
177		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.390,46

178		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.389,25
179		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.388,04
180		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.386,83
Valor presente líquido R\$					- 769.835,85
Taxa interna de retorno					-1,29% a.m.

Fonte – Aatoria própria

Diferente do sistema de leiras, o projeto de composteiras modulares têm um investimento inicial elevado de R\$ 245.623,90. Sendo assim, ao realizar o cálculo do VPL para o período de 180 meses, obtêm-se um valor negativo, o qual indica que o projeto não se paga. Com a mesma taxa de juros de 0,000871% a.m., o projeto obteve uma TIR negativa de -1,29% a.m, ou seja, o projeto não garante um retorno interno, como o próprio valor negativo do VPL apontou.

B. Payback descontado

Para realizar a análise do Payback descontado, faz-se necessário realizar o cálculo da amortização do projeto, que nada mais é do que descontar do investimento inicial, o valor do fluxo de caixa por mês. Por meio da amortização encontramos o PD, ou seja, o prazo para que o investimento se pague. A Tabela 15 representa o PD do sistema de leiras.

Tabela 15 – Payback descontado sistema de leiras

INVESTIMENTO						
Período	Investimento (R\$)	Saída (R\$)	Entrada (R\$)	Fluxo de caixa (R\$)	FC atualizado (R\$)	Amortização (R\$)
0	-15.479,90	-			-15.479,90	
1		15.479,90	8.624,36	24.104,26	-24.125,25	-39.605,15
2		24.104,26	8.624,36	32.728,62	-32.785,66	-72.390,81
3		32.728,62	8.624,36	41.352,98	-41.461,13	-113.851,94
4		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.616,48	-112.235,46
5		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.615,07	-110.620,39
6		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.613,67	-109.006,72
7		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.612,26	-107.394,45
8		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.610,86	-105.783,59
9		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.609,46	-104.174,13
10		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.608,06	-102.566,08

11		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.606,66	-100.959,42
...
40		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.566,60	-54.969,59
41		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.565,24	-53.404,35
42		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.563,88	-51.840,48
43		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.562,52	-50.277,96
44		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.561,16	-48.716,80
45		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.559,80	-47.157,01
46		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.558,44	-45.598,57
...
74		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.520,91	-2.508,58
75		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.519,59	-989,00
76		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.518,26	529,27
77		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.516,94	2.046,21
78		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.515,62	3.561,83
79		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.514,30	5.076,13
80		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.512,98	6.589,12
...
178		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.389,25	148.650,50
179		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.388,04	150.038,54
180		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.386,83	151.425,38

Fonte – Autoria própria

Mesmo com o investimento baixo, o PD do projeto de leiras é de seis anos e três meses. Como se considera o período de maturação do composto, os três primeiros meses de investimento não têm entradas no fluxo de caixa, o que torna o investimento do projeto mais elevado.

O mesmo procedimento foi feito para analisar o sistema de composteiras modulares. Diferente do sistema anterior, o investimento inicial deste projeto de composteiras é alto, o que influencia diretamente no PD. Ao realizar a análise do PD, obtêm-se que durante o período analisado, o projeto não se paga, como mostra a Tabela 16.

Tabela 16 – Payback descontado composteiras modulares

INVESTIMENTO						
Período	Investimento (R\$)	Saída (R\$)	Entrada (R\$)	Fluxo de caixa (R\$)	FC atualizado (R\$)	Amortização (R\$)
0	-245.623,90	245.623,90			- 245.623,90	

1		- 245.623,90	8.624,36	- 254.248,2 6	- 254.027,0 0	-499.650,90
2		- 254.248,26	8.624,36	- 262.872,6 2	- 262.415,2 9	-762.066,20
3		- 262.872,62	8.624,36	- 271.496,9 8	- 270.788,7 9	- 1.032.854,99
4		-8.624,36	10.246,4 8	1.622,12	1.616,48	- 1.031.238,51
5		-8.624,36	10.246,4 8	1.622,12	1.615,07	- 1.029.623,43
6		-8.624,36	10.246,4 8	1.622,12	1.613,67	- 1.028.009,76
7		-8.624,36	10.246,4 8	1.622,12	1.612,26	- 1.026.397,50
8		-8.624,36	10.246,4 8	1.622,12	1.610,86	- 1.024.786,64
9		-8.624,36	10.246,4 8	1.622,12	1.609,46	- 1.023.177,18
...
44		-8.624,36	10.246,4 8	1.622,12	1.561,16	-967.719,85
45		-8.624,36	10.246,4 8	1.622,12	1.559,80	-966.160,05
46		-8.624,36	10.246,4 8	1.622,12	1.558,44	-964.601,61
47		-8.624,36	10.246,4 8	1.622,12	1.557,08	-963.044,53
48		-8.624,36	10.246,4 8	1.622,12	1.555,73	-961.488,80
49		-8.624,36	10.246,4 8	1.622,12	1.554,37	-959.934,43
50		-8.624,36	10.246,4 8	1.622,12	1.553,02	-958.381,40
...
167		-8.624,36	10.246,4 8	1.622,12	1.402,62	-785.701,01
168		-8.624,36	10.246,4 8	1.622,12	1.401,40	-784.299,61
169		-8.624,36	10.246,4 8	1.622,12	1.400,18	-782.899,43
170		-8.624,36	10.246,4 8	1.622,12	1.398,96	-781.500,47
171		-8.624,36	10.246,4 8	1.622,12	1.397,74	-780.102,73

172		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.396,53	-778.706,21
173		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.395,31	-777.310,90
...
178		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.389,25	-770.352,54
179		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.388,04	-768.964,50
180		-8.624,36	10.246,48	1.622,12	1.386,83	-767.577,67

Fonte – Autoria própria

4.3.2 Análise de Custo-Benefício

Para a análise de Custo-Benefício de ambos os investimentos financiados pela taxa de juros do BNDES, analisa-se quanto é o retorno do projeto para cada R\$ 1,00 real investido. No caso do sistema de leiras, para cada R\$ 1,00 real investido, tem-se o Benefício/Custo de R\$ 0,15 centavos, como mostra a Tabela 17.

Tabela 17 – Análise de Custo-benefício sistema de leiras

INVESTIMENTO					
Período	Investimento (R\$)	Saída (R\$)	Entrada (R\$)	Saída atualizada (R\$)	Entrada atualizado (R\$)
0	-15.479,90	-15479,90		-15479,90	
1		-8624,36		-8.631,87	
2		-8624,36		-8.639,39	
3		-8624,36		-8.646,92	
4		-8624,36	10.246,48	-8.594,38	10.210,86
5		-8624,36	10.246,48	-8.586,90	10.201,97
6		-8624,36	10.246,48	-8.579,43	10.193,09
7		-8624,36	10.246,48	-8.571,96	10.184,22
8		-8624,36	10.246,48	-8.564,50	10.175,36
9		-8624,36	10.246,48	-8.557,05	10.166,51
10		-8624,36	10.246,48	-8.549,60	10.157,66
...
42		-8624,36	10.246,48	-8.314,70	9.878,57
43		-8624,36	10.246,48	-8.307,46	9.869,98
44		-8624,36	10.246,48	-8.300,23	9.861,39
45		-8624,36	10.246,48	-8.293,01	9.852,81
46		-8624,36	10.246,48	-8.285,79	9.844,23
47		-8624,36	10.246,48	-8.278,58	9.835,66
...

117		-8624,36	10.246,48	-7.789,12	9.254,15
118		-8624,36	10.246,48	-7.782,34	9.246,09
119		-8624,36	10.246,48	-7.775,57	9.238,05
120		-8624,36	10.246,48	-7.768,80	9.230,01
121		-8624,36	10.246,48	-7.762,04	9.221,97
122		-8624,36	10.246,48	-7.755,29	9.213,95
123		-8624,36	10.246,48	-7.748,54	9.205,93
124		-8624,36	10.246,48	-7.741,80	9.197,92
...
176		-8624,36	10.246,48	-7.399,12	8.790,79
177		-8624,36	10.246,48	-7.392,68	8.783,14
178		-8624,36	10.246,48	-7.386,25	8.775,50
179		-8624,36	10.246,48	-7.379,82	8.767,86
180		-8624,36	10.246,48	-7.373,40	8.760,23
				-1.451.803,66	1.675.682,90
Benefício / custo				R\$ 1,15	

Fonte – Autoria própria

Ao realizar a ACB para o sistema de composteiras modulares, obtêm-se que não existe benefício para cada R\$ 1,00 real investido. Esse resultado se relaciona diretamente com o VPL, TIR e PD do projeto, dado que todos apresentaram resultados negativos para o investimento. A Tabela 18 apresenta o resultado da ACB do projeto.

Tabela 18 – Análise de Custo-benefício composteiras modulares

INVESTIMENTO					
Período	Investimento (R\$)	Saída (R\$)	Entrada (R\$)	Saídas atualizadas (R\$)	Entradas atualizadas (R\$)
0	-245.623,90	-245.623,90		-245.623,90	
1		-8.624,36		-8.616,85	
2		-8.624,36		-8.609,36	
3		-8.624,36		-8.601,86	
4		-8.624,36	10.246,48	-8.594,38	10.210,86
5		-8.624,36	10.246,48	-8.586,90	10.201,97
6		-8.624,36	10.246,48	-8.579,43	10.193,09
7		-8.624,36	10.246,48	-8.571,96	10.184,22
8		-8.624,36	10.246,48	-8.564,50	10.175,36
9		-8.624,36	10.246,48	-8.557,05	10.166,51
10		-8.624,36	10.246,48	-8.549,60	10.157,66
...
42		-8.624,36	10.246,48	-8.314,70	9.878,57
43		-8.624,36	10.246,48	-8.307,46	9.869,98
44		-8.624,36	10.246,48	-8.300,23	9.861,39

45		-8.624,36	10.246,48	-8.293,01	9.852,81
46		-8.624,36	10.246,48	-8.285,79	9.844,23
47		-8.624,36	10.246,48	-8.278,58	9.835,66
...
117		-8.624,36	10.246,48	-7.789,12	9.254,15
118		-8.624,36	10.246,48	-7.782,34	9.246,09
119		-8.624,36	10.246,48	-7.775,57	9.238,05
120		-8.624,36	10.246,48	-7.768,80	9.230,01
121		-8.624,36	10.246,48	-7.762,04	9.221,97
122		-8.624,36	10.246,48	-7.755,29	9.213,95
123		-8.624,36	10.246,48	-7.748,54	9.205,93
124		-8.624,36	10.246,48	-7.741,80	9.197,92
...
176		-8.624,36	10.246,48	-7.399,12	8.790,79
177		-8.624,36	10.246,48	-7.392,68	8.783,14
178		-8.624,36	10.246,48	-7.386,25	8.775,50
179		-8.624,36	10.246,48	-7.379,82	8.767,86
180		-8.624,36	10.246,48	-7.373,40	8.760,23
				-1.681.947,66	1.675.682,90
Benefício / custo				R\$ 1,00	

Fonte: Autoria própria

4.4 ANÁLISE FINAL

O presente trabalho investigou se há viabilidade técnica-econômica na adoção de sistemas de compostagem em condomínios residenciais, uma vez que, condomínios tendem a ter uma elevada geração de resíduos e de acordo com a ABRELPE (2020) o resíduo orgânico caracteriza 45,3% de todo resíduo sólido gerado no Brasil.

Posto isto, ao que se refere ao sistema de leiras, mesmo que o projeto não tenha entradas nos 3 primeiros meses, fato que interfere diretamente no fluxo de caixa do investimento, obteve-se um PD dentro do período estipulado de análise. Além disto, dado o valor positivo do VPL, a porcentagem da TIR durante todo o período de análise do projeto e o benefício/custo que o investimento proporciona, caracterizam o projeto como economicamente viável.

Ademais, o sistema de leiras é uma forma simples e prática de realizar a compostagem dos resíduos orgânicos. Além de facilitar no controle das condições essenciais para o bom funcionamento do processo, o sistema permite tanto que os

resíduos sejam reciclados e retornem para o meio ambiente, quanto possibilita que haja a redução do volume destes resíduos que são encaminhados para os aterros e lixões e assim possibilita prolongar a vida destes locais e reduzir as poluições oriundas da má gestão dos resíduos dispostos.

Quanto ao projeto de composteiras modulares, dado o número elevado de unidades de compostagem que seriam necessárias, o projeto é inviável economicamente. Ao considerar o período de 180 meses de análise do projeto e os 3 primeiros meses de maturação do composto orgânico, obteve-se um valor negativo do VPL. Esse valor indica que o projeto não é viável e que não deve ser aceito.

Com a taxa de juros considerada para a análise de 0,000871% a.m., o projeto possui uma TIR de -1,29% a.m., ou seja, não existe retorno do projeto. Quanto ao PD, no período proposto de 180 meses, não foi possível encontrar o período em que o projeto se paga. Segundo o fabricante, a vida útil de cada unidade é de 5 anos, ou seja, o projeto não traria retorno e ainda teria que ser pago mesmo depois de encerrado.

Posto isto, o projeto de composteiras modulares pode não apresentar uma viabilidade econômica, porém, como cita Martland (2013), outros requisitos são analisados quando se decide investir em projetos sustentáveis, como é a questão dos impactos socioeconômicos e ambientais. Uma vez que se decide investir em um projeto como o de compostagem, além da geração de renda, tendo em vista que é necessário mão-de-obra para o funcionamento do processo, o impacto ambiental é uma peça fundamental para a aceitação do projeto.

Além de reduzir o volume de resíduos aterrados ou dispostos em locais inadequados como aterros controlados e lixões, o sistema fechado de composteira modular permite controlar melhor a presença de animais e odores e possibilita a utilização do líquido de volta para o sistema ou mesmo para fertilizar o jardim e tem um ótimo controle das condições essenciais para que o processo obtenha sucesso.

A fim de comparar os resultados alcançados de ambos os projetos, a Tabela 19 apresenta os valores das 4 ferramentas de análise dos projetos.

Tabela 19 – Comparativo entre as ferramentas de análise e os projetos

Projeto	VPL	TIR	Payback descontado	Benefício/custo

Leiras	R\$ 151.425,38	1%	76 meses	R\$1,15
Composteiras modulares	-R\$ 769.835,85	-1,29%	-	R\$1,00

Fonte: Aatoria própria

É possível trabalhar ambos os sistemas em conjunto a fim de otimizar o processo da compostagem. Posto isto, se considerarmos a realização do projeto onde o sistema consistirá em 1 composteira modular e 12 leiras de compostagem, temos os seguintes resultados para cada ferramenta conforme a Tabela 20.

Tabela 20 – Análise do projeto considerando ambos os sistemas de compostagem

Projeto	VPL	TIR	Payback descontado	Benefício/custo
Composteira e leiras	R\$ 126.208,46	0,84%	7 anos e 7 meses	R\$1,15

Fonte: Aatoria própria

A proposta de trabalhar os 2 métodos juntos pode ser uma forma de reduzir o espaço necessário para realização da compostagem, uma vez que o processo começaria na composteira modular (45 – 60 dias) e terminaria com o método de leiras, onde o volume do material já estaria bem reduzido, o que possibilitaria tanto diminuir o número e volume de leiras, quanto os gastos mensais do processo.

Vale ressaltar que, a proposta de analisar os projetos no período de 180 meses não se justifica na espera de lucros ou resultados financeiros, mas sim para saber se eles são viáveis economicamente.

O estudo consistiu em analisar a viabilidade econômica da compostagem em condomínio residencial, contudo, destaca-se a importância desse estudo ser realizado em contexto municipal, com propósito de estabelecer as práticas ambientalmente corretas como solução para o desafio dos resíduos sólidos.

Garré *et al.* (2017) ao realizar uma análise econômica de uma usina de compostagem para o município de Pelotas/RS, onde o investimento inicial do projeto foi de R\$ 7.321.050,67 e o período de análise de 10 anos, obteve-se um VPL de R\$ 8.164.634.60 e o período de retorno positivo do investimento do projeto no 3 ano de operação. Essa análise caracterizou o projeto como viável tanto econômico, quanto ambiental e socialmente, dado que, além de reduzir poluentes e destinar corretamente

os resíduos, é um investimento que gera emprego, renda e melhores condições de trabalho.

Outro ponto importante a se destacar sobre projetos sustentáveis que visam soluções ambientalmente corretas, é que nem sempre eles apresentaram retorno rápido, dado que, muitas são as condições que interferem no resultado do projeto.

Um exemplo disto é o estudo realizado por Dalfovo *et al.* (2019) ao analisar a viabilidade econômica da instalação de energia solar fotovoltaica para famílias com diferentes níveis de renda. O estudo aponta que o projeto é economicamente viável para famílias de classe alta a partir do 5 ano de operação, tendo o sistema 25 anos de vida útil. No caso de famílias de classe média, o mesmo estudo aponta que o PD é atingido apenas no 24º ano e para famílias de classe baixa, o PD acontece apenas no 27º ano, quando a vida útil do projeto já se encerrou.

Posto isto, ao considerar o investimento em projetos sustentáveis, deve-se enfatizar os ganhos ambientais e sociais como pretexto para sua aceitação, inclusive durante a análise de sua viabilidade econômica. Ao se tratar de condomínios residenciais, os quais tem tanto uma elevada geração de resíduos, quanto uma probabilidade maior de dificuldades quanto sua gestão interna, a compostagem se torna uma solução viável.

Uma vez que se decide investir em um projeto como este, além de solucionar problemas com a gestão dos resíduos no local e adquirir benefícios frente a sociedade, a proposta da compostagem em condomínios residenciais gera o impacto social necessário para que novas mudanças sejam feitas.

Além disto, o investimento permite que se alcance as diretrizes e objetivos de leis como a PNRS, o marco do saneamento básico e o decreto municipal e assim, seja possível reduzir o número de lixões e aterros em operação, para dar espaço a técnicas como a compostagem em nível municipal a alcançar dessa forma, tanto melhores condições de serviço de limpeza pública, quanto qualidade de vida para sociedade.

5. CONCLUSÃO

Após realizar a análise econômica através das ferramentas propostas, algumas conclusões foram elaboradas quanto a viabilidade econômica dos projetos sustentáveis propostos. Todos os valores encontrados para os métodos de VPL, TIR, PD e ACB para o sistema de leiras, foram positivos.

Este resultado foi consequência de um projeto que necessita de um baixo investimento, o que permite que ele seja viável economicamente. Para o projeto de composteiras modulares, o resultado se mostrou contrário, caracterizando o projeto como inviável economicamente, tendo em vista que todos os valores das ferramentas de análise foram negativos e não foi possível encontrar o PD no período proposto.

A fim de explorar um cenário onde os 2 sistemas de compostagem fossem trabalhados juntos, foi realizada uma breve análise que permitiu caracterizar como viável economicamente um projeto com ambos os sistemas, de leiras e composteiras modulares.

Neste contexto, mesmo o com a inviabilidade econômica do projeto de composteiras modulares, destaca-se a importância de se considerar um projeto por outros requisitos, como impactos socioeconômicos e ambientais. Uma vez que se escolhe um sistema de compostagem para trabalhar, seja ele aberto ou fechado, principalmente as questões ambientais estão muito presentes, posto que, por meio da compostagem, pode-se solucionar o desafio que é a disposição dos resíduos sólidos.

No cenário atual onde a preocupação com questões ambientais está cada vez mais ganhando foco, com surgimento de propostas que solucionem tanto o desafio dos resíduos sólidos quanto a exploração excessiva de recursos naturais, há uma tendência ao desenvolvimento de processos que aprimorem os projetos de compostagem e elevem sua viabilidade como solução de um desafio universal.

REFERÊNCIAS

ABRELPE . ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2013**.

Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2012.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2020.

ABRELPE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019**.

2019. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019/>> . Acesso em: 19 de Ago. de 2020.

ABRELPE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. 2021.

Disponível em: < <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>> . Acesso em: 03 de Jul. de 2021.

ABRELPE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Estimativas dos custos para viabilizar a**

universalização da destinação adequada de resíduos sólidos no Brasil. 2015.

Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/download-estimativas-de-custos/>> . Acesso em: 25 de Ago. de 2020.

ANDREOLI, C.V. et al. Higienização do Lodo de Esgoto – Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final. In: Andreoli, C. V. **Lodo de Esgoto**. Rio de Janeiro: ABES, 2001

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10.004/2004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

BAUMAN, Z. **Capitalismo parasitário**. 10. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2009.

BRAGA, J. O. N. *et al.* O uso do geoprocessamento no diagnóstico dos roteiros de coleta de lixo da cidade de Manaus. **Engenharia Ambiental e Sanitária**, Rio de Janeiro, v.13, n.4, p.387-394, out. 2008. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/pdf/esa/v13n4/a07v13n4.pdf>>. Acesso em: 21 Set. 2020.

BRASIL. **Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos. Ministério do Meio Ambiente** – Cepagro, SESC/SC. Brasília, Ministério do Meio Ambiente - Biblioteca, 2017 Disponível em:

<https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80058/Compostagem-ManualOrientacao_MMA_2017-06-20.pdf> Acesso em: 25 de Ago. de 2020.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2 ago. 2010. Disponível

em <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. acesso em 17 de Ago. de 2020.

BRASIL. Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000: **Diário Oficial da União**. Brasília, 15 jul. 2020. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm > . Acesso em 17 de Out. de 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2019**. Brasília dez. 2020. Disponível em <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2019>. Acesso em 13 de Mar 2021.

BRUNI, A L.; FAMÁ, R. ; SIQUEIRA, J. O. **Análise de risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do Método de Monte Carlo**. São Paulo, 1998. Disponível em: <<http://www.infinalweb.com.br/albruni/academicos/bruni9802.pdf>>. Acesso em: 01 de Set. de 2020.

BURSZTYN, M. **Energia solar e desenvolvimento sustentável no semiárido: o desafio da integração de políticas públicas**. Revista Estudos Avançados, v. 34, p. 167-186, 2020.

CAMARGOS, M. A. **Matemática financeira aplicada a produtos financeiros e a análise de investimentos**. São Paulo: Saraiva, 2013.

COSTA, B. S., Diz, J. B. M., Oliveira, M. L. **Cultura de consumismo e geração de resíduos: Evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática**. Revista Brasileira de Estudos Políticos, Belo Horizonte, n. 116, p.159- 183, jun. 2018. Disponível em: <<https://pos.direito.ufmg.br/rbep/index.php/rbep/article/view/570/451>>. Acesso em: 20 de Ago. de 2020.

DAL BOSCO, Tatiane Cristina dal. **Compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos: resultados de pesquisas acadêmicas**. São Paulo: Blucher, 2017. 266 p. Disponível em: <<https://www.blucher.com.br/livro/detalhes/compostagem-e-vermicompostagem-de-residuos-solidos-1260/quimica-107>> Acesso em: 30 Mar. 2021.

DALFOVO, W. C. T. *et al.* A Viabilidade Econômica da implantação de Energia Solar Fotovoltaica para a redução dos custos com energia elétrica das famílias com diferentes níveis de renda: uma análise para a região norte de Mato Grosso. **Sociedade, Contabilidade e Gestão**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 1-26, 2019.

DALZOT, W. D. **Matemática financeira: fundamentos e aplicações**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

FEIO, L. G. **O IPTU VERDE e a construção da cidade sustentável**. 2018. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Direito, Instituto de Ciências Jurídicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018. Disponível em: <http://200.239.66.58/jspui/bitstream/2011/10160/1/Dissertacao_IptuVerdeConstrucao.pdf>. Acesso em: 31 de Ago. de 2020.

FERNANDES, P. A. L. **Estudo Comparativo e Avaliação de Diferentes Sistemas de Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**. 1999. 128 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra, 1999. Disponível em: <http://iconline-ipleiria.pre.rcaap.pt/handle/10400.8/52>. Acesso em: 28 ago. 2020.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P da. **Manual Prático para Compostagem de Biossólidos**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: ABES. 1999.

FIELD, B.C.; FIELD, M. K. **Introdução à economia do meio ambiente**. Porto Alegre: Grupo A, 2014. 9788580553260. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788580553260/>. Acesso em: 27 Jun 2021

FRIEDRICH, J. FLUXO DE CAIXA – SUA IMPORTÂNCIA E APLICAÇÃO NAS EMPRESAS. **Revista Eletrônica de Contabilidade**, Santa Maria, v. 2, n. 2, p. 1-21, nov. 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/contabilidade/article/view/115/3963>. Acesso em: 03 set. 2020.

FONSECA, A. C. **Análise Custo Benefício Descentralização Parcial da Consulta de Coagulação do Centro Hospitalar da Cova da Beira**. 2014. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Sociais e Humanas, Universidade da Beira Interior, Covilhão, 2014. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/5733/1/3716_7404.pdf>. Acesso em: 21 de Set. de 2020.

GARRÉ, S. de O. *et al.* Análise econômica para implantação de uma usina de compostagem de resíduo orgânico urbano. **Espacios**, Equador, v. 38, n. 17, p. 3-20, 2017. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n17/a17v38n17p03.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2021.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRÜNBERG, P. R. M.; MEDEIROS, M. H. F.; TAVARES, S. F. Certificação ambiental de habitações: comparação entre leed for homes, processo agua e selo casa azul. **Ambiente & Sociedade**, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 195-214, jun. 2014. Fap

UNIFESP. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2014000200013&script=sci_arttext>. Acesso em: 20 de Set. de 2020.

INÁCIO, C.T; MILLER, P.R.M. **Compostagem: Ciência e Prática para Gestão de Resíduos Orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014.

KAZA, Silpa *et al.* **What a waste 2.0**: a global snapshot of solid waste management to 2050. Washington: Urban Development, 2018. Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>>. Acesso em: 30 ago. 2020.

KIEHL, E. J. E PORTA, A. **Análises de lixo e composto**. 1ª ed. Piracicaba, ESALQ, 55p. 2008.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres Ltda, 492p. 1985.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. 4 ed. Piracicaba, SP. 173 p., 2004.

LEMOS, J. S. *et al.* Os riscos na interpretação dos conceitos de riscos e despesas. **Pensar Contábil**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 14, p. 1-04, jan. 2002. Disponível em: <<http://www.atena.org.br/revista/ojs-2.2.3-06/index.php/pensarcontabil/article/view/2405/2082>>. Acesso em: 03 de Set. de 2020.

LAPPONI, C.J. **Projetos de investimento na empresa**. 1 ed. São Paulo, SP. 488 p., 2007.

LIMA, M. E. F. **IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO LIXÃO DE SANTA HELENA – PB**. 2017. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Ufmg, Cajazeiras, 2017. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufmg.edu.br:8080/jspui/handle/riufmg/8147>>. Acesso em: 22 de Set. de 2020.

LONDRINA. PREFEITURA MUNICIPAL DE LONDRINA. . **DECRETO Nº 769 DE 23 DE SETEMBRO DE 2009**. 2009. Disponível em: <https://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/sec_ambiente/gestao%20residuos/decreto_769_2009.pdf>. Acesso em: 28 de Ago. de 2020.

LONDRINA. PREFEITURA MUNICIPAL DE LONDRINA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Londrina - PR**. Londrina, 2015. 255 p

MARTLAND, D. C. **Avaliação de Projetos - Por uma Infraestrutura mais Sustentável**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2013. 978-85-216-2528-5. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2528-5/>. Acesso em: 02 de Ago de 2021.

MASSUKADO, L.M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. 2008. 204 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-18112008-084858/publico/TeseLucianaMiyokoMassukado.pdf>>. Acesso em: 28 de Ago. de 2020.

MATIAS-PEREIRA. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. São Paulo: Grupo GEN, 2016. 9788597008821. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597008821/>. Acesso em: 26 Jun 2021

MAVROPOULOS, A. Avaliação da viabilidade de um cenário de tratamento – Disposição de resíduos sólidos em países em desenvolvimento. **Conexão Academia**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 9-14, Setembro/2011.

MOURA, L. A. A. **Economia Ambiental: Gestão de Custos e Investimentos**. São Paulo: Ed. Juarez de Oliveira, 2000.

NÓBREGA, C. C. **Estudo e avaliação de um método de aeração forçada para compostagem em leiras**, Campina Grande, 1991, 115f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil), Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba.

OLIVEIRA, G. D. **A PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SEU GERENCIAMENTO EM PAÍSES DESENVOLVIDOS E EM DESENVOLVIMENTO: uma visão sobre união européia e brasil**. 2003. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Relações Internacionais, Uniceub, Brasília, 2003. Disponível em: <<https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/9283/1/9966841.pdf>>. Acesso em: 10 de Set. de 2020.

PEIXOTO, G. T. **COMPOSTAGEM DE LODO DE CURTUME COM PODA DE ÁRVORE, MARAVALHA E CINZA DE CALDEIRA EM DUAS CONDIÇÕES DE RELAÇÃO C/N INICIAL**. 2018. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Utfpr, Londrina, 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/12128>. Acesso em: 05 jul. 2021.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem – Processo de baixo custo**. Belo Horizonte: Fundo das Nações Unidas para a Infância, UNICEF, 1996.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. UFV. Viçosa, 81p. 2007.

PEREIRA, M.N.A. Estudo comparativo do gerenciamento municipal de resíduos e processos de reciclagem em São Paulo e Londres. **Conexão Academia**, São Paulo, v. 2, n. 3, p. 19-26, Dezembro/2012.

PRODANOV, C.C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. Rio Grande do Sul, 2013. v. 2, 2013.

REIS, M.F.P. **Avaliação do Processo de Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2005. 239 f. Tese, Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

RICCI, M. dos S. F; **Manual de Vermicompostagem**. Porto Velho, RO: Embrapa – CPAF – Rondônia. 1996. 23p.

RUSSO, M. A. T. 2003. **Tratamento de Resíduos Sólidos**. Disponível em: < [http://www.uc.pt/mhidro/Tratamentos_Resíduos Sólidos.pdf](http://www.uc.pt/mhidro/Tratamentos_Resíduos_Sólidos.pdf)>. Acesso em: 30 de Set. de 2020.

SALSA, N. S.; FREITAS, B. de O.; BERTACHI, M. H.; BOSCO, T. C. dal. Caracterização física de resíduos sólidos domiciliares em diferentes formas de habitação. **Revista Dae**, [S.L.], v. 66, n. 212, p. 105-117, 2017. Revista DAE. Disponível em: <<http://revistadae.com.br/site/artigo/1728-Characterizacao-fisica-de-residuos-solidos-domiciliares-em-diferentes-formas-de-habitacao>>. Acesso em: 30 ago. 2020.

SILVA, M. J. F. *et al.* **ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO**: metodologia para apoio à decisão em intervenções de arquitetura, engenharia e construção. Lisboa: Lneec - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2015. 44 p. Disponível em: <http://repositorio.lneec.pt:8080/bitstream/123456789/1007597/1/Rel%20288_15%20dspace.pdf>. Acesso em: 21 de Set. de 2020.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E.M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. rev. atual. Florianópolis: UFSC, 2005. 138p.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbano - 2019**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Brasília: MDR.SNIS; 2019. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2019/Diagnostico_RS2019.pdf>

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. São Paulo: Atlas, 2008.

SOUZA. A política nacional de resíduos sólidos: análise das propostas para disposição final de resíduos sólidos urbanos. **Conexão Academia**, São Paulo, v. 2, n. 3, p. 43-50, Dezembro/2012.

SOUZA, Alice Magalhães Garcia. **Comparação de custos e sustentabilidade entre dois cenários de gestão de resíduos sólidos no município de paraíba do sul - RJ**. 2018. 131 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Urbana, Ufrj, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://www.dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli2346.pdf>. Acesso em: 10 set. 2020.

TAIATELE JUNIOR, I. **BIODEGRADABILIDADE DE EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS E SUA COMPOSTABILIDADE COM RESÍDUOS ORGÂNICOS DOMICILIARES**. 2014. 106 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Utfpr, Londrina, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/5270>>. Acesso em: 21 de Set de 2020.

TRUJILLO FERRARI, A. **Metodologia da pesquisa científica**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982.

UN ENVIRONMENT. **Organic Waste Management in Latin America: Challenges and Advantages of the Main Treatment Options and Trends**: technical report with contributions from the seminar: management and utilisation of municipal organic waste: the challenges of latin America, 2017. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/a-abrelpe-em-parceria-com-a-onu-meio-ambiente-lancou-uma-publicacao-inedita-com-dados-dos-residuos-solidos-na-america-latina/>>. Acesso em: 26 de Ago de 2020.

ZANETI, I. C. B. B. Educação ambiental, resíduos sólidos urbanos e sustentabilidade. **Um estudo de caso sobre o sistema de gestão de Porto Alegre, RS**. 2003. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, 2003. 178p. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/21053>> Acesso em: 27 de Ago de 2020.