



UNIVERSIDADE CEUMA
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e
Biotecnologia – Rede BIONORTE



**AVALIAÇÃO DO RESTO-INGESTA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA
DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS POR MEIO DA
COMPOSTAGEM OTIMIZADA COM BIOCATALISADORES**

DANIEL ROCHA PEREIRA

São Luís – MA
2025

DANIEL ROCHA PEREIRA

**AVALIAÇÃO DO RESTO-INGESTA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA
DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS POR MEIO DA
COMPOSTAGEM OTIMIZADA COM BIOCATALISADORES**

Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE, na Universidade CEUMA como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia.

Orientadora: Prof. Dra. Rita de Cássia Mendonça de Miranda

**São Luís – MA
2025**

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Rocha Pereira, Daniel.

AVALIAÇÃO DO RESTO-INGESTA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS POR MEIO DA COMPOSTAGEM OTIMIZADA COM BIOCATALISADORES / Daniel Rocha Pereira. - 2025.

98 f.

Orientador(a): Rita de Cássia Mendonça de Miranda.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Rede - Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal/ccbs, Universidade Federal do Maranhão, São Luís/ma, 2025.

1. Desperdício Alimentar. 2. Composto Orgânico. 3. Matéria Orgânica. 4. Reciclagem. I. Mendonça de Miranda, Rita de Cássia. II. Título.


DANIEL ROCHA PEREIRA

**AVALIAÇÃO DO RESTO-INGESTA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA
DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS POR MEIO DA
COMPOSTAGEM OTIMIZADA COM BIOCATALISADORES**


Tese de doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE, na Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia.

Aprovada em 10/03/2025


Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **RITA DE CASSIA MENDONÇA DE MIRANDA**
Data: 22/04/2025 13:54:55-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>


Prof^ª. Dr^a. Rita de Cássia Mendonça de Miranda (Orientadora) - Universidade CEUMA

Documento assinado digitalmente
 **ANDREA DE SOUZA MONTEIRO**
Data: 29/04/2025 18:08:13-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>


Prof^ª. Dr^a. Andrea de Sousa Monteiro - Universidade CEUMA

Documento assinado digitalmente
 **FABRICIO BRITO SILVA**
Data: 29/04/2025 09:46:02-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Fabrício Brito Silva - Universidade CEUMA

Documento assinado digitalmente
 **MARIA RAIMUNDA CHAGAS SILVA**
Data: 22/04/2025 15:42:32-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr^a. Maria Raimunda Chagas Silva - Universidade CEUMA


Documento assinado digitalmente
 **AMAURI SIVIERO**
Data: 22/04/2025 21:50:12-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Amauri Silvério – EMBRAPA-AC

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO

Eu, Daniel Rocha Pereira, (X) autorizo () não autorizo a publicação da versão final aprovada de minha Tese de Doutorado intitulada **“AVALIAÇÃO DO RESTO-INGESTA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS POR MEIO DA COMPOSTAGEM OTIMIZADA COM BIOCATALISADORES”** no Portal do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede BIONORTE (PPG-BIONORTE), bem como no repositório de Teses da CAPES ou junto à biblioteca da Instituição Certificadora.

Local/Data: São Luís, 28 de maio de 2025

Documento assinado digitalmente
 **DANIEL ROCHA PEREIRA**
Data: 28/05/2025 00:17:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Daniel Rocha Pereira

CPF: 013.054.791-30

RG: 123333899-1

DEDICATÓRIA

Dedico à Deus, à Mãe e aos Amigos

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me conceder força, sabedoria e propósito ao longo dessa caminhada.

À minha mãe, pelo amor incondicional, apoio e exemplo de dedicação.

Aos meus amigos, pelo companheirismo e incentivo constante. Em especial, ao amigo Osman José de Aguiar Gerude Neto, parceiro incansável de projetos e responsável por me acompanhar desde a inscrição até a defesa desta tese; e ao amigo Thiago Rafael Gonçalves Duarte, por não permitir que eu desistisse nos momentos mais difíceis.

À minha orientadora, Prof^a Dra. Rita de Cássia Mendonça de Miranda, por acreditar no meu potencial, acolher meu projeto e conduzir com firmeza e generosidade a orientação deste trabalho.

Aos queridos ECOLABIANOS, por cada troca, ajuda e inspiração ao longo dessa jornada.

Ao ECOLAB – Laboratório de Sustentabilidade do IEMA Pleno Rio Anil, pela estrutura cedida, pelo ambiente de aprendizado e pelas experiências transformadoras que tanto contribuíram para esta pesquisa.

À UFMA e à Universidade CEUMA, instituições fundamentais na minha trajetória acadêmica, pelas oportunidades de formação e crescimento profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE, pelos conhecimentos adquiridos, pelas amizades cultivadas e por toda a estrutura oferecida para o desenvolvimento e conclusão do meu doutorado.

EPÍGRAFE

“Insanidade é fazer a mesma coisa várias
vezes e esperar resultados diferentes”
(Albert Einstein)

PEREIRA, Daniel Rocha. Avaliação do resto-ingesta para a implantação de um sistema de tratamento de resíduos orgânicos por meio da compostagem otimizada com biocatalisadores. 2025. 97f. Tese. (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia) Universidade CEUMA, São Luís, 2025.

RESUMO

A gestão inadequada de resíduos orgânicos representa um desafio ambiental e de saúde, especialmente em instituições de ensino, onde a produção desses resíduos é significativa. O índice resto-ingesta é uma ferramenta utilizada para medir o desperdício alimentar e compreender a relação entre os resíduos descartados pelos comensais e a quantidade de alimentos servidos. Paralelamente, a compostagem se apresenta como uma solução viável para o tratamento desses resíduos, evitando o descarte inadequado e promovendo a produção de composto orgânico de qualidade. Além disso, a eficiência desse processo pode ser otimizada por meio da adição de biocatalisadores, que aceleram a decomposição da matéria orgânica e influenciam positivamente os parâmetros químicos do composto final. Portanto o objetivo dessa pesquisa é avaliar o índice resto-ingesta em um restaurante escolar de uma Instituição de Ensino em São Luís/MA, desenvolver um Sistema de Tratamento de Resíduos Orgânicos por meio da Compostagem (STROC) e investigar a influência da adição de biocatalisadores na qualidade do composto produzido. Para tanto, a pesquisa foi conduzida em três etapas. A primeira consistiu na quantificação diária dos resíduos alimentares descartados por 1.025 comensais, no período de 14/11/2022 a 23/06/2023, para determinação do índice resto-ingesta. A segunda etapa envolveu a implementação do STROC, no qual os resíduos foram classificados e submetidos ao processo de compostagem no sistema de leiras "Windrow", com revolvimento periódico para otimização da aeração e umidade. Na terceira etapa, foi realizada a avaliação da influência de biocatalisadores na compostagem, por meio da montagem de 12 leiras, sendo seis com a adição de fezes de equinos, bovinos e caprinos como biocatalisadores e seis sem adição, para efeito de controle. O composto final foi submetido a análises químicas para verificar sua qualidade. Os resultados demonstraram que o índice médio de resto-ingesta foi de 4,96%, sendo classificado como "bom". O STROC demonstrou eficiência no tratamento dos resíduos orgânicos do restaurante escolar, processando um total de 3.074,35 kg de resíduos e gerando um composto orgânico de alta qualidade. A adição de biocatalisadores influenciou positivamente a estabilização do pH e a retenção de matéria orgânica, com destaque para o biocatalisador caprino, que resultou em maiores concentrações de potássio. Conclui-se que a avaliação do desperdício alimentar, a implementação de um sistema eficiente de compostagem e o uso de biocatalisadores são estratégias sustentáveis e complementares para a gestão de resíduos orgânicos. A adoção dessas práticas não apenas reduz impactos ambientais e melhora a qualidade do composto orgânico, mas também promove benefícios socioambientais, contribuindo para a educação ambiental e o desenvolvimento de uma economia circular nas instituições de ensino.

Palavras-Chaves: Desperdício Alimentar; Composto Orgânico; Matéria Orgânica; Reciclagem

PEREIRA, Daniel Rocha. Evaluation of leftovers for the implementation of an organic waste treatment system through optimized composting with biocatalysts. 2025. 97f. Tese. (PhD in Biodiversity and Biotechnology) Universidade CEUMA, São Luís, 2025.

ABSTRACT

The inadequate management of organic waste represents an environmental and health challenge, especially in educational institutions, where the production of this waste is significant. The leftovers index is a tool used to measure food waste and understand the relationship between the waste discarded by diners and the amount of food served. At the same time, composting appears to be a viable solution for treating this waste, avoiding improper disposal and promoting the production of quality organic compost. Furthermore, the efficiency of this process can be optimized through the addition of biocatalysts, which accelerate the decomposition of organic matter and positively influence the chemical parameters of the final compost. Therefore, the aim of this research is to evaluate the leftovers index in a school restaurant at an educational institution in São Luís/MA, develop a System for the Treatment of Organic Waste through Composting (STROC) and investigate the influence of adding biocatalysts on the quality of the compost produced. To this end, the research was conducted in three stages. The first consisted of the daily quantification of food waste discarded by 1,025 diners, from November 14, 2022 to June 23, 2023, to determine the leftover index. The second stage involved the implementation of the STROC, in which the waste was classified and submitted to the composting process in the “Windrow” system, with periodic turning to optimize aeration and humidity. In the third stage, the influence of biocatalysts on composting was assessed by setting up 12 windrows, six with the addition of horse, cattle and goat droppings as biocatalysts and six with no addition, for control purposes. The final compost was subjected to chemical analysis to check its quality. The results showed that the average leftover index was 4.96%, which was classified as “good”. The STROC proved efficient in treating organic waste from the school restaurant, processing a total of 3,074.35 kg of waste and generating high-quality organic compost. The addition of biocatalysts positively influenced pH stabilization and the retention of organic matter, especially the goat biocatalyst, which resulted in higher potassium concentrations. It can be concluded that assessing food waste, implementing an efficient composting system and using biocatalysts are sustainable and complementary strategies for organic waste management. Adopting these practices not only reduces environmental impacts and improves the quality of organic compost, but also promotes socio-environmental benefits, contributing to environmental education and the development of a circular economy in educational institutions.

Keywords: Food Waste; Compost; Organic Matter; Recycling

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Localização da área de estudo	89
Figura 02: Baías e Canteiros	89
Figura 03: Canteiros e Estufa	89
Figura 04: Layout do STROC	90
Figura 05: Montagem das leiras	90
Figura 06: Leiras em processo de compostagem	91
Figura 07: Produção de hortaliça	91
Figura 08: Educação ambiental	91
Figura 09: Geração de renda	91

LISTA DE TABELAS

Artigo 01:

Tabela 1 - Alimentos descartados por dia	33
Tabela 2 - Quantificação semanal dos resíduos gerados no restaurante escola.....	35
Tabela 3 - Quantificação diária dos resíduos gerados no restaurante escola.....	36

Artigo 02:

Tabela 1 – Relação C/N utilizada no dimensionamento do STROC.....	48
Tabela 2 – Quantificação diária dos resíduos gerados no restaurante escola	50
Tabela 3 – Quantificação geral dos resíduos gerados no restaurante escola	52
Tabela 4 – Quantificação semanal dos resíduos gerados no restaurante escola	54
Tabela 5 – Cronograma de montagem das leiras.....	56
Tabela 6 – Distribuição da fonte de nitrogênio (alimentos) e suas relações C/N.....	56
Tabela 7 – Distribuição da fonte de biocatalizador e nitrogênio (fezes) e suas C/N	57
Tabela 8 – Distribuição da fonte de carbono e suas respectivas relações C/N.....	58
Tabela 9 – Proporção de resíduos nas leiras e suas respectivas relações de C/N.....	58
Tabela 10 – Qualidade dos compostos finalizados.....	59

Artigo 03:

Tabela 1. Relação C/N utilizada na montagem das leiras	72
Tabela 2. Cronograma de montagem das leiras.....	74
Tabela 3. Quantidade de resíduos utilizados nas leiras com biocatalizador.....	75
Tabela 4. Quantidade de resíduos utilizados nas leiras sem biocatalizador	76
Tabela 5. Qualidade do composto orgânico com biocatalizador.....	77
Tabela 6. Qualidade do composto orgânico sem biocatalizador	79
Tabela 7. Resultados dos testes estatísticos com e sem biocatalizador	80
Tabela 8. Resultados dos testes estatísticos para os 3 tipos de biocatalizador	81

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Resíduos sólidos.....	15
2.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).....	18
2.3 Resíduos Orgânicos.....	20
2.4 Índice Resto-Ingesta.....	22
2.5 Compostagem.....	23
2.5.1 Fatores que influencia na compostagem	24
2.5.1.1 Biocatalisador	24
2.5.1.2 PH	25
2.5.1.3 Umidade.....	25
2.5.1.4 Aeração	25
2.5.1.5 Temperatura	25
2.5.1.6 Relação carbono – nitrogênio	26
2.5.1.7 Granulometria	26
REFERÊNCIAS	26
Artigo 01: Publicado na Revista de Gestão e Secretariado (GeSeC), Qualis A4 2017-2020.	
Avaliação do Índice Resto-Ingesta da alimentação oferecida por uma Instituição de Ensino em São Luís – MA.....	
	30
Artigo 02: Publicado na Revista ARACÊ, Qualis A2 2017-2020.	
Implantação de um Sistema de Tratamento de Resíduos Orgânicos por meio da Compostagem (STROC) Em uma Instituição de Ensino em São Luís/MA	
	44
Artigo 03: Publicado na Revista Caderno Pedagógico, Qualis A2 2017-2020.	
Impacto do Uso de Biocatalisadores no Tratamento de Resíduos Orgânicos por Compostagem em uma Instituição de Ensino em São Luís/MA	
	69
3 DISCUSSÃO INTEGRADORA.....	86
4 CONCLUSÃO GERAL	87
APÊNDICE	89
ANEXO.....	92

1 INTRODUÇÃO

A geração excessiva de resíduos sólidos, especialmente os de origem orgânica, configura-se como um dos principais desafios ambientais e sanitários da atualidade. Apesar do volume expressivo de resíduos produzidos diariamente, a gestão ainda é frequentemente inadequada, evidenciada por aterros sanitários sobrecarregados e pela tímida adoção de práticas sustentáveis, como a compostagem (Varenholt, 2015). A destinação incorreta desses resíduos orgânicos contribui significativamente para a degradação ambiental, resultando na emissão de gases de efeito estufa, além da contaminação do solo e dos aquíferos subterrâneos (Silva et al., 2020).

Esse cenário torna-se ainda mais contraditório diante do dado alarmante de que cerca de 931 milhões de toneladas de alimentos são desperdiçados anualmente em todo o mundo (UNEP, 2021), ao mesmo tempo em que bilhões de pessoas enfrentam insegurança alimentar. No âmbito das instituições de ensino, o problema se intensifica, uma vez que os restaurantes escolares são grandes geradores de resíduos alimentares. O índice de resto-ingesta — que mensura a quantidade de alimento desperdiçado em relação ao total servido — torna-se um indicador fundamental para compreender a aceitação das refeições, a eficiência dos cardápios propostos e o planejamento da alimentação escolar (Vaz, 2006; Ricarte et al., 2008).

Dentro dessa lógica, a compostagem desponta como uma alternativa viável e estratégica, transformando resíduos orgânicos em composto de alto valor agrônômico, contribuindo para a redução da quantidade de resíduos destinados a aterros e, simultaneamente, promovendo práticas agrícolas sustentáveis e recuperação de áreas degradadas (Kiehl, 2005). Este processo biológico depende de fatores como umidade, temperatura, oxigenação e proporção entre carbono e nitrogênio para ocorrer de forma eficiente (Fernandes et al., 2021). Em instituições educacionais, a implantação da compostagem também cumpre um papel pedagógico, integrando educação ambiental, interdisciplinaridade e participação ativa dos estudantes no cuidado com o meio ambiente (Costa et al., 2011).

A eficiência do processo pode ser intensificada com o uso de biocatalisadores, como os esterco bovino, equino e caprino, que contribuem para acelerar a degradação da matéria orgânica e enriquecer o composto com nutrientes. Pesquisas demonstram que a utilização desses insumos influencia diretamente parâmetros químicos como pH, teor de matéria orgânica e capacidade de troca catiônica (CTC), resultando em um composto de melhor qualidade em menor tempo de maturação (Bernal et al., 2009; Lima et al., 2018; Oliveira et al., 2019).

Neste contexto, a presente tese propõe-se a desenvolver e avaliar estratégias sustentáveis

de gerenciamento de resíduos orgânicos em um restaurante escolar de uma instituição de ensino na cidade de São Luís/MA, integrando análise do desperdício alimentar, implantação de um Sistema de Tratamento de Resíduos Orgânicos por Compostagem (STROC) e análise dos efeitos de biocatalisadores no processo.

Objetivo Geral:

Desenvolver e avaliar estratégias sustentáveis para a gestão de resíduos orgânicos em um restaurante escolar de uma instituição de ensino em São Luís/MA, por meio da análise do desperdício alimentar, implementação de um Sistema de Tratamento de Resíduos Orgânicos por Compostagem (STROC) e investigação do impacto de biocatalisadores na qualidade do composto produzido.

Objetivos Específicos:

- Avaliar o índice de resto-ingesta em uma Unidade de Alimentação e Nutrição (UAN) para entender o nível de desperdício alimentar e suas causas.
- Implementar um Sistema de Compostagem (STROC), avaliando sua eficiência na redução de resíduos e na qualidade do composto produzido.
- Avaliar o impacto do uso de biocatalisadores bovino, equino e caprino no processo de compostagem de resíduos orgânicos e na qualidade do composto gerado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Resíduos sólidos

Até o surgimento da palavra Sustentabilidade, o primeiro setor da economia, caracterizado, principalmente pelas atividades do Estado, e o segundo setor econômico caracterizado pelas atividades industriais, se tinham apenas a fase de produção, ignorando o ciclo de vida dos produtos, e considerando que as matérias-primas não tivessem fim (RIBEIRO; MORELLI, 2009).

O nascimento do conceito trouxe a preocupação com todo ciclo de vida do produto, passo importante na comunidade atual, que comparado aos nossos ancestrais, movidas pela constante revolução industrial transformou a interação da sociedade com o meio ambiente, havendo um aumento expressivo no uso de recursos naturais e na demanda por cada vez mais produtos.

De acordo com Chung e Lo apud Costa (2003), estima-se que os resíduos representam, aproximadamente, 20 a 30% do fluxo de resíduos gerados nas grandes cidades, sendo que muitas vezes este potencial pode chegar a mais de 50% do total de resíduos sólidos produzidos. Para ter noção, no setor da construção civil, por exemplo, no desenvolvimento de uma obra, os cálculos de orçamentação, já estimam automaticamente 10% de perdas em cada insumo, perdas que contribuem para acúmulo de materiais, e, quando mencionado a falta de gerenciamento desses resíduos, observam-se uma série de problemas.

Segundo Mello e Monteiro (2007), um passo importante, foram as aprovações de normas técnicas para o manejo, reciclagem e utilização de resíduos em iversas esferas sociais, o que possibilitou condições favoráveis para minimizar alguns reflexos negativos.

O estudo dos Resíduos Sólidos, tem efetiva importância devido aos impactos, dos volumes gerados, dos custos sociais que estão ativamente envolvidos, principalmente quando se fala de reaproveitamento.

Uma gestão planejada, pode gerar benefícios nas áreas econômicas, sociais, ambientais e políticas de um município. Criando assim novas fontes de negócio, gerando empregos e renda. Um exemplo disso é o destaque no mercado de reciclagem, que a cada ano, tem se mostrado mais promissor.

Outro elemento importante nesse cenário, é a elaboração do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) é condição essencial para que os municípios recebam recursos federais, ou seja, assim as gestões municipais poderão receber ajuda financeira para realizar o

manejo adequado dos resíduos sólidos.

Atualmente a grande problemática social está em conciliar avanço comercial com volumes de produção. Um tema que chama bastante atenção é no que se refere a questão do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. Muito vem se discutindo para reverter a problemática causada no ecossistema urbano, o qual encontra na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), uma certa contribuição a qual encaminha para o enfrentamento dessa questão, privilegiando a inclusão social. Cada vez mais, torna-se notório que o inadequado gerenciamento dos resíduos sólidos gera impactos imediatos não só no meio ambiente, mas também na saúde, o que muitas vezes pode-se considerar como uma questão de saúde pública (TUCCI, 2008).

É válido enfatizar que os resíduos sólidos devem ser inseridos e analisados em vertentes que englobam crescimento urbano e desenvolvimento das cidades. Segundo Costa et. al. (2019) alguns agravantes ambientais estão estreitamente ligados aos processos de crescimento e desenvolvimento das cidades, trazendo impactos que geram grandes desequilíbrios nos ecossistemas locais.

Não se pode falar em resíduos sólidos e ecossistemas sem antes mencionar o fato de que o debate sobre questões ambientais ganhou impulso e visibilidade só após a Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, popularmente conhecida como Rio-92, quando toda a problemática envolvendo ecossistemas e saúde da população ganhou espaço no meio social. Desde então, estudos são realizados a fim de que implante na sociedade um caráter de responsabilidade social por parte dos cidadãos objetivando a minimização de alterações nos ecossistemas (GOUVEIA, 2012).

É interessante salientar que os resíduos sólidos têm uma parcela de contribuição na emissão de gases poluentes na atmosfera (IPCC, 2007). Além disso, a disseminação exacerbada dessa problemática gera outros sérios riscos, principalmente em aspectos de saúde o qual se configura como um dos maiores entraves sociais da contemporaneidade (WHO, 2007).

Além do volume elevado, os resíduos vêm passando por certa inovação, atendendo ao mercado consumidor, cada vez mais se passou a serem produzidos objetos cuja composição contém elementos sintéticos e de alta periculosidade ao ecossistema, e, principalmente, à saúde humana (FERREIRA; ANJOS, 2001).

Ressalta-se ainda que a taxa de crescimento da geração de resíduos supera em sete vezes a taxa de crescimento da população. Enquanto que o crescimento populacional no país está em torno de 1% ao ano o de resíduos está na faixa dos 7% ao ano, o que comprova uma grande ascensão (IBGE, 2010).

Segundo Gouveia (2012) por mais que tenha ocorrido progresso no decorrer dos últimos vinte anos a situação não é uma das melhores, pois em muitas cidades brasileiras a maioria dos resíduos produzidos ainda não tem uma destinação sanitária e ambientalmente adequada. Destaca-se ainda que em mais da metade dos municípios brasileiros os lixões a céu aberto são o ponto final de descarte de resíduos sólidos.

Por um período de oito anos, 2000 a 2008, o quantitativo de cidades que se utilizaram de aterros controlados, aqueles cuja área é recoberta por terra, permaneceu inalterado e como objetivo de minimizar o impacto ambiental e preservar a integridade humanada, preservando à saúde, houve certo aumento na destinação para aterros sanitários que detém tecnologias específicas de manejo. Segundo dados, em um total de 5.564 municípios existente no país, no ano de 2000, 451 municípios contavam com um plano de coleta seletiva de lixo (IBGE, 2010). Em 2008, 8 anos depois, o número de municípios com o programa de coleta seletiva saltou para 994 (IBGE, 2010).

Deve-se salientar a importância que é ter um controle rígido dos resíduos, pois um adequado manejo é sinônimo de preservação ambiental e cuidado com a saúde pública. De acordo com Ferreira & Anjos (2001), nos lixões e aterros sanitários controlados os resíduos podem acarretar em poluição do solo, qualidade da água e do ar, por serem basicamente fontes de pesticidas, metais pesados, entre outros. Gouveia (2010) destaca ainda a existência do chorume que é originário da decomposição da matéria orgânica presente no lixo, e, que se não tratado de forma correta pode contaminar o solo e as águas superficiais, bem como os lençóis freáticos. Além do mais, pode desencadear a formação de gases asfixiantes, tóxicos e explosivos que ficam retidos no solo e posteriormente são dissipados na atmosfera. Além disso, os locais de despejo e armazenamento de resíduos são possíveis criadouros de agentes proliferadores de vetores e de outros agentes que transmitem doenças.

Segundo dados publicados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC na sigla em inglês), 3% das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) são oriundos de resíduos dispostos no solo e tratamentos de efluentes. No cenário brasileiro, 2% competem à participação no total de emissões. No que tange à saúde humana, a problemática envolvendo o lixo vai além do que se possa imaginar. A disposição destes no solo, em lixões e até mesmo aterros controlados constituem à população uma grande fonte de exposição a diversas substâncias, sendo estas muitas das vezes tóxicas. Ward et al. (1996) reforça que os principais caminhos de exposição se dão via dispersão do solo e ar contaminado, lixiviação e percolação do chorume.

2.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída pela Lei nº 12.305/10 com o objetivo de estabelecer diretrizes para que os municípios possam implementar e controlar se os geradores de resíduos seguem os procedimentos para a destinação correta de seus resíduos, além de promover a proteção da saúde pública e do meio ambiente, através da redução, reutilização, reciclagem e destinação adequada dos resíduos sólidos. A política também busca fomentar ações para a eliminação de lixões e recuperação de áreas degradadas (BRASIL, 2010).

A responsabilidade compartilhada é um dos princípios da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, que prevê a participação de todos os setores da sociedade na gestão dos resíduos sólidos. Essa responsabilidade envolve os geradores de resíduos, os fabricantes de produtos, os comerciantes, os coletores de serviços públicos, os catadores de materiais recicláveis e a população em geral.

A PNRS busca incentivar a implementação de práticas sustentáveis e responsáveis na gestão de resíduos, promover a redução do volume de resíduos gerados e fomentar a destinação final adequada dos resíduos, com ênfase na redução, reutilização e reciclagem. Além disso, a política prevê a participação da sociedade na gestão dos resíduos, a inclusão social dos catadores de materiais recicláveis e a responsabilização dos geradores de resíduos.

Outro importante instrumento previsto pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos é a logística reversa, que é o sistema que organiza a coleta e o retorno dos resíduos sólidos aos seus ciclos produtivos ou à destinação final adequada. Esse sistema é obrigatório para alguns setores, como o de embalagens de agrotóxicos, lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias, pneus, entre outros.

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos também prevê a elaboração de planos de resíduos sólidos em todos os níveis da federação, desde o nacional até o municipal. Esses planos devem conter diretrizes, metas e ações para a gestão integrada dos resíduos sólidos, bem como para a implantação da coleta seletiva e da reciclagem.

A legislação estabelece ainda a obrigatoriedade da destinação final adequada dos resíduos sólidos, por meio de técnicas ambientalmente corretas, que garantem a preservação da saúde pública e do meio ambiente.

A PNRS foi criada em resposta aos problemas ambientais e de saúde pública decorrentes da gestão inadequada de resíduos sólidos no Brasil. A criação da PNRS teve como base as discussões sobre a necessidade de se adotar uma gestão integrada de resíduos sólidos, considerando aspectos ambientais, econômicos, sociais, culturais e de saúde pública.

A PNRS também estabelece a hierarquia na gestão dos resíduos, que prioriza a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento e a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos. A política também prevê a responsabilidade compartilhada entre os setores público, privado e sociedade civil na gestão dos resíduos.

A implementação da PNRS ainda enfrenta diversos desafios, como a falta de recursos financeiros e tecnológicos, a falta de capacitação dos gestores públicos e a resistência de setores da sociedade em aderir às mudanças propostas pela política. No entanto, a PNRS é fundamental para a promoção da sustentabilidade e preservação do meio ambiente, sendo necessária a continuidade de esforços para a sua implementação efetiva em todo o país.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, estabelece em seu art.9º a ordem de prioridade que deve ser seguida na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos a fim de proporcionar um gerenciamento mais eficaz e consequentemente amenizar os impactos ambientais ocasionados por eles.

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

O objetivo da política dos resíduos sólidos visa não somente proporcionar uma destinação ambientalmente adequada para os resíduos sólidos, mas também reduzir a quantidade de resíduos e economizar recursos naturais através da reutilização e redução da geração de resíduos. Dessa forma, sua atuação terá impacto em todas as etapas do processo produtivo. A lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, no ART 3º define o conceito de reciclagem, rejeitos e reutilização:

XIV - reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa;

XV - rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;

XVIII -reutilização: processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa.

A implementação da política dos 3 R's (reduzir, reutilizar e reciclar) da sustentabilidade

na gestão dos resíduos sólidos pode ser utilizada como uma estratégia para controlar a geração desses materiais, pois consiste em ações que promovem a sustentabilidade bem como a preservação dos recursos naturais. Essa política tem como fator principal a redução seguida pela reutilização dos materiais consumidos e por último a reciclagem.

2.3 Resíduos Orgânicos

Sendo caracterizado como todo lixo de origem biológica, proveniente de vida vegetal ou animal, os lixos orgânicos ou resíduos orgânicos são um grande desafio para a sociedade brasileira. Estima-se que cada pessoa seja reponsável pela produção diária de aproximadamente 1 kg de resíduos, sendo que deste, mais da metade corresponde a resíduos orgânicos. Em dados gerais, no país a produção diária de lixo orgânico é estimada em 40 mil toneladas, mais da metade da quantidade total de resíduos produzidos (ZAGO; BARROS, 2019).

É válido ressaltar que esse tipo de resíduos apresenta um aspecto positivo no que se refere ao reaproveitamento e reciclagem, concomitantemente, o descarte irregular, acarreta em inúmero problemas. Por exemplo, ao se decompor o lixo orgânico produz gás metano, este que tem intensificado consideravelmente o aquecimento global, além do mais, destaca-se também a produção de chorume, que a depender da quantidade e do contato direto com o solo e os lençóis freáticos, além de os contaminarem também funcional como meio de atração de vetores de doenças (ZAGO; BARROS, 2019).

Ao mesmo tempo, pontua-se que no meio ambiente, os materiais orgânicos se degradam espontaneamente e reciclam os nutrientes em processos como os ciclos do carbono e do nitrogênio, por exemplo, com o processo de queda das folhas de árvores e a interação com solo. Porém, os resíduos orgânicos decorrentes de atividades humanas, quando dispostos em grandes volumes e em locais inadequados, tendem a serem vistos como sérios problemas (LANA; PROENÇA, 2021).

Em termos de destinação, a PNRS estabelece que apenas os rejeitos devem ser enviados para os aterros sanitários, ou seja, apenas aqueles resíduos que não mais são passíveis de serem recuperados ou reciclados, dessa forma, tendo em vista que os resíduos orgânicos têm grandes facilidades de serem reciclados, estes podem, principalmente, serem enviados para processos de compostagem ou biodigestão, sendo que cada município é responsável pela implantação desses sistemas, bem como, viabilizando a forma de utilização dos compostos produzidos (LANA; PROENÇA, 2021).

Atualmente menos de 2% dos resíduos orgânicos são compostados no Brasil, o que em

2019 representou 300 mil toneladas de resíduos orgânicos reciclados. A maior parte ainda segue sendo disponibilizada para a coleta convencional e vai acabar em aterros sanitários ou, pior, em lixões. A disposição de resíduos orgânicos, seja em lixões, seja em aterros sanitários, gera chorume, um líquido poluente de cor escura com alto teor de matéria orgânica, que pode contaminar o solo e as águas subterrâneas. Também resulta na emissão de maus odores, favorece a proliferação de vetores de doenças, como insetos e roedores, e provoca a emissão de metano, um importante gás de efeito estufa, que contribui para o aquecimento global. Estes problemas são mais graves nos lixões comparativamente aos aterros sanitários. Neste último, os problemas são parcialmente mitigados com a captação e tratamento do chorume gerado, com o recobrimento diário dos resíduos e com a drenagem e queima do gás metano (LANA; PROENÇA, 2021, p. 1).

Segundo a PNRS, a promoção da compostagem, a implantação da coleta seletiva e a disposição final no meio ambiente adequada dos rejeitos, faz parte das obrigações dos municípios. Além da PNRS, alguns outros dispositivos legais auxiliam na temática dos resíduos orgânicos e merecem destaques, assim, mencionam-se (BRASIL, 2017):

a) Lei nº 6894, de 16 de dezembro de 1980. Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura, e dá outras providências. (Redação dada pela Lei nº 12.890, de 2013);

b) Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Altera o Anexo ao Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura. (Redação dada pelo Decreto nº 8.384, de 2014);

c) Resolução CONAMA n. 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências;

d) Instrução Normativa SDA nº 25, de 23 de julho de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura;

e) Instrução Normativa SDA nº 27, de 5 de junho de 2006, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Dispõe sobre a importação ou comercialização, para a produção, de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes;

f) Instrução Normativa GM nº 46, de 6 de outubro de 2011, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal de Vegetal;

g) Instrução Normativa GM nº 53, de 23 de outubro de 2013, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estabelece disposições e critérios para a inspeção e fiscalização de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes e materiais secundários; o credenciamento de instituições privadas de pesquisa; e requisitos mínimos para avaliação da viabilidade e eficiência agrônômica e elaboração do relatório técnico-científico para fins de registro de fertilizante, corretivo e biofertilizante na condição de produto novo.

Ao menos 3.000 dos 5.570 municípios do país mantêm lixões a céu aberto, e quase metade deles ainda utiliza os locais para depositar resíduos sólidos, segundo a Abrelpe. Os impactos que podem causar para a fauna, flora e comunidade que vive em volta desses lugares sanitariamente desprotegidos são inúmeros, por isso a necessidade de implantar as ações adequadas para minimizar os efeitos negativos à sociedade (ZAGO; BARROS, 2019).

2.4 Índice Resto-Ingesta

Uma variável capaz de indicar os níveis de desperdício alimentar de uma Unidade Produtora de Refeições é o índice de resto-ingesta (relação entre o resto devolvido pelos comensais e a quantidade de alimentos e preparações oferecidos, expresso em percentagem) (VAZ, 2006; RICARTE et al., 2008; GOMES; JORGE, 2012). Apurar esse índice permite analisar a qualidade das refeições servidas, sob a ótica do desperdício alimentar, que está inserida em conjunto maior de procedimentos operacionalizados em uma Unidade de Alimentação e Nutrição capazes de agregar qualidade ao produto final.

Segundo Castro (2002), o índice resto-ingesta é o quantitativo de alimento que é devolvida do prato ou bandeja do cliente, podendo variar e ser relacionado com os alimentos que não são utilizados, sendo inclusa as preparações que não chegam nem a ser servidas. Também é considerado neste quantitativo a sobra de prato dos consumidores.

O controle do índice resto-ingesta tem como objetivo avaliar a adequação das quantidades preparadas de alimentos em relação às sobras, a quantidade por porção na distribuição e a aceitação do cardápio servido (Teixeira, 2000). Maistro (2000) afirma que índices de resto-ingesta em coletividades sadias abaixo de 10% são aceitáveis, e acima desse percentual de 10% (Mezomo, 2002) em coletividades sadias são considerados inadequados por serem mal planejados ou mal executados.

2.5 Compostagem

Há inúmeras formas de compostar os resíduos orgânicos, nesse sentido, pontua-se que umas das condições iniciais é que os resíduos se degradem de forma mais segura, ou seja, sem a geração de odor e sem que seja atraídos animais. A compostagem pode ser realizada em diversos ambientes, sejam urbanos ou rurais, bem como, espaços institucionais ou não (VALENTE, 2021).

Dentre as tecnologias para opções de tratamento, destacam-se a compostagem, digestão anaeróbica e Tratamento Mecânico Biológico (TMB). O processo da compostagem consiste na conversão do resíduo orgânico em fertilizante orgânico sólido. Na digestão anaeróbica ocorre a digestão de materiais biodegradáveis sob condições anaeróbicas controladas, com foco na recuperação do biogás a ser explorado para geração de energia elétrica renovável, energia térmica e gás veicular. Por fim, no TMB há uma gama de técnicas de reaproveitamento, podendo ocorrer de forma aeróbica, com um produto semelhante ao composto, ou anaeróbica, com produção de biogás (ABRELPE, 2016).

No que tange à compostagem, alguns aspectos devem ser considerados de suma importância, dentre os quais, destacam-se:

- a) ser de fácil acesso;
- b) estar próximo de onde está armazenado o material palhoso, que será usado em grande quantidade;
- c) estar próximo a uma fonte de água, uma vez que o material será molhado à medida que as camadas vão sendo colocadas e também quando o material será revolvido, o que acontecerá várias vezes durante o processo de compostagem;
- d) estar em local com baixa declividade, até 5%, para facilitar o preparo e o manejo da pilha de composto, mas que permita drenagem da água da chuva (SARTORI et al., 2022).

Dentre os principais aspectos positivos da prática de compostagem, destacam-se:

- a) aumento da saúde do solo;
- b) redução da erosão do solo;
- c) redução de doenças de plantas;
- d) manutenção da temperatura e estabilização do pH do solo;
- e) ativação da vida do solo;
- f) aproveitamento agrícola da matéria orgânica;
- g) processo ambientalmente seguro;
- h) degradação de substâncias inibidoras do crescimento vegetal;

- i) economia de tratamento de efluentes;
- j) redução do odor (SARTORI et al., 2022).

2.5.1 Fatores que influencia na compostagem

2.5.1.1 Biocatalisador

Biocatalisadores, que são bactérias decompositoras naturais, que ao entrarem em contato com o composto faz com que ele reaja, fermente e se transforme em um adubo organomineral (ANJOS, 2016).

Biocatalisadores são substâncias orgânicas que aceleram a decomposição da matéria orgânica durante a compostagem. Dentre os mais utilizados, destacam-se os esterco de equinos, bovinos e caprinos, ricos em nitrogênio e enzimas que promovem a atividade microbiana e melhoram a eficiência do processo (Souza et al., 2019). Sua adição contribui para o equilíbrio da relação C/N, garantindo uma decomposição mais eficiente ao balancear fontes de carbono (ex.: podas de árvores) e nitrogênio (ex.: resíduos alimentares) (Kiehl, 2004).

Os biocatalisadores requerem um balanço nutricional entre fontes de carbono e nitrogênio, teor de umidade (%), dentre outros, a fim de dar condições ideais ao desenvolvimento da atividade microbiana e consequentemente à degradação acelerada do resíduo, caso contrário favorecem o desenvolvimento de microrganismos anaeróbios desfavorecendo a atividade microbiana (PEREIRA & FIALHO, 2013).

Além de otimizarem a decomposição, os biocatalisadores ajudam a reter umidade no composto, criando condições favoráveis ao desenvolvimento microbiano. Estudos de Oliveira et al. (2019) mostram que o esterco caprino é especialmente eficiente na disponibilização de potássio, um nutriente essencial para a produção agrícola.

A eficiência da compostagem varia conforme o tipo de biocatalisador utilizado, uma vez que esterco de diferentes animais possuem composições químicas distintas, influenciando parâmetros como pH, matéria orgânica e capacidade de troca catiônica (CTC) (Fernandes et al., 2021). Segundo Souza et al. (2019), o esterco caprino se destaca na retenção de potássio, enquanto o esterco bovino promove uma maior estabilização da matéria orgânica.

Estudos comparativos indicam que a combinação de diferentes biocatalisadores pode gerar um composto mais nutritivo e equilibrado, maximizando seu potencial agrônomo (Oliveira et al., 2019). Dessa forma, a escolha do biocatalisador ideal deve considerar fatores como disponibilidade local, composição química e tipo de resíduo tratado, garantindo uma compostagem mais eficiente e sustentável.

2.5.1.2 PH

Isoldi (1998) afirma que as reações do tipo ácido-base e de óxido-redução são de extrema importância na compostagem. O valor do pH fornece informação sobre o estado de decomposição do composto, sendo o pH final considerado alcalino (COSTA, 2005). Segundo Kiehl (2004), o composto orgânico final pode apresentar pH entre 6,5 e 9,6.

2.5.1.3 Umidade

A umidade é um fator limitante no processo de compostagem, pois a água é essencial na decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos aeróbios. A umidade e a oxigenação são dois aspectos que estão relacionados, pois dependendo da eficiência da aeração e das propriedades dos materiais compostados (estrutura e porosidade), tem-se o teor de umidade ideal no composto (BIDONE e POVINELLI, 1999).

A faixa de umidade ideal para compostagem aeróbia é entre 50-60%, diminuindo com a aeração a medida que o processo avança (KIEHL, 2004).

2.5.1.4 Aeração

Manter as condições ideais de umidade permitem que ocorram trocas gasosas, transporte de produtos decompostos e que a temperatura se mantenha elevada (FERNÁNDEZ, 2008). A oxigenação e a umidade são dois aspectos que se relacionam, uma vez que, em função da eficácia na aeração e as características dos materiais compostados, como estrutura e porosidade, tem-se o teor de umidade ideal no composto (BIDONE e POVINELLI, 1999).

A umidade pode ser ajustada com a mistura dosada de diferentes materiais compostados, em função da umidade presente nos mesmos, ou ainda com a adição de água. Em caso de excesso de água a utilização de materiais mais grosseiros como palhas e cascas, são indicados, aumentando consequentemente, a aeração da composteira (KIEHL, 2001).

2.5.1.5 Temperatura

A temperatura também é outro fator determinante, pois durante o processo ocorre acúmulo de calor, e, esse acúmulo pode chegar até os 80°C, contudo, a temperatura adequada é aquela que varia entre 60°C e 70°C até os primeiros 25 dias, dessa forma, observa-se a necessidade de se controlar a temperatura (SARTORI et al., 2022).

2.5.1.6 Relação carbono – nitrogênio

Para a obtenção de um bom composto é necessário considerar os fatores que influenciam no processo de compostagem. O fator mais importante é a relação carbono/nitrogênio (C/N), visto que o crescimento e diversidade de microrganismos relacionam-se com a concentração de nutrientes, responsáveis por fornecer material para a síntese protoplasmática e a energia necessária para o crescimento celular (TROMBIN et al, 2005). Segundo Kiehl (2001) a relação C/N inicial deve estar entre 25:1 a 35:1, pois os microrganismos absorvem C e N sempre na relação adequada. O fator relação C/N influenciará o tempo de maturação do composto, pois quando a relação for muito elevada o tempo de compostagem será maior, pois faltará N para os microrganismos, e se for muito baixa, o excesso de N será eliminado pelos microrganismos na forma de amônia (NH₃).

2.5.1.7 Granulometria

A decomposição da matéria orgânica é um processo microbiológico, cuja intensidade está relacionada à superfície específica do material a ser compostado, sendo que quanto menor a granulometria das partículas, maior será a área que poderá ser atacada e digerida pelos microrganismos (KIEHL, 2004; VALENTE et al., 2009). Porém, partículas muito pequenas podem favorecer a compactação e dificultar a aeração, devido à reduzida porosidade estabelecida, causando anaerobiose (INÁCIO; MILLER, 2009).

REFERÊNCIAS

- ANJOS, Douglas Urias dos. Benefícios do uso do biocatalisador na cama de frango visando a produção de adubo orgânico. 2016. 32 f., il. Monografia (Bacharelado em Gestão do Agronegócio)—Universidade de Brasília, Planaltina-DF, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. Roteiro para aproveitamento dos resíduos orgânicos. São Paulo: ABRELPE, 2016.
- BERNAL, M. P.; SANCHEZ-MONEDERO, M. A.; PAREDES, C.; ROIG, A. Carbon mineralization from organic waste at different composting stages during their incubation with soil. *Agriculture Ecosystems & Environment*, v. 69, 1998. p. 175-189.
- BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos. São Carlos: EESC/USP, Projeto REENGE, 1999.

BRASIL. Lei nº 12.305/2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2 de agosto de 2010.

CHUNG, S. S; CARLOS W. H. L. O. Evaluation sustainability in waste management: the case of construction and demolition, chemical and clinical wastes in Hong Kong. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 37, n. 2, jan., p. 119-145, 2003. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(02\)00075-7](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(02)00075-7).

COSTA, André Pereira da *et al.* A COMPOSTAGEM COMO RECURSO METODOLÓGICO PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS E GEOGRAFIA NO ENSINO FUNDAMENTAL. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Goiânia, Brasil, v. vol.7, ed. N. 12, 15 out. 2011. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/conbras1/a/%20compostagem.pdf>. Acesso em: 3 de novembro de 2022.

COSTA, M. S. S. M. Caracterização dos rejeitos de novilhos superprecoces: reciclagem energética e de nutrientes. 2005. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2005. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101718/costa_mssm_dr_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 30 mar. 2023.

FERNANDES, F. M.; SILVA, A. R.; COSTA, J. P. Aplicação de biocatalisadores na compostagem de resíduos sólidos orgânicos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, n. 4, p. 293-299, 2021.

FERNÁNDEZ, H. T. M. Producción de biofertilizantes por degradación microbiológica de resíduos orgânicos. *Microorganismos e Agrobiodiversidade: O novo desafio para a agricultura*, Editora Agro livros, 353 – 373p., 2008.

FERREIRA, J. A.; ANJOS, L. A. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. *Cad Saude Publica*, v. 17, n. 3, p. 689-696, 2001.

GOMES, T.C.A.; SILVA, J.A.M.; SILVA, M.S.L. Preparo de composto orgânico na pequena propriedade rural. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. (Instruções Técnicas da Embrapa Semi-Árido, 53).

GOUVEIA, N. P. R. R. Riscos à saúde em áreas próximas a aterros de resíduos sólidos urbanos. *Rev Saude Publica*, v. 44, n. 5, p. 859-866, 2010.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. Artigo. São Paulo, SP, *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, 2012.

INÁCIO, C.T.; MILLER, P. R.M. Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, PNSB - 2008. Rio de Janeiro: IBGE; 2010.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Climate Change 2007: Synthesis Report. Core Writing Team, Pachauri RK, Reisinger A, editors. Geneva: IPCC; 2007.

ISOLDI, L. A. Remoção de nitrogênio de águas residuárias da industrialização de arroz por

tecnologias performantes. Tese (Doutorado em Biotecnologia). Centro de Biotecnologia. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 152p., 1998.

KIEHL, C.J. Produção de composto orgânico e vermicomposto. Informe Agropecuário, v.22, n.212, p.40-42, 47-52, Belo Horizonte, 2001.

KIEHL, J.E. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2005. 492 p.

KIEHL, E.J. Manual da Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto. 4ªed. Piracicaba. 173p. 2004.

LANA, M. M.; PROENÇA, L. C. Resíduos orgânicos. Embrapa Hortaliças, 2021. Disponível em: [https://www.embrapa.br/hortalica-nao-e-so-salada/secoes/residuos-organicos#:~:text=No%20Brasil%2C%20os%20res%C3%ADduos%20org%C3%A2nicos,e%20os%20jeitos%20\(22%20%25\)](https://www.embrapa.br/hortalica-nao-e-so-salada/secoes/residuos-organicos#:~:text=No%20Brasil%2C%20os%20res%C3%ADduos%20org%C3%A2nicos,e%20os%20jeitos%20(22%20%25).). Acesso em: 06 ago. 2023.

LIMA, R. S.; ALVES, D. S.; BARBOSA, M. F. Compostagem de resíduos orgânicos com adição de biocatalisadores: avaliação da eficiência agrônômica. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 41, n. 2, p. 203-215, 2018.

MELLO, E. D.; MONTEIRO, J. A. P. Gestão de Resíduos da Construção Civil. Ribeirão Preto: Painel, AEAARP, 2007

OLIVEIRA, M. R.; PEREIRA, D. S.; NASCIMENTO, T. G. Efeito da adição de esterco na qualidade do composto orgânico. *Engenharia Ambiental*, v. 17, n. 1, p. 23-30, 2019.

PEREIRA, L.A.A.; FIALHO, M.L. Gestão de Sustentabilidade: Compostagem otimizada em resíduos sólidos orgânicos com a utilização de metodologia enzimática na implantação de uma usina de compostagem de lixo no município de Santa Juliana/MG. *International Journal of Knowledge Engineering and Management*. ISSN 23166517, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 52-85, mar./maio, 2013.

RIBEIRO, D. V.; MORELLI, M.R. Resíduos Sólidos: Problemas ou Oportunidade? 1.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

RICARTE, M.P.R., FÉ M.A.B.M., SANTOS I.H.V.S., LOPES A.K.M. Avaliação do Desperdício de Alimentos em uma Unidade de Alimentação e Nutrição em Fortaleza-CE. *Saber Cient.* [Internet]. 2008 [acesso 2023 nov 22]; 1(1): 158–175. Disponível em: <<http://www.revista.saolucas.edu.br/index.php/resc/article/viewFile/10/ED110>>.

SARTORI, V. C.; RIBEIRO, R. T. S.; PAULETTI, G. F.; PANSERA, M. R.; RUPP, L. C. D.; VENTURIN, E. L. Cartilha para Agricultores – Compostagem – Produção de fertilizantes a partir de resíduos orgânicos. 2022. Universidade de Caxias do Sul, Centro de Ciências Agrárias e Biológicas. Disponível em: <https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/cartilha-agricultores-compostagem.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2023.

SARTORI, V. C.; RIBEIRO, R. T. S.; PAULETTI, G. F.; PANSERA, M. R.; RUPP, L. C. D.; VENTURIN, E. L. Cartilha para Agricultores – Compostagem – Produção de fertilizantes a partir de resíduos orgânicos. 2022. Universidade de Caxias do Sul, Centro de Ciências Agrárias e Biológicas. Disponível em: <https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/cartilha-agricultores-compostagem.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2023.

SILVA, J. L.; OLIVEIRA, M. R.; PEREIRA, D. S. Efeito de diferentes fontes de nitrogênio na qualidade do composto orgânico. *Engenharia Ambiental*, v. 17, n. 1, p. 23-30, 2020.

TROMBIN, D.F.; VIANA, E.; RÉUS, G. Z.; BALLMANN, C. A relação C/N dos resíduos sólidos orgânicos do bairro universitário da cidade de Criciúma – SC. In: XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção – Porto Alegre/RS, 2005.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

United Nations Environment Programme. (2021). *Food Waste Index Report 2021*. Nairobi: UNEP.

VALENTE, J. Agência Brasil explica como fazer compostagem de resíduos orgânicos. Agência Brasil, Brasília, 08 nov. 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-11/agencia-brasil-explica-compostagem-de-residuos-organicos>. Acesso em: 06 ago. 2023.

VARENHOLT, Helton. A importância da compostagem dos resíduos orgânicos gerado em ambiente doméstico. 32 f. Trabalho de conclusão do Curso (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira 2015.

VAZ CS. Restaurantes: controlando custos e aumentando lucros. 1ª ed. Brasília: Metha; 2006.

WARD, R. S.; WILLIAMS, G. M.; HILLS, C. C. Changes in major and trace components of landfill gas during subsurface migration. *Waste Manage Res*, v. 14, n. 3, p. 243-261, 1996.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. Population health and waste management: scientific data and policy options. Report of a WHO workshop Rome, Italy, 29-30 March 2007. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2007.

ZAGO, V. C. P.; BARROS, R. T. V. Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade. *Engenharia Sanitaria E Ambiental*, v. 24, n. 2, p. 219–228, 2019. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019181376>

Artigo 01: Publicado na Revista de Gestão e Secretariado (GeSeC), Qualis A4 2017-2020.

Avaliação do Índice Resto-Ingesta da alimentação oferecida por uma Instituição de Ensino em São Luís – MA

Evaluation of the leftovers-ingestion Index of the meals offered by an Educational Institution in São Luís – MA

RESUMO

O inadequado gerenciamento dos resíduos orgânicos gera impactos no meio ambiente e na saúde. O índice capaz de indicar os níveis de desperdício alimentar de uma Unidade de Alimentação e Nutrição (UAN) é o resto-ingesta, sendo a relação entre o resíduo descartado pelos comensais e a quantidade de alimentos e preparações oferecidos. Portanto, o objetivo é avaliar o índice resto-ingesta de uma UAN em uma Instituição de Ensino em São Luís/MA, investigando suas causas e consequências. Para tanto os resíduos de 1025 comensais foram identificados e pesados diariamente, no período de 14/11/2022 a 23/06/2023. O índice resto-ingesta é igual massa dos resíduos após refeições, dividido pelo número de refeições servidas, em percentagem. Os valores de resto-ingesta foram estratificados: ótimo (0 a 3%), bom (3,1 a 7,5%), ruim (7,6 a 10%) e inaceitável (>10%). Como resultado observou-se que o desperdício de alimento foi de 1263,40 kg, enquanto o resto-ingesta teve um valor médio de 4,96 %. Destaca-se que, em 7 dias, os valores de resto-ingesta foram considerados ÓTIMO (0 a 3%), em 44 dias foram BOM (3,1 a 7,5%), e 4 dias foram RUIM (7,6 a 10%), não houve valores INACEITÁVEL (>10%). Conclui-se que o valor médio do índice do resto-ingesta (4,96%) foi BOM, ficando abaixo do valor INACEITÁVEL (>10%). Cabe ressaltar que a análise do índice resto-ingesta desempenha um papel significativo na avaliação do UAN, permitindo uma compreensão da qualidade das refeições fornecidas, indicando sobre as preferências e características dos comensais, bem como sua aceitação em relação aos cardápios oferecidos.

Palavras-chave: Resíduos sólidos; Resíduos Orgânicos; Cálculo resto-ingesta; Compostagem.

ABSTRACT

The inadequate management of organic waste generates impacts on the environment and health. The index capable of indicating the levels of food waste in a Food and Nutrition Unit (UAN) is the leftovers-ingestion, being the ratio between the waste discarded by diners and the quantity of foods and preparations offered. Therefore, the objective is to evaluate the leftovers-ingestion index of a UAN in an Educational Institution in São Luís/MA, investigating its causes and consequences. For this purpose, the waste from 1025 diners was identified and weighed daily, from 11/14/2022 to 06/23/2023. The leftovers-ingestion index is equal to the mass of the waste after meals, divided by the number of meals served, in percentage. The leftovers-ingestion values were stratified: optimal (0 to 3%), good (3.1 to 7.5%), poor (7.6 to 10%), and unacceptable (>10%). As a result, it was observed that food waste was 1263.40 kg, while the leftovers-ingestion had an average value of 4.96%. It is noteworthy that, in 7 days, the leftovers-ingestion values were considered OPTIMAL (0 to 3%), in 44 days were GOOD (3.1 to 7.5%), and 4 days were POOR (7.6 to 10%), there were no UNACCEPTABLE values (>10%). It is concluded that the average value of the leftovers-ingestion index (4.96%) was GOOD, falling below the UNACCEPTABLE value (>10%). It is worth mentioning that the analysis of the leftovers-ingestion index plays a significant role in the evaluation of the UAN, allowing an understanding of the quality of the meals provided, indicating the preferences and characteristics of the diners, as well as their acceptance regarding the offered menus.

Keywords: Solid Waste; Organic Waste; Leftovers-ingestion calculation; Composting.

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade vive-se em uma era dos excessos e do consumo, esse fato conduz a geração de resíduos sólidos em excesso e, nesse contexto, também, a geração de resíduos orgânicos, porém, por mais que sejam gerados resíduos em grandes quantidades, ainda assim, percebe-se uma grande dificuldade em como lidar com esse volume excessivo, e, essa realidade é vista a partir do momento em que observam-se os aterros sanitários saturados, e, a baixa taxa de exploração de técnicas de compostagem, por exemplo, o que afeta não gerando riqueza, energia, gás e dentre outros (Varenholt, 2015).

Assim, em um planeta onde bilhões de pessoas sofrem de insegurança alimentar e carências nutricionais, é uma ironia inquietante que aproximadamente 931 milhões de toneladas de alimentos foram desperdiçados em 2019 (UNEP, 2021). Uma vez que o resíduo orgânico, por não ser coletado separadamente, acaba sendo encaminhado para disposição final, juntamente com os resíduos domiciliares. Essa forma de destinação gera, para a maioria dos municípios, despesas que poderiam ser evitadas caso a matéria orgânica fosse separada na fonte e encaminhada para um tratamento específico, por exemplo, via compostagem (Ministério do Meio ambiente, 2020).

O índice de resto-ingesta é uma relação entre o resto devolvido pelos comensais e a quantidade de alimentos e preparações oferecidos, expresso em percentagem, capaz de indicar os níveis de desperdício alimentar de uma Unidade de Alimentação e Nutrição (UAN) (Vaz, 2006; Ricarte *et al.*, 2008). Um estudo com análise cuidadosa do que os alunos consomem e do que deixam no prato (ou seja, o resto-ingesta), é essencial para avaliar a eficácia dos programas de alimentação nas instituições de ensino.

Monitorar e controlar o resto-ingesta é fundamental devido à relação com o equilíbrio de nutrientes e calorias ingeridas pelo comensal e o custo total proveniente da elaboração do cardápio (Maistro, 2000). Sendo assim, a compreensão das preferências alimentares, desperdício de alimentos e o valor nutricional das refeições servidas pode informar políticas e práticas de alimentação escolar mais eficazes.

Sendo assim, as instituições de ensino, desde escolas primárias até universidades, desempenham um papel vital na promoção de hábitos alimentares saudáveis entre os alunos, oferecendo refeições balanceadas em suas instalações. Sob o aspecto conceitual, a Unidade de Alimentação e Nutrição (UAN) é considerada como a unidade de trabalho ou órgão de uma empresa que desempenha atividades relacionadas à alimentação e à nutrição, independentemente da situação que ocupa na escala hierárquica da entidade (Cardoso *et al.*,

2005). Em uma UAN, o desperdício é sinônimo de falta de qualidade e deve ser evitado por meio de um planejamento adequado, a fim de que não existam excessos de produção e consequentes sobras (Ricarte *et al.*, 2008).

Dessa maneira, a sensibilização ambiental e preocupação com o uso sustentável dos recursos, a problemática dos resíduos alimentares ganha destaque. Portanto, objetivo dessa pesquisa é avaliar o índice resto-ingesta da alimentação oferecida por um restaurante escola localizado em uma instituição de ensino da cidade de São Luís - MA.

2. METODOLOGIA

Essa pesquisa é classificada como aplicada, exploratória, com procedimento experimental e abordagem quali-quantitativa, e foi realizada no período de outubro de 2022 a julho de 2023. Inicialmente foi realizada consulta eletrônica nas bases de dados online: Ebscohost, Google acadêmico, minha biblioteca Virtual, Portal de periódicos CAPES/MEC, utilizando-se os descritores em: resto-ingesta; resíduos orgânicos; tratamento de resíduos; restaurante escola; restaurante universitário, desperdício de alimentos.

2.1 Caracterização da Área de Estudo

A instituição de ensino utilizada nesta pesquisa faz parte de uma rede de escolas públicas do estado do Maranhão, que tem como objetivo oferecer educação pública e gratuita, buscando o desenvolvimento social, tecnológico e econômico da região, vinculado à Secretaria de Educação do Estado do Maranhão (SEDUC).

A unidade escolar, objeto de estudo, está localizada na cidade de São Luís/MA, no bairro do Anil, com uma área aproximada de 02 hectares, sob a coordenada -2.545747; -44.237965 (Figura 01), e iniciou suas atividades em 2021, com Ensino Médio Técnico de Tempo Integral. Atualmente possui 900 alunos, matriculados em 08 (oito) cursos técnicos, distribuídos em 27 salas de aula. A instituição dispõe de uma Unidade de Alimentação e Nutrição (UAN) que oferta diariamente 03 (três) refeições (lanche da manhã, almoço, lanche da tarde) para 900 alunos, 85 docentes e 50 servidores técnicos administrativos.

2.2 Identificação e quantificação dos resíduos orgânicos

O período de coleta de resíduos orgânicos no restaurante-escola foi dividido em dois momentos, sendo eles de 14/11/2022 a 02/12/2022 e 24/04/2023 a 23/06/2023, perfazendo um total de 12 semanas, durante esse período houve pausa nas atividades do restaurante escola, em

decorrência de férias escolares e greve dos professores da rede estadual.

Os resíduos foram identificados por meio do cardápio semanal e informações do chefe de cozinha e confirmadas no processo de triagem. Durante a triagem houve segregação dos restos de refeição e de resíduos descartados incorretamente, como plásticos, papéis e talheres de metal.

Após a identificação dos resíduos, a quantificação da massa diária dos resíduos foi realizada por meio de uma balança digital e levantado o número aproximado de refeições servidas por dia, para realizar o levantamento da geração diária de resíduos (total de resíduos e geração per capita por dia, semana, mês e ano).

2.3 Cálculo do índice resto – ingesta

Para o cálculo do índice resto-ingesta utilizou-se os resíduos orgânicos gerados no restaurante da escola, onde foram consideradas as variáveis massa dos resíduos após refeições (quantidade de alimentos devolvida no prato ou bandeja pelos comensais), de acordo com Silva Junior (2002), e o número de refeições servidas diariamente.

O índice resto-ingesta é igual massa dos resíduos após refeições, dividido pelo número de refeições servidas, em percentagem (Augustini *et al.*, 2008). Os valores de resto-ingesta foram estratificados: ótimo (0 a 3%), bom (3,1 a 7,5%), ruim (7,6 a 10%) e inaceitável (mais que 10%), conforme Aragão (2005).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Identificação dos resíduos orgânicos

A identificação do alimento foi realizada com o cruzamento de informações coletadas no restaurante (cardápio) com a triagem do resíduo na hora da pesagem. A Tabela 1, abaixo, apresenta os alimentos distribuídos nos dias utilizados na pesquisa.

Tabela 1 - Alimentos descartados por dia

SEMANA	Segunda feira		Terça feira		Quarta feira		Quinta feira		Sexta Feira	
	Data	Resíduos	Data	Resíduos	Data	Resíduos	Data	Resíduos	Data	Resíduos
1	14/11/22	Ponto facultativo	15/11/22	FERIADO (Proclamação da República)	16/11/22	Arroz, carne, feijão, abóbora, maxixe, quiabo, farofa, rúcula, pepino, tomate, tangerina.	17/11/22	Arroz, frango, feijão, Jongome, farofa, repolho, cebolinha, tomate, banana.	18/11/22	Arroz, feijão, peixe, farofa, vinagrete, melancia.

SEMANA	Segunda feira		Terça feira		Quarta feira		Quinta feira		Sexta Feira	
	Data	Resíduos	Data	Resíduos	Data	Resíduos	Data	Resíduos	Data	Resíduos
2	21/11/22	Arroz, macarrão, carne, pimentão, cebola, feijão, acelga, tomate melancia.	22/11/22	Arroz, cenoura, frango, batata inglesa, farofa, acelga, pepino, tomate, cebolinha.	23/11/22	Arroz, farofa, feijão, carne suína, cebola, cenoura, tomate, cebolinha.	24/11/22	Arroz, carne bovina, feijão, João Gomes, rúcula, manjericão.	25/11/22	Arroz, quiabo, abóbora, frango, feijão, farofa, alface, coentro, cebolinha, beterraba, abacaxi.
3	28/11/22	Arroz, macarrão, carne, pimentão, cebola, feijão, acelga, tomate, melancia.	29/11/22	Arroz, cenoura, frango, batata inglesa, farofa, acelga, pepino, tomate, cebolinha.	30/11/22	Arroz, farofa, feijão, carne suína, cebola, cenoura, tomate, cebolinha.	01/12/22	Arroz, carne bovina, feijão, João Gomes, rúcula e manjericão.	02/12/22	Arroz, quiabo, abóbora, frango, feijão, farofa, alface, coentro, cebolinha, beterraba, abacaxi.
4	24/04/23	Arroz, carne, quiabo, vinagreira, berinjela, farofa, alface, pepino, coentro, laranja.	25/04/23	Arroz, feijão, frango, repolho, beterraba.	26/04/23	Arroz, feijão, carne bovina, batata inglesa, macarrão, acelga e pepino.	27/04/23	Arroz, frango, feijão, abóbora, milho, alface, pepino, cheiro verde, melancia.	28/04/23	Arroz pimentão, coentro, carne bovina, macaxeira, feijão, alface, pepino, tomate.
5	01/05/23	FERIADO (Dia do Trabalhador)	02/05/23	Arroz, feijão; frango, repolho, beterraba.	03/05/23	Arroz, feijão, carne bovina, batata inglesa, macarrão, acelga, pepino.	04/05/23	Arroz, frango, feijão, abóbora, milho, alface, pepino, coentro, melancia.	05/05/23	Arroz, cenoura, pimentão, coentro, carne, macaxeira, feijão, alface, pepino, tomate.
6	08/05/23	Arroz, frango, feijão, repolho, cenoura, salsa, farinha, couve.	09/05/23	Arroz, abóbora, carne, cebola, feijão repolho, beterraba, tangerina.	10/05/23	Arroz, vagem, cenoura, vinagreira, peixe, alface, repolho, tomate, abacaxi.	11/05/23	Arroz, feijão verde, carne suína, batata doce, acelga, pepino.	12/05/23	Arroz, João Gomes, carne bovina, maxixe, abóbora, laranja.
7	15/05/23	Arroz, couve, carne bovina, batata inglesa, alface, rúcula, tomate, melão.	16/05/23	Arroz, abóbora, frango, feijão, couve, alface, pepino, tomate.	17/05/23	Arroz, carne bovina, feijão, João Gomes, abóbora, farofa, tomate, cebola, coentro, abacaxi.	18/05/23	Arroz, macarrão, batata doce, frango, rúcula, alface, tomate.	19/05/23	Arroz, couve, feijão, carne bovina, abóbora, maxixe, farofa
8	22/05/23	Arroz, frango, batata inglesa, cenoura, chuchu	23/05/23	Arroz, peixe, feijão, tomate, coentro melancia;	24/05/23	Arroz, feijão, carne bovina, batata inglesa, acelga, pepino.	25/05/23	Arroz, feijão, frango, repolho, beterraba.	26/05/23	Arroz, feijão, carne bovina, farofa, couve, laranja;
9	29/05/23	Arroz, macarrão, carne bovina, abóbora, vinagreira, alface, pepino, melancia.	30/05/23	Arroz, cenoura, frango, feijão, maxixe, quiabo, alface, pepino, coentro, laranja;	31/05/23	Arroz, carne bovina, rúcula, tomate.	01/06/23	Arroz, vinagreira, peixe, farofa, tomate, cebola, coentro, abacaxi.	02/06/23	Arroz, couve, feijão, carne bovina, abóbora, maxixe, farofa.

SEMANA	Segunda feira		Terça feira		Quarta feira		Quinta feira		Sexta Feira	
	Data	Resíduos	Data	Resíduos	Data	Resíduos	Data	Resíduos	Data	Resíduos
10	05/06/23	Arroz, carne, quiabo, vinagreira, beringela, feijão, abóbora, alface, pepino, tomate	06/06/23	Arroz, feijão verde, frango, batata doce, alface, pepino, tomate	07/06/23	Arroz, joão gomes, carne bovina feijão, maxixe, abóbora, melancia	08/06/23	Ponto facultativo (Corpus Christi)	09/06/23	Ponto facultativo
11	12/06/23	Arroz, carne, quiabo, vinagreira, beringela, feijão, abóbora, alface, pepino, tomate, tangerina.	13/06/23	Arroz, cenoura, frango, feijão, couve, alface, pepino, tomate, melancia.	14/06/23	Arroz, carne bovina, feijão, joão gomes, abóbora, farofa, tomate, cebola, coentro.	15/06/23	Arroz, vagem, cenoura, vinagreira, peixe alface, repolho, tomate, abacaxi.	16/06/23	Arroz, feijão, carne bovina; farofa, couve, laranja.
12	19/06/23	Arroz, feijão verde, carne, abóbora, macaxeira, abobrinha, alface e pepino, tangerina.	20/06/23	Arroz, feijão, frango, repolho, beterraba.	21/06/23	Arroz, carne bovina batata doce, tomate, repolho e coentro.	22/06/23	Arroz, carne bovina, feijão, joão gomes rúcula e manjerição.	23/06/23	Arroz, cenoura, pimentão cheiro verde, carne bovina macaxeira. feijão, alface, pepino, tomate.

3.2 Quantificação dos resíduos orgânicos

A Tabela 02 apresenta os dados consolidados dos resíduos gerados semanalmente. Onde a média da geração semanal foi de 156,19 kg, com desvio padrão de 56,58 kg e coeficiente de variação de 36,22%. O valor mínimo encontrado foi de 80,23 kg e o máximo de 267,52 kg.

Tabela 2 - Quantificação semanal dos resíduos gerados no restaurante escola

Semana	Período	Resíduo gerado (kg) semanalmente	Média diária de resíduo gerado semanalmente (kg)	Nº de refeições semanal	Média diária de refeições semanal	Massa da refeição semanal (kg)	Resíduos do preparo de alimentos semanalmente (kg)	Resíduos após refeições semanalmente (kg)	Geração de resíduos per capita semanalmente (g/pessoa semana)	Média diária da geração de resíduos per capita semanalmente (g/pessoa/dia)
1	14 a 18/11/22	118,15	39,38	2193	1315,80	36,15	82,00	731,00	161,51	53,84
2	21 a 25/11/22	80,23	16,05	3634	2180,40	23,94	56,29	726,80	111,16	22,23
3	28/11/22 a 02/12/22	103,21	20,64	3203	1921,80	36,15	67,06	640,60	161,45	32,29
4	24 a 28/04/23	185,76	37,15	3661	2196,60	66,27	119,49	732,20	248,68	49,74
5	01 a 05/05/23	114,87	28,72	2873	1723,80	42,83	72,04	718,25	159,93	39,98
6	08 a 12/05/23	194,64	38,93	3899	2339,40	67,88	126,76	779,80	250,46	50,09
7	15 a 19/05/23	163,15	32,63	3713	2227,80	48,41	114,74	742,60	214,78	42,96

Semana	Período	Resíduo gerado (kg) semanalmente	Média diária de resíduo gerado semanalmente (kg)	Nº de refeições semanal	Média diária de refeições semanal	Massa da refeição semanal (kg)	Resíduos do preparo de alimentos semanalmente (kg)	Resíduos após refeições semanalmente (kg)	Geração de resíduos per capita semanalmente (g/pessoa semana)	Média diária da geração de resíduos per capita semanalmente (g/pessoa/dia)
8	22 a 26/05/23	152,27	30,45	3889	2333,40	56,55	95,72	777,80	200,43	40,09
9	29/05/23 a 02/06/23	267,52	53,50	4323	2593,80	86,60	180,92	864,60	309,85	61,97
10	05 a 09/06/23	92,42	30,81	2077	1246,20	26,28	66,14	692,33	133,56	44,52
11	12 a 16/06/23	218,04	43,61	4757	2854,20	65,18	152,86	951,40	229,23	45,85
12	19 a 23/06/23	184,03	36,81	3778	2266,80	54,63	129,40	755,60	232,76	46,55
Total		1874,27	408,67	42000,00	9112,98	25200,00	610,87	1263,40	2413,80	530,10
Média		156,19	34,06	3500	759,42	2100,00	50,91	105,28	201,15	44,17
Mínima		80,23	16,05	2077	640,60	1246,20	23,94	56,29	111,16	22,23
Máxima		267,52	53,50	4757	951,40	2854,20	86,60	180,92	309,85	61,97
Desvio Padrão		56,58	9,99	794,81	80,85	476,89	18,80	38,67	57,20	10,19
Coefficiente de variação (%)		36,22	29,32	22,71	10,65	22,71	36,93	36,73	28,44	23,08

A partir da Tabela 02, acima, é possível estimar a média mensal de resíduos gerados, na qual é aproximadamente 624,74 kg, enquanto a média mensal de refeições distribuídas é de 14000, já a geração de resíduos per capita mensalmente é de 804,60 g/pessoa x mês. Por fim estima-se que a média anual de resíduos, considerado apenas 9 meses de atividades escolares, pois os demais meses são férias, é de 5622,807 kg.

3.3 Cálculo do índice resto-ingesta

Durante os períodos de 14/11/2022 à 02/12/2022 e 24/04/2023 à 23/06/2023 foram servidas aproximadamente 42000 refeições no restaurante-escola, o que gerou 1874,22 kg de resíduos orgânicos. Na Tabela 03, abaixo, está apresentada a quantificação diária dos resíduos gerados no restaurante escola, bem como o número de aproximado de Refeições diárias e geração diária de resíduos Per capita.

Tabela 3 - Quantificação diária dos resíduos gerados no restaurante escola

Semana	Data	Segunda feira						
		Nº Aproximado de Refeições diárias	Massa da refeição (kg)	Resíduos do preparo de alimentos (kg)	Resíduos após refeições (kg)	Resíduo gerado diariamente (kg)	Resto-ingesta (%)	Geração diária de resíduos Per capita (g/pessoa/dia)
1	14/11/22	-	-	-	-	-	-	-
2	21/11/22	750	450,00	5,15	12,08	17,23	2,68	22,97
3	28/11/22	556	333,60	4,32	16,03	20,35	4,81	36,60
4	24/04/23	630	378,00	3,56	13,85	17,41	3,66	27,63

5	01/05/23	-	-	-	-	-	-	-
6	08/05/23	862	517,20	9,72	36,78	46,50	7,11	53,94
7	15/05/23	835	501,00	12,57	37,63	50,20	7,51	60,12
8	22/05/23	696	417,60	9,81	25,34	35,15	6,07	50,50
9	29/05/23	894	536,40	14,68	53,55	68,23	9,98	76,32
10	05/06/23	763	457,80	8,37	21,88	30,25	4,78	39,65
11	12/06/23	926	555,60	10,48	40,24	50,72	7,24	54,77
12	19/06/23	787	472,20	11,76	36,31	48,07	7,69	61,08
Total		7699,00	4619,40	90,42	293,69	384,11	61,54	483,60
Mínima		556,00	333,60	3,56	12,08	17,23	2,68	22,97
Média		769,90	461,94	9,04	29,37	38,41	6,15	48,36
Máxima		926,00	555,60	14,68	53,55	68,23	9,98	76,32
Desvio Padrão		117,38	70,43	3,69	13,60	17,10	2,18	16,49

Terça feira

Semana	Data	Nº Aproximado de Refeições diárias	Massa da refeição (kg)	Resíduos do preparo de alimentos (kg)	Resíduos do após refeições (kg)	Resíduo gerado diariamente (kg)	Resto- ingesta (%)	Geração diária de resíduos Per capita (g/pessoa/dia)
1	15/11/22	-	-	-	-	-	-	-
2	22/11/22	778	466,80	7,34	14,05	21,39	3,01	27,49
3	29/11/22	698	418,80	9,75	12,60	22,35	3,01	32,02
4	25/04/23	856	513,60	19,42	33,59	53,01	6,54	61,93
5	02/05/23	698	418,80	7,82	19,13	26,95	4,57	38,61
6	09/05/23	754	452,40	9,12	16,22	25,34	3,59	33,61
7	16/05/23	668	400,80	4,35	13,26	17,61	3,31	26,36
8	23/05/23	747	448,20	19,54	20,77	40,31	4,63	53,96
9	30/05/23	759	455,40	16,35	32,21	48,56	7,07	63,98
10	06/06/23	623	373,80	5,35	19,61	24,96	5,25	40,06
11	13/06/23	965	579,00	23,51	48,20	71,71	8,32	74,31
12	20/06/23	601	360,60	0,80	5,54	5,54	1,53	9,21
Total		8147,00	4888,20	123,35	234,37	357,72	50,61	461,54
Mínima		601,00	360,60	0,80	4,74	5,54	1,31	9,21
Média		740,64	444,38	11,21	21,31	32,52	4,60	41,96
Máxima		965,00	579,00	23,51	48,20	71,71	8,32	74,31
Desvio Padrão		103,85	62,31	7,33	12,22	18,95	2,07	19,45

Quarta feira

Semana	Data	Nº Aproximado de Refeições diárias	Massa da refeição (kg)	Resíduos do preparo de alimentos (kg)	Resíduos do após refeições (kg)	Resíduo gerado diariamente (kg)	Resto- ingesta (%)	Geração diária de resíduos Per capita (g/pessoa/dia)
1	16/11/22	713	427,80	11,32	26,57	37,89	6,21	53,14
2	23/11/22	598	358,80	3,54	10,24	13,78	2,85	23,04
3	30/11/22	646	387,60	8,24	15,88	24,12	4,10	37,34
4	26/04/23	689	413,40	18,25	30,70	48,95	7,43	71,04
5	03/05/23	721	432,60	16,27	16,67	32,94	3,85	45,69
6	10/05/23	889	533,40	24,12	26,36	50,48	4,94	56,78
7	17/05/23	782	469,20	13,29	22,25	35,54	4,74	45,45
8	24/05/23	862	517,20	7,32	16,12	23,44	3,12	27,19
9	31/05/23	915	549,00	21,59	33,09	54,68	6,03	59,76
10	07/06/23	691	414,60	12,56	24,65	37,21	5,95	53,85
11	14/06/23	959	575,40	14,26	17,70	31,96	3,08	33,33
12	21/06/23	698	418,80	8,34	17,88	26,22	4,27	37,56

Total		9163,00	5497,80	159,10	258,11	417,21	56,56	544,17
Mínima		598,00	358,80	3,54	10,24	13,78	2,85	23,04
Média		763,58	458,15	13,26	21,51	34,77	4,71	45,35
Máxima		959,00	575,40	24,12	33,09	54,68	7,43	71,04
Desvio Padrão		115,84	69,51	6,07	6,86	12,16	1,44	14,23
Quinta feira								
Semana	Data	Nº Aproximado de Refeições diárias	Massa da refeição (kg)	Resíduos do preparo de alimentos (kg)	Resíduos do após refeições (kg)	Resíduo gerado diariamente (kg)	Resto-ingesta (%)	Geração diária de resíduos Per capita (g/pessoa/dia)
1	17/11/22	754	452,40	14,35	28,41	42,76	6,28	56,71
2	24/11/22	851	510,60	4,35	9,23	13,58	1,81	15,96
3	01/12/22	687	412,20	9,49	11,86	21,35	2,88	31,08
4	27/04/23	713	427,80	6,79	13,32	20,11	3,11	28,20
5	04/05/23	751	450,60	9,49	18,83	28,32	4,18	37,71
6	11/05/23	635	381,00	13,47	28,67	42,14	7,52	66,36
7	18/05/23	637	382,20	7,62	16,13	23,75	4,22	37,28
8	25/05/23	731	438,60	14,52	17,23	31,75	3,93	43,43
9	01/06/23	852	511,20	17,53	34,12	51,65	6,67	60,62
10	08/06/23	-	-	-	-	-	-	-
11	15/06/23	961	576,60	7,35	20,37	27,72	3,53	28,84
12	22/06/23	779	467,40	22,31	34,89	57,20	7,46	73,43
Total		8351,00	5010,60	127,27	233,06	360,33	51,60	479,63
Mínima		635,00	381,00	4,35	9,23	13,58	1,81	15,96
Média		759,18	455,51	11,57	21,19	32,76	4,69	43,60
Máxima		961,00	576,60	22,31	34,89	57,20	7,52	73,43
Desvio Padrão		98,36	59,02	5,37	8,96	13,88	1,97	18,22
Sexta feira								
Semana	Data	Nº Aproximado de Refeições diárias	Massa da refeição (kg)	Resíduos do preparo de alimentos (kg)	Resíduos do após refeições (kg)	Resíduo gerado diariamente (kg)	Resto-ingesta (%)	Geração diária de resíduos Per capita (g/pessoa/dia)
1	18/11/22	726	435,60	10,48	27,02	37,50	6,20	51,65
2	25/11/22	657	394,20	3,56	10,69	14,25	2,71	21,69
3	02/12/22	616	369,60	4,35	10,69	15,04	2,89	24,42
4	28/04/23	773	463,80	18,25	28,03	46,28	6,04	59,87
5	05/05/23	703	421,80	9,25	17,41	26,66	4,13	37,92
6	12/05/23	759	455,40	11,45	18,73	30,18	4,11	39,76
7	19/05/23	791	474,60	10,58	25,47	36,05	5,37	45,58
8	26/05/23	853	511,80	5,36	16,26	21,62	3,18	25,35
9	02/06/23	903	541,80	16,45	27,95	44,40	5,16	49,17
10	09/06/23	-	-	-	-	-	-	-
11	16/06/23	946	567,60	9,58	26,35	35,93	4,64	37,98
12	23/06/23	913	547,80	11,42	35,58	47,00	6,50	51,48
Total		8640,00	5184,00	110,73	244,18	354,91	50,93	444,86
Mínima		616,00	369,60	3,56	10,69	14,25	2,71	21,69
Média		785,45	471,27	10,07	22,20	32,26	4,63	40,44
Máxima		946,00	567,60	18,25	35,58	47,00	6,50	59,87
Desvio Padrão		108,10	64,86	4,58	7,95	11,77	1,35	12,56

Observa-se na Tabela 02, que durante a execução da pesquisa, foram servidas 42000 refeições, em 55 dias, para discentes, docentes e servidores técnico-administrativos, sendo a

mínima diária de 556 refeições e a máxima de 965, com média de 763,75 (desvio-padrão= 105,83) e coeficiente de variação igual a 13,86 %. Observou-se que nos dias de quartas-feiras foi maior o número de refeições (9163) e, nas segundas-feiras, o menor (7699).

Foram distribuídos 25200 kg de alimentos, onde a média da massa de refeição diária, durante o período da pesquisa, foi 458,25 kg (desvio-padrão= 63,49 kg) e coeficiente de variação igual a 13,86 %, sendo a mínima diária igual a 333,60 kg e, a máxima, 579,00 kg.

O total de resíduos de preparo de alimento foi de 620,07 kg, onde a média diária, durante o período da pesquisa, foi 11,02 kg (desvio-padrão= 5,60 kg) e coeficiente de variação igual a 50,84 %, sendo a mínima diária igual a 0,80 kg e, a máxima, 24,12 kg.

O desperdício total de alimento (resíduos após as refeições) foi de 1263,40 kg e manteve-se diariamente entre 4,74 kg e 53,55 kg, com média igual a 23,11 g (desvio padrão= 10,20 g) e coeficiente de variação igual a 44,13 %. Conforme dados repassados pelo restaurante escola, a quantidade per capita servida, por refeição é aproximadamente 600 g, esse valor corrobora com o estudo realizado por Zanini et al., (2013), no Restaurante Universitário da Universidade Federal de Santa Maria, que apresentou um peso médio de 600g. Enquanto um estudo realizado no Restaurante Universitário do Ceará encontrou um peso médio de 665g (Ricarte et al., 2008).

A quantidade total de resíduos orgânicos gerados foi de 1874,27 kg e diariamente esteve entre 5,54 kg e 71,71 kg, com média igual a 34,14 kg (desvio-padrão= 14,55 kg) e coeficiente de variação igual a 42,63 %. Considerando-se o resto-ingesta, observou-se um valor médio de 4,96 % (desvio-padrão=1,84 %), e coeficiente de variação igual a 37,20 %, mínimo 1,31 % e máximo 9,98 %. Observou-se uma quantidade alta de alimento descartado, quando se analisou a massa (kg) dos resíduos após as refeições. No entanto, quando se considerou o resto-ingesta (%) observou-se que o valor médio (4,96%) foi considerado BOM (3,1 a 7,5%), ficando abaixo do valor considerado inaceitável (>10%) para comunidades sadias (Aragão, 2005).

Destaca-se que, em 7 dias, os valores de resto-ingesta foram considerados ÓTIMO (0 a 3%), em 44 dias os valores foram considerados BOM (3,1 a 7,5%), e 4 dias foram considerados RUIM (7,6 a 10%), não houve valores INACEITÁVEL (>10%). O percentual médio de resto-ingesta em estudo que avaliou 25 cardápios de um RU, em Fortaleza, foi superior (8,39%), sendo ruim em 12 dias (48% do total); bom em 9 dias e inaceitável em 4 dias, considerando que alimentos como picadinho, peixe, fígado e saladas de repolho não tiveram boa aceitação (Ricarte et al., 2008).

Em outro estudo realizado numa Unidade de Alimentação Institucional, em Fortaleza, foi observado o resto-ingesta médio igual a 7,1%, superior à média encontrada no Restaurante escola desta pesquisa. Entretanto, foram observados resultados similares quanto à classificação

dos índices de resto-ingesta e nenhum índice inaceitável (Aragão, 2005). Em estudo realizado em empresa metalúrgica, em Piracicaba-SP, foi obtido valor médio inferior (5,83%) ao inaceitável (10%) (Augustini et al., 2008). No Colégio Agrícola de Guarapuava (Paraná) foi observado valor médio de resto-ingesta superior (11,17%), considerado inadequado pela literatura (Moura et al., 2010).

O total da geração de resíduos per capita foi 2413,80 g/pessoa, onde a média diária da geração desses resíduos, durante o período da pesquisa, foi 43,94 g/pessoa x dia (desvio-padrão= 15,96 g/pessoa x dia) e coeficiente de variação igual a 36,32 %, sendo a mínima diária igual a 9,21 g/pessoa x dia e, a máxima, 76,32 g/pessoa x dia. Resultados similares foram observados em estudos realizados por Zanini *et al.*, (2013), no Restaurante Universitário da Universidade Federal de Santa Maria, e em estudo realizado no Colégio Agrícola de Guarapuava, no Paraná (Moura *et al.*, 2010), que apresentaram uma variação de 30 a 200 g/pessoa x dia, com média de 60 g/pessoa x dia; Outro estudo que apresenta resultados que reforçam a pesquisa, foi realizado em uma empresa metalúrgica, em Piracicaba, SP, os valores oscilaram de 40 a 90 g/pessoa x dia (Augustini *et al.*, 2008).

Outro estudo realizado no Restaurante Universitário da UFSM, em 2001, observou que o resto per capita era de 80,87 g/pessoa x dia, antes da realização de uma campanha de sensibilização de desperdício denominada “Resto Zero”, reduzindo para 41,88 g/pessoa x dia nos anos posteriores (Zimmermann & Mesquita, 2011). A falta de sensibilização com a causa da geração de resíduos e o desperdício de alimentos, a qualidade da preparação, a temperatura da refeição servida e preferências alimentares são alguns fatores que podem interferir e dificultar a redução de desperdício (Zanini *et al.*, 2013).

4. CONCLUSÃO

Os objetivos traçados nesta pesquisa, foram alcançados, pois os resíduos gerados pelo restaurante escola foram identificados e quantificados para em seguida serem usados no cálculo do índice do resto-ingesta, onde foi constatado que, embora visualmente houvesse uma quantidade alta de alimentos descartados, o resto-ingesta (%) apresentou um valor médio de 4,96%, considerado BOM, ficando abaixo do valor INACEITAVÉL (>10%) de acordo com Aragão (2005).

Cabe ressaltar que a análise do índice de resto-ingesta desempenha um papel significativo na avaliação com relação a Unidade de Alimentação e Nutrição, permitindo uma compreensão mais profunda da qualidade das refeições fornecidas, indicando informações sobre as preferências e características dos comensais, bem como sua aceitação em relação aos

cardápios oferecidos (Silva et al., 2010).

Considerando os resultados, a compostagem dos resíduos orgânicos oriundos do restaurante escola, pode ser considerada como uma alternativa para tratar os resíduos orgânicos, pois pode reduzir em mais de 60% o seu volume, produzindo ao final do processo, um material estável que pode ser utilizado como condicionador de solos ou até mesmo atuar como um fertilizante (Massukado, 2008).

Além disso, é importante destacar a relevância desse estudo em relação aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (2015). Especificamente, a gestão adequada dos resíduos orgânicos contribui diretamente para o ODS 12 - Assegurar padrões de produção e consumo sustentáveis, bem como para o ODS 15 - Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerindo de forma sustentável as florestas, combatendo a desertificação, interrompendo e revertendo a degradação do solo e interrompendo a perda de biodiversidade (Organização das Nações Unidas, 2015).

Considerando o exposto, este estudo se destaca como uma ferramenta não só para o gerenciamento local de resíduos, mas também para contribuir com a consecução dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela ONU. Assim, ele contribui de maneira significativa para a construção de um futuro mais sustentável e alinhado com as necessidades do planeta.

REFERÊNCIAS

- Aragão, M. F. J. (2005). *Controle da aceitação de refeições em uma Unidade de Alimentação Institucional da cidade de Fortaleza-CE* (Monografia de especialização). Universidade Estadual do Ceará.
- Augustini, V. C. M., Kishimoto, P., Tescaro, T. C., & Almeida, F. Q. A. (2008). *Avaliação do Índice Resto-Ingesta e Sobras em Unidade de Alimentação e Nutrição (UAN) de uma empresa metalúrgica na cidade de Piracicaba/SP*. Revista Simbio-logias, 1(1), 99-110.
- BRASIL. (2010). *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Diário Oficial da União.
- Cardoso, R. C. V., Souza, E. V. A., & Santos, P. Q. (2005). *Unidades de alimentação e nutrição nos campos da Universidade Federal da Bahia: um estudo sob a perspectiva do alimento seguro*. Revista de Nutrição, 18(5), 669-680.
- Castro, M. H. C. A. (2002). *Fatores determinantes de desperdício de alimentos no Brasil: Diagnóstico da situação* (Monografia de Especialização). Universidade Estadual do Ceará.
- Costa, C. M. C., Pires, J. C. C., Nascimento, E. S., & Passos, D. C. (2019). *Impactos Ambientais configurados no prolongamento da “Avenida Litorânea”, município de São Luís*. Observatorio Geográfico de América Latina, 1(1), 1-16.

- Costa, N. Jr., N. C., Luna, M., Selig, P., & Rocha, J. (2006). *Planejamento de programas de reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: uma análise multivariada*. Scielo, 12 (4), 446-456.
- Lana, M. M., & Proença, L. C. (2021). *Resíduos orgânicos*. Embrapa.
- Maistro, L. (2000). *Estudo do Índice de Resto Ingestão em Serviços de Alimentação*. Revista Nutrição em Pauta, 8(45), 40-43.
- Massukado, L. M. (2008). *Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares* (Tese de doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- Mello, E. D., & Monteiro, J. A. P. (2007). *Gestão de Resíduos da Construção Civil*. Ribeirão Preto: Painel, AEAARP.
- Mezomo, I. F. B. (2002). *Os serviços de alimentação: planejamento e administração*. Editora Manole.
- Ministério do Meio Ambiente. (2020). *Gestão de Resíduos Orgânicos*. MMA.
- Moura, P. N., Honaiser, A., & Bolognini, M. C. M. (2010). *Avaliação do índice resto ingestão e sobras em unidade de alimentação e nutrição (U.A.N.) do Colégio Agrícola de Guarapuava (PR)*. Revista Salus-Guarapuava (PR), 3(10), 15-22.
- Organização das Nações Unidas. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. United Nations.
- Ricarte, M. P. R., Fé, M. A. B. M., Santos, I. H. V. S., & Lopes, A. K. M. (2008). *Avaliação do Desperdício de Alimentos em uma Unidade de Alimentação e Nutrição em Fortaleza - CE*. Saber Científico, 1(1), 158-175.
- Silva, A. M., Silva, C. P., & Pessina, E. L. (2010). *Avaliação do índice de resto ingestão após campanha de conscientização dos clientes contra o desperdício de alimentos em um serviço de alimentação hospitalar*. Revista Simbio-Logias, 3(4), 43-53.
- Silva, E. A. Jr. (2002). *Manual de Controle Higiênico Sanitário em Serviços de Alimentação*. Editora Livraria Varela.
- Teixeira, S. M. F. G., Oliveira, Z. M. C., Rego, J. C., & Biscontini, T. M. B. (2000). *Administração aplicada às unidades de alimentação e nutrição*. Editora Atheneu.
- Tucci, C. E. M. (2008). *Águas Urbanas. Estudos Avançados - USP*, 22(63), 97-112.
- United Nations Environment Programme. (2021). *Food Waste Index Report 2021*. Nairobi: UNEP.
- Varenholt, H. (2015). *A importância da compostagem dos resíduos orgânicos gerados em ambiente doméstico* (Monografia de Especialização), Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Vaz, C. S. (2006). *Restaurantes: controlando custos e aumentando lucro*. Editora Metha.

Zago, V. C. P., & Barros, R. T. V. (2019). *Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade*. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24(2), 219–228.

Zamberlan, J. F., Bortolotto, R. P., Ramos, J. P., Cabral, H., Jesus, G. M., Leão, D., & Frizzo, K. (2015). *A sustentabilidade no ensino técnico em administração: currículo oficial ou oculto*. Revista HOLOS, 31(1), 214-226.

Zanini, R. R., Spohr, C., Peripolli, A., Furtado, J. H., Noronha, M. de O., & Dapper, S. N. (2017). *Avaliação de desperdício alimentar produzido por comensais em restaurante universitário no sul do Brasil por meio de gráficos de controle*. Revista Latin American Journal of Business Management, 8(2), 118-133.

Zimmermann, A. M., & Mesquita, M. O. (2011). *Campanha Resto Zero em um Restaurante Universitário*. Revista Disciplinarum Scientia. Série: Ciências da Saúde, 12(1), 115-125.

Artigo 02: Publicado na Revista ARACÊ, Qualis A2 2017-2020.

Implantação de um Sistema de Tratamento de Resíduos Orgânicos por meio da Compostagem (STROC) Em uma Instituição de Ensino em São Luís/MA

Implementation of an Organic Waste Treatment System through Composting (STROC) at an Educational Institution in São Luís/MA

RESUMO

A maior parte dos resíduos gerados na sociedade é de natureza orgânica e uma grande parcela ainda é descartada de forma inadequada, quando poderia ser tratada de maneira mais benéfica. A compostagem é uma dessas formas de tratamento, sendo não apenas economicamente viável, mas também ambientalmente justificável, pois auxilia na produção de composto orgânico para adubação. O objetivo desta pesquisa é desenvolver um Sistema de Tratamento de Resíduos Orgânicos por meio da Compostagem (STROC) e analisar a qualidade do composto produzido, visando à disposição ambientalmente adequada dos resíduos gerados em um restaurante escola em São Luís/MA. Para tanto, os resíduos foram quantificados e classificados, sendo então utilizados no dimensionamento do STROC. O composto resultante foi submetido a análises químicas para avaliação de sua qualidade. Os resultados demonstraram que o dimensionamento do STROC foi eficiente, tratando 3.074,35 kg de resíduos orgânicos, evitando seu descarte em locais inadequados, e gerando um produto de alta qualidade. Este sistema apresenta potencial para ser replicado em contextos semelhantes. Conclui-se que o tratamento adequado dos resíduos orgânicos do restaurante escola resulta em um produto de valor agregado, que pode ser utilizado na recuperação de áreas degradadas, na produção de alimentos, além de oferecer benefícios socioambientais às comunidades do entorno.

Palavras-chave: Carbono/ nitrogênio; Restaurante escola; Biocatalisador

ABSTRACT

Most of the waste generated in society is organic in nature and a large proportion is still disposed of inappropriately, when it could be treated in a more beneficial way. Composting is one of these forms of treatment. It is not only economically viable, but also environmentally justifiable, as it helps to produce organic compost for fertilization. The aim of this research is to develop an Organic Waste Treatment System through Composting (STROC) and analyze the quality of the compost produced, with a view to the environmentally appropriate disposal of the waste generated in a school restaurant in São Luís/MA. To this end, the waste was quantified and classified, and then used in the sizing of the STROC. The resulting compost was subjected to chemical analysis to assess its quality. The results showed that the sizing of the STROC was efficient, treating 3,074.35 kg of organic waste, avoiding its disposal in inappropriate places and generating a high quality product. This system has the potential to be replicated in similar contexts. The conclusion is that the proper treatment of organic waste from the school restaurant results in a value-added product that can be used to recover degraded areas, produce food and offer socio-environmental benefits to the surrounding communities.

Keywords: Carbon/nitrogen; School restaurant; Biocatalyst

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, vivemos em uma era de consumismo excessivo, resultando na geração massiva de resíduos, incluindo os orgânicos. Apesar da grande quantidade de resíduos, ainda enfrentamos dificuldades em gerenciá-los, evidenciadas por aterros sanitários saturados e o baixo uso de técnicas de compostagem, o que impede a geração de riqueza, energia e gás (VARENHOLT, 2015).

A maioria dos resíduos gerados é de natureza orgânica, e ainda é destinada a locais inadequados, quando poderia ser tratada de forma a trazer inúmeros benefícios. A compostagem, além de economicamente viável, é ambientalmente benéfica, pois produz composto orgânico para adubação (INÁCIO, 2010). Este processo, que envolve a decomposição controlada de substâncias orgânicas por microrganismos, reduz em mais de 60% o volume de resíduos e gera um material estável que pode ser usado como condicionador de solos ou fertilizante, embora resíduos misturados possam resultar em um produto de baixa qualidade agronômica (MASSUKADO, 2008).

O composto resultante da compostagem, ou biofertilizante, é produzido por fermentação anaeróbica da matéria orgânica e pode ser utilizado como adubo, melhorando a produção de alimentos sem contaminação química e reduzindo custos de produção (KIEHL, 2005). A compostagem também prolonga a vida útil dos aterros e é uma prática econômica e ecologicamente sustentável, com benefícios para a qualidade dos solos (GROSSI & VALENTE, 2002).

Implementar a compostagem no ambiente escolar é relevante, pois promove a interdisciplinaridade, associa ensino e pesquisa, e torna as aulas mais interessantes ao despertar a curiosidade e o caráter investigativo dos alunos (COSTA et al., 2011).

Diante desse contexto, justifica-se a implantação de um sistema de tratamento de resíduos orgânicos no restaurante escola, visando à disposição ambientalmente adequada dos resíduos gerados, à promoção da educação ambiental, e ao uso do composto para recuperação de áreas degradadas, produção de hortas e jardinagem. Assim, o objetivo desta pesquisa é construir um Sistema de Tratamento de Resíduo Orgânico por meio da Compostagem (STROC) e analisar a qualidade do composto gerado, com foco na disposição adequada dos resíduos em um restaurante escola em São Luís/MA.

2. METODOLOGIA

Essa pesquisa foi realizada no período de outubro de 2022 a julho de 2023.

2.1. Caracterização da Área de Estudo

A unidade escolar, objeto de estudo, é pública e está localizada na cidade de São Luís/MA, no bairro do Anil, em um área de 02 hectares, sob a coordenada -2.545747; -44.237965, e iniciou suas atividades em 2021, com Ensino Médio Técnico de Tempo Integral. Atualmente possui 900 alunos, matriculados em 08 (oito) cursos técnicos, distribuídos em 27 salas de aula. A instituição dispõe de um restaurante escola que oferta diariamente 03 (três) refeições (lanche da manhã, almoço, lanche da tarde) para 900 alunos, 85 docentes e 50 servidores técnicos administrativos.

O Sistema de Tratamento de Resíduo Orgânico por meio da Compostagem (STROC), foi implantado em uma área plana de 329,10 m², localizada na própria escola. O mesmo é composto por 9 baias para leiras de compostagem, 10 canteiros de hortaliças, 01 estufa tipo capela de 6,5x3,5 m.

2.2. Quantificação dos resíduos orgânicos

O período de coleta de resíduos orgânicos no restaurante-escola foi dividido em dois momentos, sendo eles de 14/11/2022 à 02/12/2022 e 24/04/2023 à 23/06/2023, perfazendo um total de 12 semanas, durante esse período houve pausa nas atividades do restaurante escola, em decorrência de férias escolares e greve dos professores da rede estadual.

Para o processo de compostagem utilizou-se os resíduos orgânicos gerados no restaurante da escola, onde inicialmente foi quantificada a massa diária de resíduos, por meio de uma balança digital e levantado o número aproximado de refeições servidas por dia, para realizar o levantamento da geração diária de resíduos (total de resíduos e geração per capita por dia, semana, mês e ano), para então dimensionar o Sistema de Tratamento de Resíduos Orgânicos por Compostagem (STROC).

2.3. Identificação dos resíduos orgânicos

Após a quantificação da massa, os resíduos foram identificados por meio do cardápio semanal e informações do chefe de cozinha e confirmadas durante a pesagem.

Na chegada dos resíduos ao STROC, foi feita a triagem dos mesmos para segregação dos restos de refeição e os restos de frutas, legumes e verduras (FLV), além de resíduos descartados incorretamente, como plásticos, papéis e talheres de metal.

2.4. Construção do STROC;

O STROC é composto por três unidades operacionais, sendo elas: Baías para leiras de compostagem; Canteiros para a produção de hortaliças e Estufa tipo capela.

2.4.1. Baías de Compostagem

O método empregado no processo da compostagem foi adaptado do sistema de leiras “Windrow”, conforme Paiva (2011), o qual é conduzido por reviramentos periódicos com o objetivo de introduzir ar (oxigênio) e corrigir a quantidade de água na massa de compostagem.

O processo de compostagem por meio de leiras é viável em condições de clima temperado e possui duração total de até 120 dias, quando apresentar coloração escura, cheiro de terra molhada, facilidade de moldar nas mãos, redução do volume da massa para 1/3, ter o mínimo de 40% de matéria orgânica (MO), Nitrogênio acima de 1,7%, teor no mínimo 25% de umidade, pH superior a 6,0 e a relação carbono/nitrogênio (C/N) na faixa de 10/1 e 15/1 (MMA, 2001; TIQUIA et al., 2002; PEREIRA NETO, 2007; BERNAL et al., 1998; BNDES, 2013; TEIXEIRA et. al., 2004).

Baseado nos dados acima, acerca do tempo de duração, o dimensionamento das leiras de compostagem foi dividido da seguinte maneira: Uma leira foi montada a cada 07 dias, sempre aos sábados, contendo resíduos de 05 dias de refeição da escola (segunda-feira à sexta-feira). Portanto foram montadas 04 leiras por mês, perfazendo um total de 12 (doze) leiras por ciclo. Dessa forma, cada leira aguardará até 120 (cento e vinte) dias para o fim do processo. Em cada baía foi montado uma leira, conforme a relação carbono/nitrogênio, com os seguintes resíduos:

- Fonte de Nitrogênio: resíduos de alimentos (restaurante escola);
- Biocatalisador e Nitrogênio: fezes de animais (caprino, equino e bovino: pequenos produtores locais; roedor: laboratório da UFMA)
- Fonte de Carbono: podas de gramíneas e podas de árvores (manutenção das áreas verdes da escola); maravalha de pinus (laboratório da UFMA); maravalha mista (empresa de marcenaria no entorno);

2.4.1.1. Relação Carbono/ Nitrogênio

A faixa de relação C/N, seguiu os estudos de Kiehl (2004), onde a relação C/N ideal deve estar entre 25/1 e 35/1. Para o cálculo da relação de carbono/ nitrogênio, utilizou-se valores de C/N de pesquisas na área, conforme tabela 1.

Tabela 1 – Relação C/N utilizada no dimensionamento do STROC

Tipo de Fonte	Resíduo	C/N	Características	Autor
Nitrogênio	Refeição	15.00/1	RU da UFRRJ	AQUINO et al., 2005
Nitrogênio	FLV	30.00/1	FLV	ALENCAR et al., 2012
Biocatalisador e Nitrogênio	Fezes de Bovinos	20.13/1	Fezes de Bois e Vacas	BATTISTI & BATTISTI, 2011
Biocatalisador e Nitrogênio	Fezes de Caprinos	17.01/1	Fezes de Bode e Cabras	AMORIM, 2002
Biocatalisador e Nitrogênio	Fezes de Equinos	30.00/1	Fezes novas de Cavalos	RICHARD et al., 2005
Biocatalisador e Nitrogênio	Fezes de Roedores	35.60/1	Fezes de ratos e camundongos de biotério	PULLOPAXI CIFUENTES, 2019
Carbono	Maravalha de Pinus	107.40/1	Pinus com 6 meses	MAIA et al., 2003
Carbono	Maravalha Mista	240.00/1	Marcenaria de Móveis	NASCIMENTO, 2022
Carbono	Poda de Árvores	35.52/1	Galhos e Folhas secas	BATTISTI & BATTISTI, 2011
Carbono	Poda de Gramíneas	37.73/1	Aparas de grama	BENITES, 2004

Fonte: Adaptado pelos autores (2023)

2.4.1.2. Altura das Leiras

Conforme Aquino (2005) a dimensão da pilha de composto formada diretamente no solo deve ser de 1,0 a 1,5 m de altura. Em relação a largura da pilha, esta pode variar de acordo com a disponibilidade de área e resíduos, mas não deve ultrapassar de 1,5 a 2 m. Em função da quantidade obtida de resíduos orgânicos, deve-se estimar a largura da pilha e demarcar a área com pedras ou tocos de árvores.

Baseado na citação supracitada, a altura das leiras foi de 1 metro, enquanto a largura e o comprimento acompanharam a quantidade de resíduos por leira.

2.4.1.3. Montagem das leiras

As leiras foram montadas da seguinte maneira:

- Pesou-se diariamente os resíduos de alimentos, que foram gerados durante a semana (segunda-feira a sexta-feira), separando-os em refeição e FLV;
- Baseado na massa dos resíduos de alimentos foi realizado o cálculo de carbono/ nitrogênio, conforme a fórmula 1 (GOMES et al., 2001) e a tabela 1, para então definir a quantidade de fonte de carbono e biocatalisador.

$$\text{Partes de material rico em carbono} = \frac{\text{Material rico em N}}{\text{Material rico em C}} = \frac{(30x\%N) - \%C}{\%C - (30x\%N)} \quad (1)$$

c) A montagem da leira foi realizada alternando-se os diferentes tipos de resíduos em camadas com espessura em torno de 20 cm conforme Kiehl (2004). Dessa forma formou-se uma camada com fonte de carbono, acompanhada por outra com fonte de nitrogênio e biocatalisador. A seguir adicionou-se uma camada novamente de carbono e depois outra com fonte de nitrogênio novamente, assim sucessivamente até esgotarem os resíduos.

d) O STROC foi construído no período chuvoso da região, desta forma, o processo de umectação aproveitou o índice pluviométrico, no entanto, houve o monitoramento da taxa de umidade para a manutenção das leiras, dentro do valor recomendado por Kiehl (2004), de 60%. Quando necessário foi complementado com água de poço artesiano.

e) Para a aeração o ciclo de reviramento foi realizado manualmente uma vez por semana. Utilizou-se o método aeróbio de fermentação, em ambiente aberto, com processo lento de decomposição. Conforme Inácio (2010), no processo de compostagem em pilhas estáticas aeradas, com ventilação natural, o oxigênio é fornecido à massa por meio do revolvimento manual. No momento em que é efetuado o revolvimento, os resíduos orgânicos entram em contato com a atmosfera rica em O₂, permitindo suprir momentaneamente as necessidades de aeração do processo biológico.

2.4.2. Estufa e Canteiros de Horta Orgânica

Foi construída 01 estufa modelo capela, com dimensões de: 19,5 m² de área (6,5x3,5m) e 3,0 m de altura, em estrutura de madeira, com cobertura revestida com 32 m² de filme de Policloreto de Vinil (PVC) transparente de baixa densidade, as laterais foram revestidas com 28 m² de tela de sombreamento (50%).

Foram construídos 10 canteiros de 5,5x1,0m. Os canteiros serviram para o plantio de hortaliças, com o aproveitamento do composto orgânico gerado, promovendo assim o fechamento do ciclo, com a disponibilização da produção vegetal para o restaurante escola. Além do viés socioeducativo, econômico e ecológico e, até em alguns casos, geração de renda.

2.5. Qualidade do composto orgânico gerado pelo STROC

Ao final do processo, o composto orgânico gerado, que posteriormente foi encaminhado ao Laboratório de Química dos Solos - LABQSOL da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, para análise dos atributos presentes no composto orgânico, de acordo com os métodos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Os parâmetros químicos analisados são: Matéria Orgânica (MO); potencial Hidrogeniônico (pH); Alumínio (Al); Fósforo (P); Potássio (K); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); Sódio (Na).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Quantificação dos resíduos orgânicos

Durante os períodos de 14/11/2022 à 02/12/2022 e 24/04/2023 à 23/06/2023 foram servidas aproximadamente 43.215 refeições no restaurante-escola, o que gerou 2064,33 kg de resíduos orgânicos, que foram levados para tratamento no STROC, em seguida adicionado 451,27 kg de fezes de animais, 561,78 kg de podas vegetais e maravalha, totalizando 3074,35 kg de resíduos tratados no STROC. No final da pesquisa foram produzidos 1410,89 kg de composto orgânico.

Na Tabela 2, abaixo, está apresentada a quantificação diária dos resíduos gerados no restaurante escola, bem como o número de aproximado de Refeições diárias e geração diária de resíduos Per capita.

Tabela 2 – Quantificação diária dos resíduos gerados no restaurante escola

Semana	Data (segunda-feira)	Nº Aproximado de Refeições	Massa da refeição (kg)	Resíduos do preparo de alimentos (kg)	Resíduos após refeições (kg)	Resíduo gerado (kg)	Geração diária de resíduos Per capita (g/pessoa/dia)
1	14/11/22	-	-	-	-	-	-
2	21/11/22	750	450,00	5,15	12,08	17,23	22,97
3	28/11/22	556	333,60	4,32	16,03	20,35	36,60
4	24/04/23	630	378,00	3,56	13,85	17,41	27,63
5	01/05/23	-	-	-	-	-	-
6	08/05/23	862	517,20	9,72	36,78	46,50	53,94
7	15/05/23	835	501,00	12,57	37,63	50,20	60,12
8	22/05/23	696	417,60	9,81	25,34	35,15	50,50
9	29/05/23	894	536,40	14,68	53,55	68,23	76,32
10	05/06/23	763	457,80	8,37	21,88	30,25	39,65
11	12/06/23	926	555,60	10,48	40,24	50,72	54,77
12	19/06/23	1100	660,00	25,63	61,38	87,01	79,10
Total		8012,00	4807,20	104,29	318,76	423,05	501,62
Mínima		556,00	333,60	3,56	12,08	17,23	22,97

	Média	801,20	480,72	10,43	31,88	42,31	50,16
	Máxima	1100,00	660,00	25,63	61,38	87,01	79,10
	Desvio Padrão	157,37	94,42	6,42	16,92	22,97	18,85
Semana	Data (terça-feira)	Nº Aproximado de Refeições	Massa da refeição (kg)	Resíduos do preparo de alimentos (kg)	Resíduos após refeições (kg)	Resíduo gerado (kg)	Geração diária de resíduos Per capita (g/pessoa/dia)
1	15/11/22	-	-	-	-	-	-
2	22/11/22	778	466,80	7,34	14,05	21,39	27,49
3	29/11/22	698	418,80	9,75	12,60	22,35	32,02
4	25/04/23	856	513,60	19,42	33,59	53,01	61,93
5	02/05/23	698	418,80	7,82	19,13	26,95	38,61
6	09/05/23	754	452,40	9,12	16,22	25,34	33,61
7	16/05/23	668	400,80	4,35	13,26	17,61	26,36
8	23/05/23	747	448,20	19,54	20,77	40,31	53,96
9	30/05/23	759	455,40	16,35	32,21	48,56	63,98
10	06/06/23	623	373,80	5,35	19,61	24,96	40,06
11	13/06/23	965	579,00	23,51	48,20	71,71	74,31
12	20/06/23	920	552,00	21,30	38,64	59,94	65,15
Total		8466,00	5079,60	143,85	268,27	412,12	517,48
Mínima		623,00	373,80	4,35	12,60	17,61	26,36
Média		769,64	461,78	13,08	24,39	37,47	47,04
Máxima		965,00	579,00	23,51	48,20	71,71	74,31
Desvio Padrão		105,48	63,29	7,02	11,90	18,29	17,21
Semana	Data (quarta- feira)	Nº Aproximado de Refeições	Massa da refeição (kg)	Resíduos do preparo de alimentos (kg)	Resíduos após refeições (kg)	Resíduo gerado (kg)	Geração diária de resíduos Per capita (g/pessoa/dia)
1	16/11/22	713	427,80	11,32	26,57	37,89	53,14
2	23/11/22	598	358,80	3,54	10,24	13,78	23,04
3	30/11/22	646	387,60	8,24	15,88	24,12	37,34
4	26/04/23	689	413,40	18,25	30,70	48,95	71,04
5	03/05/23	721	432,60	16,27	16,67	32,94	45,69
6	10/05/23	889	533,40	24,12	26,36	50,48	56,78
7	17/05/23	782	469,20	13,29	22,25	35,54	45,45
8	24/05/23	862	517,20	7,32	16,12	23,44	27,19
9	31/05/23	915	549,00	21,59	33,09	54,68	59,76
10	07/06/23	691	414,60	12,56	24,65	37,21	53,85
11	14/06/23	959	575,40	14,26	17,70	31,96	33,33
12	21/06/23	978	586,80	21,30	44,11	65,41	66,88
Total		9443,00	5665,80	172,06	284,34	456,40	573,49
Mínima		598,00	358,80	3,54	10,24	13,78	23,04
Média		786,92	472,15	14,34	23,69	38,03	47,79
Máxima		978,00	586,80	24,12	44,11	65,41	71,04
Desvio Padrão		128,90	77,34	6,27	9,33	14,66	15,26
Semana	Data (quinta- feira)	Nº Aproximado de Refeições	Massa da refeição (kg)	Resíduos do preparo de alimentos (kg)	Resíduos após refeições (kg)	Resíduo gerado (kg)	Geração diária de resíduos Per capita (g/pessoa/dia)
1	17/11/22	754	452,40	14,35	28,41	42,76	56,71
2	24/11/22	851	510,60	4,35	9,23	13,58	15,96
3	01/12/22	687	412,20	9,49	11,86	21,35	31,08
4	27/04/23	713	427,80	6,79	13,32	20,11	28,20
5	04/05/23	751	450,60	9,49	18,83	28,32	37,71
6	11/05/23	635	381,00	13,47	28,67	42,14	66,36
7	18/05/23	637	382,20	7,62	16,13	23,75	37,28
8	25/05/23	731	438,60	14,52	17,23	31,75	43,43
9	01/06/23	852	511,20	17,53	34,12	51,65	60,62

10	08/06/23	-	-	-	-	-	-
11	15/06/23	961	576,60	7,35	20,37	27,72	28,84
12	22/06/23	985	591,00	22,31	50,25	72,56	73,66
Total		8557,00	5134,20	127,27	248,41	375,68	479,86
Mínima		635,00	381,00	4,35	9,23	13,58	15,96
Média		777,91	466,75	11,57	22,58	34,15	43,62
Máxima		985,00	591,00	22,31	50,25	72,56	73,66
Desvio Padrão		119,79	71,87	5,37	11,99	17,01	18,26
Semana	Data (sexta-feira)	Nº Aproximado de Refeições	Massa da refeição (kg)	Resíduos do preparo de alimentos (kg)	Resíduos do após refeições (kg)	Resíduo gerado (kg)	Geração diária de resíduos Per capita (g/pessoa/dia)
1	18/11/22	726	435,60	10,48	27,02	37,50	51,65
2	25/11/22	657	394,20	3,56	10,69	14,25	21,69
3	02/12/22	616	369,60	4,35	10,69	15,04	24,42
4	28/04/23	773	463,80	18,25	28,03	46,28	59,87
5	05/05/23	703	421,80	9,25	17,41	26,66	37,92
6	12/05/23	759	455,40	11,45	18,73	30,18	39,76
7	19/05/23	791	474,60	10,58	25,47	36,05	45,58
8	26/05/23	853	511,80	5,36	16,26	21,62	25,35
9	02/06/23	903	541,80	16,45	27,95	44,40	49,17
10	09/06/23	-	-	-	-	-	-
11	16/06/23	946	567,60	9,58	26,35	35,93	37,98
12	23/06/23	1010	606,00	31,20	57,98	89,18	88,29
Total		8737,00	5242,20	130,51	266,57	397,08	481,68
Mínima		616,00	369,60	3,56	10,69	14,25	21,69
Média		794,27	476,56	11,86	24,23	36,10	43,79
Máxima		1010,00	606,00	31,20	57,98	89,18	88,29
Desvio Padrão		122,54	73,52	7,87	12,99	20,61	19,03

- Feriado ou ponto facultativo

Fonte: Organização dos autores

Tabela 3 – Quantificação geral dos resíduos gerados no restaurante escola

Resultado Geral	Nº Aproximado de Refeições	Massa da refeição (kg)	Resíduos do preparo de alimentos (kg)	Resíduos do após refeições (kg)	Resíduo gerado (kg)	Geração de resíduos Per capita (g/pessoa)
Total Geral	43215,00	25929,00	677,98	1386,35	2064,33	2554,12
Mínimo Geral	556,00	333,60	3,54	9,23	13,58	15,96
Média Geral	785,99	471,59	12,26	25,36	37,61	46,48
Máximo	1100,00	660,00	31,20	61,38	89,18	88,29
Desvio padrão Geral	123,02	73,81	6,530	12,65	18,24	17,21
Coefficiente de variação Geral (%)	15,65	15,65	53,27	49,89	48,51	37,03

Fonte: Organização dos autores

Observa-se na tabelas 2 e 3, que durante a execução da pesquisa, foram servidas 43.215 refeições, em 55 dias, para discentes, docentes e servidores técnico-administrativos, sendo a mínima diária de 556 refeições e a máxima de 1100, com média de 785,99 (desvio-padrão= 123,02) e coeficiente de variação igual a 15,65 %. Observou-se que nos dias de quartas-feiras foi maior o número de refeições (9.443) e, nas segundas-feiras, o menor (8.012).

Foram distribuídos 25929 kg de alimentos, onde a média da massa de refeição diária, durante o período da pesquisa, foi 471,59 kg (desvio-padrão= 73,81 kg) e coeficiente de variação igual a 15,65 %, sendo a mínima diária igual a 333,60 kg e, a máxima, 660,00 kg.

O total de resíduos de preparo de alimento foi de 677,98 kg, onde a média diária, durante o período da pesquisa, foi 12,26 kg (desvio-padrão= 6,53 kg) e coeficiente de variação igual a 53,27 %, sendo a mínima diária igual a 3,54 kg e, a máxima, 31,20 kg.

O desperdício total de alimento (resíduos após as refeições) foi de 1386,35 kg e manteve-se diariamente entre 9,23 kg e 61,38 kg, com média igual a 25,36 g (desvio padrão= 12,65 g) e coeficiente de variação igual a 49,89 %. Conforme dados repassados pelo restaurante escola, a quantidade per capita servida, por refeição é aproximadamente 600 g, esse valor corrobora com o estudo feito por Zanini et al. (2013), no Restaurante Universitário da UFSM, que apresentou um peso médio de 600g. Enquanto que um estudo realizado no Restaurante Universitário do Ceará encontrou um peso médio de 665g (RICARTE et al., 2008).

Durante o período da pesquisa foram gerados 2064,33 kg de resíduos, sendo a mínima diária de 13,58 kg e a máxima diária de 89,18 kg, com média diária de 37,61 kg (desvio-padrão= 18,24 kg) e coeficiente de variação igual a 48,51 %.

O total da geração de resíduos per capita foi 2554,12 g/pessoa, onde a média diária da geração desses resíduos, durante o período da pesquisa, foi 46,48 g/pessoaxdia (desvio-padrão= 17,21 g/pessoaxdia) e coeficiente de variação igual a 37,03 %, sendo a mínima diária igual a 15,96 g/pessoaxdia e, a máxima, 88,29 g/pessoaxdia. Resultados similares foram observados em estudos realizados por Zanini et al. (2013), no Restaurante Universitário da Universidade Federal de Santa Maria, e em estudo realizado no Colégio Agrícola de Guarapuava, no Paraná (MOURA et al., 2010), que apresentaram uma variação de 30 a 200 g/pessoaxdia, com média de 60 g/pessoaxdia; Outro estudo que apresenta resultados que reforçam a pesquisa, foi realizado em uma empresa metalúrgica, em Piracicaba, SP, os valores oscilaram de 40 a 90 g/pessoaxdia (AUGUSTINI et al., 2008).

Outro estudo realizado no Restaurante Universitário da UFSM, em 2001, observou que o resto per capita era de 80,87 g/pessoaxdia, antes da realização de uma campanha de sensibilização de desperdício denominada “Resto Zero”, reduzindo para 41,88 g/pessoaxdia nos anos posteriores (ZIMMERMANN; MESQUITA, 2011). A falta de sensibilização com a causa da geração de resíduos e o desperdício de alimentos, a

qualidade da preparação, a temperatura da refeição servida e preferências alimentares são alguns fatores que podem interferir e dificultar a redução de desperdício (ZANINI et al., 2013).

A tabela 4 abaixo apresenta os dados consolidados dos resíduos gerados semanalmente. Onde a média da geração semanal foi de 171,78 kg, com desvio padrão de 84,04 kg e coeficiente de variação de 48,93 %. O valor mínimo encontrado foi de 80,23 kg e o máximo de 371,09 kg.

Tabela 4 – Quantificação semanal dos resíduos gerados no restaurante escola

Semana	Período	Resíduo gerado (kg)	Média diária de resíduo gerado (kg)	Nº de refeições	Média diária de refeições	Massa da refeição (kg)	Resíduos do preparo de alimentos (kg)	Resíduos após refeições (kg)	Geração de resíduos per capita (g/pessoa semana)	Média diária da geração de resíduos per capita (g/pessoa dia)
1	14 a 18/11/22	118,15	39,38	2193	731,00	1315,80	36,15	82,00	161,51	53,84
2	21 a 25/11/22	80,23	16,05	3634	726,80	2180,40	23,94	56,29	111,16	22,23
3	28/11/22 a 02/12/22	103,21	20,64	3203	640,60	1921,80	36,15	67,06	161,45	32,29
4	24 a 28/04/23	185,76	37,15	3661	732,20	2196,60	66,27	119,49	248,68	49,74
5	01 a 05/05/23	114,87	28,72	2873	718,25	1723,80	42,83	72,04	159,93	39,98
6	08 a 12/05/23	194,64	38,93	3899	779,80	2339,40	67,88	126,76	250,46	50,09
7	15 a 19/05/23	163,15	32,63	3713	742,60	2227,80	48,41	114,74	214,78	42,96
8	22 a 26/05/23	152,27	30,45	3889	777,80	2333,40	56,55	95,72	200,43	40,09
9	29/05/23 a 02/06/23	267,52	53,50	4323	864,60	2593,80	86,60	180,92	309,85	61,97
10	05 a 09/06/23	92,42	30,81	2077	692,33	1246,20	26,28	66,14	133,56	44,52
11	12 a 16/06/23	218,04	43,61	4757	951,40	2854,20	65,18	152,86	229,23	45,85
12	19 a 23/06/23	374,09	74,82	4993	998,60	2995,80	121,74	252,35	373,08	74,62
Total		2064,33	446,69	43215	9355,98	25929	677,98	1386,35	2554,12	558,16
Mínima		172,03	37,22	3601	779,67	2160,75	56,50	115,53	212,84	46,51
Média		80,23	16,05	2077	640,60	1246,20	23,94	56,29	111,16	22,23
Máxima		374,09	74,82	4993	998,60	2995,80	121,74	252,35	373,08	74,62
Desvio Padrão		84,69	15,46	903,41	106,25	542,05	27,82	57,40	75,63	13,48
Coeficiente de variação (%)		49,23	41,54	25,09	13,63	25,09	49,25	49,68	35,53	28,98
Média Mensal		688,11	148,90	14405	3118,66	8643	225,99	462,12	851,37	186,05
Média Anual		6192,99	1340,06	129645	28067,9	77787	2033,94	4159,06	7662,36	1674,49

Fonte: Organização dos autores

A partir da tabela 4, acima, é possível estimar a média mensal de resíduos gerados, na qual é aproximadamente 688,11 kg, enquanto que a média mensal de refeições distribuídas é de 14405, já a geração de resíduos per capita mensalmente é de 851,37 g/pessoa/mês. Por fim estima-se que a média anual de resíduos, considerado apenas 9 meses de atividades escolares, pois os demais meses são férias, é de 6192,99 kg.

3.2. Identificação dos resíduos orgânicos

A identificação do alimento foi realizada com o cruzamento de informações coletadas no restaurante (cardápio) com a triagem do resíduo na hora da pesagem. A distribuição variada dos alimentos ao longo dos 55 dias pode influenciar na qualidade do composto orgânico gerado. Segundo Campbell, (1995), quanto maior a variedade de materiais que o composto é feito, maior será a variedade de nutrientes que o mesmo poderá suprir as plantas, e esses nutrientes são tão benéficos que os mesmos são liberados na medida em que as plantas precisam.

3.3. Construção do STROC;

A construção do STROC se deu por meio da montagem de 09 Baías para leiras de compostagem; 10 Canteiros para a produção de hortaliças e 01 Estufa.

3.3.1. Baías e leiras de Compostagem

As leiras foram montadas com 1 m de altura. Segundo Pereira (2010), as dimensões da leira podem afetar a retenção de calor no seu interior, visto que em uma leira pequena de até 1 m de altura, o calor gerado pela atividade microbiana de degradação da matéria orgânica é dissipado mais facilmente, devido à maior superfície de contato com o ambiente, acelerando os processos de troca de calor.

Por outro lado, segundo Pereira Neto (1987) apud BRITO (2008), leiras ou pilhas de compostagem muito grandes, ou seja, com 2,5 a 3m de altura, tendem a prejudicar a atividade microbiana pelas temperaturas demasiadamente altas para os microrganismos, assim como pela sua compactação, devido ao peso, a qual dificulta sua aeração. O tamanho e formato ideal para manter a temperatura da leira e permitir a aeração podem variar. Contudo, o volume de 1,5 m x 1,5 m x 1,5m é considerado por Brito (2008) como bom para diferentes tipos de resíduos.

O método utilizado na compostagem foi a leira revolvida, conhecida como sistema windrow, que é considerada de simples operação, baixo custo e pode ser utilizada no tratamento dos mais variados resíduos orgânicos. Neste sistema, a pilha de resíduos é disposta sob o solo impermeabilizado ou compactado e o revolvimento do material é manual ou mecânico (MASSAKUDO, 2008).

Na tabela 5, abaixo, está apresentado o cronograma de montagem das leiras, no qual foi elaborado com o intuito de montar 16 leiras ao final do ciclo. Porém na etapa de execução foram construídas somente 12 leiras devido ao período de férias estudantil. O período determinado para cada ciclo da leira foi de 120 dias para a compostagem dos resíduos. Normalmente, o tempo de compostagem, incluindo as fases de degradação e maturação, é de 120 a 130 dias (TEIXEIRA et. al., 2004). Cabe ressaltar que o STROC foi dimensionado com 09 baias, onde as 03 primeiras leiras foram processadas no período de novembro de 2022 a março de 2023, e as demais no intervalo de março à outubro de 2023, sem a necessidade da construção de 12 baias.

Após a finalização das 12 leiras, seus respectivos materiais foram destinados à horta orgânica do STROC e a doação a comunidade do entorno.

Tabela 5 – Cronograma de montagem das leiras

Semana	Leira	Período de recolhimento dos resíduos	Data de montagem da leira	Previsão de finalização	Prazo de finalização (dias)	Data de finalização
1	1	14 a 18/11/22	19/11/2022	19/03/2023	120	19/03/2023
2	2	21 a 25/11/22	26/11/2022	26/03/2023	120	26/03/2023
3	3	28/11/22 a 02/12/22	03/12/2022	02/04/2023	120	02/04/2023
4	4	24 a 28/04/23	29/04/2023	27/08/2023	120	27/08/2023
5	5	01 a 05/05/23	06/05/2023	03/09/2023	120	03/09/2023
6	6	08 a 12/05/23	13/05/2023	10/09/2023	120	10/09/2023
7	7	15 a 19/05/23	20/05/2023	17/09/2023	120	17/09/2023
8	8	22 a 26/05/23	27/05/2023	24/09/2023	120	24/09/2023
9	9	29/05/23 a 02/06/23	03/06/2023	01/10/2023	120	01/10/2023
10	10	05 a 09/06/23	10/06/2023	08/10/2023	120	08/10/2023
11	11	12 a 16/06/23	17/06/2023	15/10/2023	120	15/10/2023
12	12	19 a 23/06/23	24/06/2023	22/10/2023	120	22/10/2023

Fonte: Organização dos autores

Observa-se na tabela 6, que os resíduos de alimentos são compostos por: resíduos de refeição (C/N=15:1) e resíduos de FLV (C/N=30:1), essa relação C/N dos resíduos de refeição foram baseados em estudo semelhante de Aquino et al., (2005), realizado em um Restaurante Universitário da UFRRJ, enquanto que a relação C/N dos resíduos de FLV foi baseado no estudo de Alencar et al., (2012). A relação C/N dos resíduos de alimento foi calculada por meio da fórmula 1.

Tabela 6 – Distribuição da fonte de nitrogênio (alimentos) e suas relações C/N

Leira	Resíduos de refeição (kg)	C/N Resíduos de refeição	Resíduos de FLV (kg)	C/N Resíduos de alimentos	Resíduos de alimentos (Refeição+FLV) (kg)	Relação resíduos de refeição / alimentos (Refeição+FLV) (%)	Relação resíduos de FLV / alimentos (Refeição+F LV) (%)	Relação resíduos de refeição / massa total (%)	Relação FLV / massa total (%)	Relação alimentos (Refeição+FLV) / massa total (%)	C/N Alimentos (Refeição+F LV)
1	95,23	15:1	22,92	30:1	118,15	80,60%	19,40%	44,93%	10,81%	55,74%	17,9:1
2	63,56	15:1	16,67	30:1	80,23	79,22%	20,78%	47,60%	12,49%	60,09%	18,1:1
3	86,45	15:1	16,76	30:1	103,21	83,76%	16,24%	52,51%	10,18%	62,69%	17,4:1
4	142,23	15:1	43,53	30:1	185,76	76,57%	23,43%	41,07%	12,57%	53,64%	18,5:1
5	86,25	15:1	28,61	30:1	114,87	75,09%	24,91%	38,16%	12,66%	50,82%	18,7:1
6	168,25	15:1	26,37	30:1	194,62	86,45%	13,55%	58,40%	9,15%	67,55%	17:1

Leira	Resíduos de refeição (kg)	C/N Resíduos de refeição	Resíduos de FLV (kg)	C/N Resíduos de	Resíduos de alimentos (Refeição+FLV) (kg)	Relação resíduos de refeição / alimentos (Refeição+FLV) (%)	Relação resíduos de FLV / alimentos (Refeição+F LV) (%)	Relação resíduos de refeição / massa total (%)	Relação FLV / massa total (%)	Relação alimentos (Refeição+FLV) / massa total (%)	C/N Alimentos (Refeição+F LV)
7	143,28	15:1	19,86	30:1	163,14	87,82%	12,18%	62,88%	8,72%	71,59%	16,8:1
8	139,13	15:1	13,13	30:1	152,26	91,38%	8,62%	64,90%	6,12%	71,03%	16,3:1
9	211,89	15:1	55,62	30:1	267,51	79,21%	20,79%	59,36%	15,58%	74,95%	18,12:1
10	81,23	15:1	11,19	30:1	92,42	87,89%	12,11%	59,49%	8,20%	67,68%	16,82:1
11	185,56	15:1	32,47	30:1	218,03	85,11%	14,89%	64,20%	11,23%	75,43%	17,23:1
12	305,78	15:1	68,30	30:1	374,08	82,40%	17,60%	63,84%	13,63%	77,47%	17,64:1
Total	1708,85	-	355,43	-	2064,33	-	-	-	-	-	-

Fonte: Organização dos autores

Foi encontrado também relação de C/N para resíduo de refeição próximo ao valor utilizado, como a pesquisa realizada por Inácio (2010), no Restaurante do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro, que obteve relação C/N=13.12:1 e em pesquisa realizada por Nascimento (2022), no Restaurante Universitário do IFES que obteve relação C/N=12:1. Ao passo que a relação de C/N para resíduo FLV foi de 25:1, segundo Adhikari et al., (2013) e 40:1 segundo Richard et al., 2005.

Tabela 7 – Distribuição da fonte de biocatalisador e nitrogênio (fezes) e suas C/N

Leira	Tipo de biocatalisador	Fezes de equinos (kg)	Fezes de bovinos (kg)	Fezes de caprinos e ovinos (kg)	Fezes de roedores (kg)	Biocatalisador total (kg)	Relação biocatalisador / massa total (%)	C/N Biocatalisador total
1	Equino	42,56	0,00	0,00	0,00	42,56	20,08	30:1
2	Equino	22,53	0,00	0,00	0,00	22,53	16,87	30:1
3	Equino	19,45	0,00	0,00	0,00	19,45	11,81	30:1
4	Bovino	0,00	51,16	0,00	0,00	51,16	14,77	20,13:1
5	Bovino	0,00	58,43	0,00	0,00	58,43	25,85	20,13:1
6	Caprino	0,00	0,00	23,07	0,00	23,07	8,01	17,1:1
7	Caprino e roedor	0,00	0,00	25,00	13,50	38,50	16,89	23,59:1
8	Caprino e roedor	0,00	0,00	25,00	13,50	38,50	17,96	23,59:1
9	Caprino, bovino e roedor	0,00	4,00	40,00	2,75	46,75	13,10	18,45:1
10	Caprino	0,00	0,00	25,00	0,00	25,00	18,31	17,1:1
11	Caprino	0,00	0,00	40,42	0,00	40,42	13,98	17,1:1
12	Bovino e Roedor	0,00	20,00	0,00	24,90	44,90	9,37	28,71:1
	Total	84,54	133,59	178,49	54,65	451,27	-	-

Fonte: Organização dos autores

Observa-se na tabela 7, que a fonte de biocatalisador foi dividida em: fezes de equinos, C/N=30:1 (RICHARD et al., 2005); fezes de bovino, C/N=20,13:1 (BATTISTI & BATTISTI, 2011), Fezes de caprinos e ovinos, C/N=17,1:1 (AMORIM, 2002) e fezes de roedores, C/N=35,6:1 (PULLOPAXI CIFUENTES, 2019). Para as leiras onde foi utilizado mais de um tipo de biocatalisador, a relação C/N foi calculada por meio da fórmula 1. Foi encontrado também relação de C/N para fonte de biocatalisador próximo aos valores utilizados, conforme tabela 7, acima.

Tabela 8 – Distribuição da fonte de carbono e suas respectivas relações C/N

Leira	Tipo de fonte de Carbono	Poda de árvores (kg)	Poda de gramíneas (kg)	Maravalha de pinus (kg)	Maravalha mista (kg)	Fonte de carbono total (kg)	Relação fonte de Carbono / massa total (%)	C/N Fonte de carbono total
1	Pa / Pg	11,10	40,15	0,00	0,00	51,25	24,18	37,3:1
2	Pa / Pg	10,56	20,20	0,00	0,00	30,76	23,04	37:1
3	Pa / Pg	10,10	31,88	0,00	0,00	41,98	25,50	37,2:1
4	Pg / Mm	0,00	100,38	0,00	9,00	109,38	31,59	54,4:1
5	Pg	0,00	52,75	0,00	0,00	52,75	23,34	37,73:1
6	Pa	70,41	0,00	0,00	0,00	70,41	24,44	35,52:1
7	Pa / Mp / Mm	4,73	0,00	16,50	5,00	26,23	11,51	119,7:1
8	Pa / Mp / Mm	2,11	0,00	16,50	5,00	23,61	11,02	129,3:1
9	Pa / Mp / Mm	15,60	0,00	3,35	23,71	42,67	11,95	154,82:1
10	Pg / Mm	0,00	10,12	0,0	9,00	19,15	14,01	132,92:1
11	Pa / Pg / Mm	2,00	10,00	0,00	18,60	30,60	10,59	160,53:1
12	Pg / Mp	0,00	33,90	29,10	0,00	63,00	13,15	69,91:1
Total		126,61	299,38	65,45	70,31	561,79	-	-

Legenda: Pa: Poda de árvores; Pg: Poda de Gramíneas; Mp: Maravalha de Pinus; Mm: Maravalha Mista

Fonte: Organização dos autores

Observa-se na tabela 8, que a fonte de carbono foi dividida em: Poda de árvores, C/N=35,52:1 (BATTISTI & BATTISTI, 2011); Poda de gramíneas, C/N=37,73:1 (BENITES, 2004), Maravalha de pinus, C/N=107,4:1 (MAIA et al., 2003) e Maravalha mista, C/N=240:1 (NASCIMENTO, 2022). Para as leiras onde foi utilizado mais de um tipo de fonte de carbono, a relação C/N foi calculada por meio da fórmula 01. Foi encontrado também relação de C/N para fonte de carbono próximo aos valores utilizados, conforme tabela 8, acima.

Tabela 9 – Proporção de resíduos nas leiras e suas respectivas relações de C/N

Leira	Massa total (kg)	Relação resíduos de alimentos / massa total (%)	Relação biocatalisador / massa total (%)	Relação fonte de carbono / massa total (%)	Relação fonte de nitrogênio (Alimentos + Biocatalisador) / massa total (%)	C/N Resíduos de alimentos total	C/N Biocatalisador total	C/N Fonte de carbono total	C/N Leira
1	211,96	55,74	20,08	24,18	75,82	17,9:1	30,0:1	37,3:1	25,0:1
2	133,52	60,09	16,87	23,04	76,96	18,1:1	30,0:1	37,0:1	24,5:1
3	164,64	62,69	11,81	25,50	74,50	17,4:1	30,0:1	37,2:1	23,9:1
4	346,30	53,64	14,77	31,59	68,41	18,5:1	20,1:1	54,4:1	30,1:1
5	226,05	50,82	25,85	23,34	76,66	18,7:1	20,1:1	37,7:1	23,5:1
6	288,11	67,55	8,01	24,44	75,56	17,0:1	17,1:1	35,5:1	21,5:1
7	227,88	71,59	16,89	11,51	88,49	16,8:1	23,5:1	119,7:1	29,7:1
8	214,38	71,03	17,96	11,02	88,98	16,3:1	23,5:1	129,3:1	30,0:1
9	356,93	74,95	13,10	11,95	88,05	18,1:1	18,4:1	154,8:1	34,5:1
10	136,55	67,68	18,31	14,01	85,99	16,8:1	17,1:1	132,9:1	33,1:1
11	289,06	75,43	13,98	10,59	89,41	17,2:1	17,1:1	160,5:1	32,3:1
12	478,99	77,47	9,37	13,15	86,85	17,6:1	28,7:1	69,9:1	25,5:1
Total	3074,37	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Organização dos autores

A tabela 9, acima, descreve a proporção de resíduos nas leiras e suas respectivas relações de C/N, onde a relação C/N das leiras foi calculada por meio da fórmula 1, e os valores da relação de carbono/ nitrogênio foram coletados de pesquisas na área, conforme tabela 1.

Para iniciar o processo de compostagem, a relação C/N ideal deve estar entre 25/1 e 35/1 (KIEHL, 2004). Thomsen (2000) afirma que, de acordo com a exigência dos microrganismos, a compostagem deve ter relação C/N inicial entre 30/1 e 40/1. Porém, como o grande desafio da gestão de resíduos sólidos é a destinação dos resíduos ricos em nitrogênio, pesquisadores buscam obter bom desempenho no processo conduzindo leiras com menor relação C/N inicial (HECK et al., 2013; SBIZARRO et al., 2017; ANDRADE et al., 2017).

A relação C/N quando se encontra acima de 50/1 indica deficiência de nitrogênio, e tem como consequência um tempo de maturação prolongado. E caso a relação C/N esteja abaixo de 10/1 pode haver perda de nitrogênio por volatilização na forma de amônia (KIEHL, 2004; BARREIRA, 2005).

Em estudo realizado por Inácio (2010), com 16 leiras de 32000 kg cada, totalizando 518400 kg, e dimensões de 16,0m x 1,2m e 0,8m a 1,2m de altura, o valor de C/N=26,05:1. Enquanto que Silva (2016) em pesquisa com 6 pilhas de 50 kg cada, totalizando 300 kg, o valor de C/N=31,3:1. Já Alencar et al. (2012), com 9 pilhas de 730 kg cada, totalizando 6570 kg, e dimensões de 1,0m x 1,0m e 1,5m de altura, o valor de C/N=25:1.

3.3.2. Canteiros de Horta Orgânica e Estufa

Foram construídos 10 canteiros e uma 01 estufa modelo capela e neles foram adicionados parte do composto orgânico gerado para o plantio de hortaliças. De acordo com Cavalcante (2008), o cultivo em estufa garante maior estabilidade na produção, no qual é condição fundamental para manter a produtividade e a rentabilidade constantes em longo prazo.

3.4. Qualidade do composto orgânico

Após a finalização das 12 leiras, seus materiais foram quimicamente analisados e seus resultados estão apresentados na tabela 10 abaixo:

Tabela 10 – Qualidade dos compostos finalizados

Leira	Composto orgânico gerado (kg)	Relação composto orgânico / massa total (%)	MO (g/dm ³)	pH (CaCl ₂)	P (mg/dm ³)	K (mmol / dm ³)	Ca (mmol / dm ³)	Mg (mmol / dm ³)	Na (mmol / dm ³)	SB (mmol / dm ³)	Al (mmol / dm ³)	CTC (mmol / dm ³)	V (%)
1	113.34	53.47	80	6.8	333.8	4.9	71	21	7.8	104.7	0	135.7	77.2
2	54.56	40.86	54	6.9	170	3.7	67	27	6.3	104	0	119	87.4
3	87.53	53.16	60	6	424.4	3.2	66	26	4.6	99.8	0	120.8	82.6
4	143.26	41.37	70	6.2	835	6.5	50	55	9.8	121.3	0	135.7	89.4
5	135.27	59.84	86	6.3	597	6.5	59	49	9.3	123.7	0	135.9	91
6	133.46	46.32	86	6.7	475	9.4	75	32	12.4	128.8	0	139.8	92.2
7	113.25	49.7	86	6.3	662	6.4	67	45	9.1	127.5	0	150.6	84.6

8	106.9	49.86	112	6.7	661	7.2	56	57	9.3	129.5	0	151.7	85.4
9	151.07	42.32	111	6.2	817	7.1	50	51	9.7	117.7	0	135.5	88.1
10	61.34	44.92	95	6	501	10.3	43	54	12.4	119.7	0	138.8	86.2
11	115.74	40.04	67	6.5	229	6.5	21	17	9.8	54.3	0	73.3	74.1
12	195.19	40.76	79	6.9	938	12.4	64	28	13.9	118.3	0	158.3	74.7
Mínimo	54.56	40.04	54	6	170	3.2	21	17	4.6	54.3	0	73.3	74.1
Média	117.58	46.89	82.17	6.46	553.60	7.01	57.42	38.50	9.53	112.4	0	132.9	84.4
Máximo	195.19	59.84	112	6.9	938	12.4	75	57	13.9	129.5	0	158.3	92.2
Desvio Padrão	38.80	6.35	18.11	0.33	242.70	2.64	14.90	14.69	2.59	20.8	0	21.99	6.12
Coefficiente de Variação (%)	33.00	13.54	22.04	5.18	43.84	37.68	25.95	38.15	27.16	18.5	0	16.54	7.25

Fonte: Organização dos autores

Observa-se na tabela 10 que a quantidade de composto orgânico gerado foi de 1410,91 Kg, com mínima de 54,56 kg, máxima de 195,19 Kg, média de 117,58 Kg (desvio-padrão=38,80) e coeficiente de variação igual a 22,04 %. A relação de composto orgânico gerado com massa total está entre 40,04% e 59,84%, com média de 46,89% (desvio-padrão= 18,11 kg) e coeficiente de variação igual a 22,04%. Segundo Massukado (2008), a compostagem é uma das alternativas para tratar os resíduos orgânicos, pois pode reduzir em mais de 60% o seu volume, produzindo ao final do processo, um material estável que pode ser utilizado como condicionador de solos ou até mesmo atuar como um fertilizante.

O teor de matéria orgânica está entre 54 e 112 g/dm³, com média de 82,17 g/dm³ (desvio-padrão= 18,11 kg) e coeficiente de variação igual a 22,04 %, o que corrobora com valores encontrados por Garcia et al. (2020) e Gerude Neto et al. (2023), respectivamente 94 g/dm³ e 139 g/dm³. A matéria orgânica disponível no solo contribui para a retenção dos coloides, devido a quantidade de cargas negativas estas atraem cátions trocáveis a sua superfície, assim melhorando a capacidade de retenção hídrica do composto (TAVARES FILHO, 2016).

O pH observado está na faixa de 6,0 a 6,9, com média de 6,46 CaCl₂ (desvio padrão= 0,33) e coeficiente de variação igual a 5,18 o que está em consonância com os valores encontrados por Cotta et al. (2015), que variaram entre 6,9 e 8,9. De acordo com Kiehl (2002), um composto é considerado maturado quando o pH está acima de 6,0. Para Pereira Neto (2007), o pH ideal do material deve ser neutro. Segundo Albanell et al. (1988, citado por Cotta, 2015), a variação no pH pode ser atribuída à produção de ácidos orgânicos e CO₂ pelos microrganismos.

O fósforo encontrado está na faixa de 170,0 e 938 mg/dm³, com média de 553,60 mg/dm³ (desvio padrão= 242,70) e coeficiente de variação igual a 43,84 o que corrobora com valores encontrados por Aguiar et al (2022) e Magalhães et al (2022), respectivamente 382,0 e 261,0 mg/dm³. Segundo Duarte et al. (2017), o fósforo é o

macronutriente, que é absorvido em menores quantidades em relação aos outros, contudo a presença do mesmo no solo é indispensável para o crescimento e produção vegetal. De acordo com Heinrichs e Soares Filho (2014), este contribui com o crescimento prematuro das raízes, qualidade de frutas, verduras, grãos e formação das sementes.

O potássio encontrado está na faixa de 3,2 e 12,4 mmol/dm³, com média de 7,01 mmol/dm³ (desvio padrão=2,64) e coeficiente de variação igual a 37,68 o que corrobora com valores encontrados por Gerude Neto et al. (2023) e Garcia et al. (2020), respectivamente 4,1 e 18,1 mmol/dm³. Segundo Malavolta (1997), o potássio estimula a vegetação e o perfilhamento, sendo que sua deficiência provoca clorose seguida de necrose das margens das folhas velhas, diminuição da dormência apical, deficiência de ferro, perda da atividade cambial, entre outros.

O cálcio encontrado está na faixa de 21,0 e 75,0 mmol/dm³, com média de 57,42 mmol/dm³ (desvio padrão= 14,90) e coeficiente de variação igual a 25,95 o que corrobora com valores encontrados por Garcia et al (2022) e Vitor et al (2022), respectivamente 65,0 e 80,0 mmol/dm³. Segundo Silva e Costa (2022), o cálcio é fundamental para a qualidade do solo, pois desempenha um papel crucial na estruturação do solo, contribuindo para a agregação das partículas e a melhoria da drenagem.

O manganês encontrado está na faixa de 17 e 28,8 mmol/dm³, com média de 38,50 mmol/dm³ (desvio padrão=14,69) e coeficiente de variação igual a 38,15 o que corrobora com valores encontrados por Vitor et al (2022) e Magalhães et al (2022), respectivamente 45,0 e 49,0 mmol/dm³. De acordo com Milaleo et al (2010), O manganês é um elemento essencial no metabolismo vegetal, desempenhando papéis cruciais, principalmente na fotossíntese e atuando como cofator antioxidante enzimático; entretanto, sua função pode variar entre ser um nutriente vital ou um elemento tóxico, dependendo das concentrações presentes nos tecidos das plantas.

O sódio encontrado está na faixa de 4,6 e 13,9 mmol/dm³, com média de 9,53 mmol/dm³ (desvio padrão= 2,59) e coeficiente de variação igual a 27,16 que corrobora com valores encontrados por Gerude Neto et al. (2023) e Garcia et al. (2020), respectivamente 7,4 e 28,8 mmol/dm³. Segundo Girard et al. (2009), o sódio pode influenciar significativamente a fertilidade do solo ao afetar negativamente sua estrutura e capacidade de troca catiônica, aumentando o risco de salinização em solos com alta concentração desse elemento, o que compromete a saúde das plantas e a produtividade agrícola; por isso, o manejo adequado da salinidade e a adoção de práticas que reduzam a concentração de sódio são essenciais para manter a qualidade do solo.

A Soma de Bases (BS) encontrado está na faixa de 54,3 e 129,5 mmol/dm³, com média de 112,34 mmol/dm³ (desvio padrão=20,84) e coeficiente de variação igual a 18,53 o que corrobora com valores encontrados por Gerude Neto et al. (2023) e Garcia et al. (2020), respectivamente 186,53 e 163,9 mmol/dm³. Segundo Malavolta (2006), a soma de bases (SB) é um parâmetro crucial na avaliação da fertilidade do solo, representando a concentração total de cátions básicos trocáveis, incluindo cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), potássio (K⁺) e sódio (Na⁺), estes cátions são essenciais para o desenvolvimento das plantas, contribuindo diretamente para a estrutura do solo, retenção de água e disponibilidade de nutrientes. De acordo com Raij et al (2021), solos com alta SB tendem a ser mais férteis, pois possuem uma maior quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas. Por outro lado, uma baixa soma de bases pode indicar a necessidade de correção do solo, como a aplicação de calcário, para aumentar a disponibilidade de cátions essenciais (SOUSA & LOBATO, 2004).

Não foram encontrados valores para alumínio nas 12 leiras. Segundo Oliveira (2018), embora o alumínio seja frequentemente considerado um elemento tóxico para muitas plantas, sua presença no solo desempenha um papel crucial na interação com outros nutrientes e na formação de complexos que podem afetar a disponibilidade de elementos essenciais para o crescimento das plantas.

A CTC encontrado está na faixa de 73,3 e 158,3 mmol/dm³, com média de 132,93 mmol/dm³ (desvio padrão=21,99) e coeficiente de variação igual a 16,54 o que corrobora com valores encontrados por Vitor et al (2022) e Magalhães et al (2022), respectivamente 155,3 e 157,1 mmol/dm³. A capacidade de troca catiônica (CTC) é um indicador fundamental da fertilidade do solo, pois reflete a capacidade do solo de reter e disponibilizar cátions essenciais para o crescimento das plantas, como cálcio, magnésio e potássio. Solos com baixa CTC têm uma menor capacidade de retenção desses nutrientes, o que pode levar a deficiências nutricionais nas plantas e afetar negativamente o rendimento das culturas (SANTOS et al., 2020).

A saturação por base encontrado está na faixa de 77,2 e 158,3 mmol/dm³, o que corrobora com valores encontrados por Garcia et al (2022) e Magalhães et al (2022), respectivamente 86,8 e 91,0 mmol/dm³. A saturação por bases é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, sendo utilizada até como complemento na nomenclatura dos solos (EMBRAPA, 2010).

O composto orgânico gerado pelo STROC foi usado nos canteiros da Horta Orgânica, melhorando o solo e aumentando a produção de hortaliças para o restaurante

escolar. Parte do composto foi comercializada na comunidade, gerando recursos para a manutenção do STROC. Além disso, o sistema funcionou como um laboratório prático de educação ambiental, envolvendo os participantes em atividades sobre gestão de resíduos orgânicos e cultivo de hortaliças.

Segundo Lima et al. (2008), o composto orgânico ao final do processo apresenta características nutricionais relevantes, podendo ser aplicado na fertilização do solo, favorecendo a horticultura orgânica, a jardinagem e até a melhoria da geração de renda para os praticantes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os resultados, os resíduos orgânicos gerados no restaurante escola quando tratados corretamente, geram um produto de valor agregado que pode ser destinado para recuperação de áreas degradadas, produção de alimentos, além do viés socioambiental junto às comunidades do entorno. Cabe destacar ainda que o STROC também foi utilizado como um laboratório de educação ambiental, no qual os alunos, docentes e comunidade do entorno tiveram a oportunidade de serem sensibilizados quanto às questões de resíduos orgânicos.

O processo de compostagem para ser otimizado carece de monitoramento e controle de parâmetros intervenientes, como umidade, temperatura, pH, oxigenação. Portanto, recomenda-se para trabalhos futuros que seja pesquisado a implantação de um sistema que possa monitorar e controlar tais parâmetros.

REFERÊNCIAS

ADHIKARI, B. K. et al. Emissões de gases influenciadas pela configuração do sistema de compostagem doméstica. *Jornal de gestão ambiental*, v. 116, p. 163-171, fev. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479712006366>. Acesso em: 12 mar. 2023.

AGUIAR, M. C.; PINHEIRO, N. C. A.; ARAGÃO, F. M. M.; GOMES, L. B.; ARAUJO, N. A.; NASCIMENTO, B. M.; GERUDE NETO, O. J. A. Compostagem como alternativa para o tratamento do lodo de floculação da estação de tratamento de água. In: PEREIRA, D. R.; NETO, O. J. de A. G. (Orgs). *Abordagens multidisciplinares no processo de compostagem*. 1ª Ed: Gradus Editora. Bauru, São Paulo, 2022.

ALBANELL, E.; PLAIZATS, J.; CABRERO, T. Chemical changes during vermicomposting (*Eisenia fetida*) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes. *Biology and Fertility of Soils*, v. 6, 1988. p. 266-269.

ALENCAR, Bertrand Sampaio de; OLIVEIRA, Maria de Fátima G. de; ARAUJO, Roberto Correa de. Avaliação dos resíduos sólidos e da qualidade do composto orgânico produzido no Centro de Abastecimento Alimentar de Pernambuco. XII Safety, Health and Environment World Congress, São Paulo, 2012.

AMORIM, Ana Carolina. Caracterização dos dejetos de caprinos: reciclagem energética e de nutrientes. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal/SP, 2002.

ANDRADE, F. C. et al. Compostagem de resíduos agrícolas. In: DAL BOSCO, T. C. (Org.). Compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos: resultados de pesquisas acadêmicas. São Paulo: Blucher, 2017. p. 135-158.

AQUINO, Adriana Maria de; OLIVEIRA, Arlene Maria Gomes; LOUREIRO, Diego Campana. Integrando compostagem e vermicompostagem na reciclagem de resíduos orgânicos domésticos. Circular Técnica, Embrapa, Seropédica/RJ, 2005.

AUGUSTINI, V. C. M.; KISHIMOTO, P.; TESCARO, T. C.; ALMEIDA, F. Q. A. Avaliação do índice resto-ingesta e sobras em unidade de alimentação e nutrição (UAN) de uma empresa metalúrgica na cidade de Piracicaba/SP. Rev. Simbio-Logias, p. 99-110, 2008; 1(1). Disponível em: http://www.ibb.unesp.br/Home/Departamentos/Educacao/Simbio-logias/ARTIGO_07_NUTR_avaliacao_indice_resto-ingesta.pdf. Acesso em: 02 fev. 2023.

BARREIRA, L. P. Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção. 204f. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

BATTISTI, Dione Patrícia; BATTISTI, José Fernando. Avaliação da eficiência do uso do esterco bovino e do EM-4 na compostagem de resíduos de poda de árvores do município de Medianeira - PR. Monografia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011.

BENITES, V. M. et al. Produção de adubos orgânicos a partir da compostagem dos resíduos da manutenção da área gramada do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 50. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2004.

BERNAL, M. P.; SANCHEZ-MONEDERO, M. A.; PAREDES, C.; ROIG, A. Carbon mineralization from organic waste at different composting stages during their incubation with soil. Agriculture Ecosystems & Environment, v. 69, 1998. p. 175-189.

BNDES. Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. Pesquisa científica BNDES FEP, nº. 02/2010, 2013.

BRITO, M. J. C. Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto como substrato. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Universidade Tiradentes, Aracaju, fev. 2008.

CAMPBELL, Stu. Manual de compostagem para hortas e jardins: como aproveitar bem o lixo orgânico doméstico. São Paulo: Nobel, 1995.

CAVALCANTE, A. S. da S. Cultivo orgânico de alface em diferentes épocas de plantio, preparo e coberturas de solo. 2008. 66 f. Tese (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2008.

COSTA, André Pereira da et al. A compostagem como recurso metodológico para o ensino de ciências naturais e geografia no ensino fundamental. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, Brasil, vol. 7, ed. n. 12, 15 out. 2011. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/conbras1/a%20compostagem.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2023.

COTTA, Jussara Aparecida de Oliveira; CARVALHO, Nayhana Lara Chaves; BRUM, Túlio da Silva; REZENDE, Maria Olímpia de Oliveira. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. Engenharia Sanitária e Ambiental (Online), v. 20, 2015. p. 65-78.

DUARTE, C. F. D.; PAIVA, L. M.; FERNANDES, H. J.; CASSARO, L. H.; BREURE, M. F.; PROCHERA, D. L.; BISERRA, T. T. Capim-piatã adubado com diferentes fontes de fósforo. Revista Investigação, Aquidauana/MT, 2016. p. 58-63.

EMBRAPA. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. São Paulo, 2010. 9 p.

GARCIA, S. S. R.; Pereira, D. R.; Dutra, M. L. S.; Ribeiro, A. W. P.; Menezes, K. D. C. de; Cruz, R. F.; Gerude Neto, O. J. de A. (2020). Análise comparativa de adubos orgânicos oriundos de diferentes tipos de compostagem. Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente, v. 8, n. 2, 2020. p. 115-126.

GERUDE NETO, O. J. de A.; MENEZES, K. D. C. de; RIBEIRO, A. W. P.; CRUZ, R. F.; GARCIA, S. S. R.; PEREIRA, D. R.; ROSA, F. C.; GOMES, E. de B.; SILVA, D. F. da; MIRANDA, R. de C. M.. Influence of fibrous material on the composting, with the inclusion of different biocatalysts. Ciência e Natura, Santa Maria, v. 45, e26, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X72317>. Acesso em: 3 nov. 2023.

GIRARD, J. S. et al. Impacto do sódio na fertilidade do solo e na nutrição das plantas. Soil Science Society of America Journal, v. 83, n. 3, 2019. p. 678-688.

GOMES, T. C. A.; SILVA, J. A. M.; SILVA, M. S. L. Preparo de composto orgânico na pequena propriedade rural. Instruções Técnicas da Embrapa Semi-Árido, 53. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001.

GROSSI, M. G.; VALENTE, J. P. S. Compostagem doméstica de lixo. Botucatu, SP: Fundacentro - Universidade Estadual Paulista - Unesp/Botucatu, 2002.

HECK, K. et al. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 1, 2013. p. 54-59.

HEINRICHS, R.; SOARES FILHO, C. V. Adubação e manejo de pastagens. Birigui: Boreal, 2014. p. 180.

INÁCIO, Caio de Teves. Compostagem de restos de alimentos com aparas de grama e esterco de animais: monitoramento do processo. Circular Técnica, 46. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2010.

KIEHL, Edmar José. Manual de compostagem: maturação e qualidade de composto. EMBRAPA, São Paulo, n. 4, p. 173, 2004. Disponível em:

<https://limpezapublica.com.br/manual-decompostagem-maturacao-e-qualidade-docomposto/>. Acesso em: 27 mar. 2023.

KIEHL, J. E. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2005. 492 p.

LIMA, Josanidia et al. Rede de cooperação no êxito de iniciativas voltadas para a utilização de composto orgânico na produção de hortaliças por pequenos agricultores em Camaçari-BA. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 3, n. 3, p. 47-52, 2008. Disponível em: https://orgprints.org/id/eprint/27470/1/Lima_Rede.pdf. Acesso em: 27 mar. 2023.

MAGALHÃES, W. M. A.; SILVA, D. F.; ARAGÃO, F. M. M.; VILAS BÔAS, I. C. C.; ARAUJO, N. A.; PINHEIRO, D. L.; GERUDE NETO, O. J. A.. Casca de mandioca e fibra de coco como fontes alternativas no processo de compostagem. In: PEREIRA, D. R.; NETO, O. J. de A. G. (Orgs). Abordagens multidisciplinares no processo de compostagem. 1ª ed. Bauru: Gradus Editora, São Paulo, 2022.

MAIA, C.M.B.F.; MANGRICH, A.S.; BUDZIAK, C.R.; SANTOS, J .C.P.. Compostagem de resíduos florestais: um guia para produção de húmus através de reciclagem e aproveitamento de resíduos floresta. Curitiba: Paraná, 2003.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. 1. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

MASSUKADO, L. M. Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares. 182 p. Tese (Doutorado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

MILLALEO, R.; REYES-DÍAZ, M.; IVANOV, A. G.; MORA, M. L.; ALBERDI, M.. Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, v. 10, n. 4, 2010. p. 470-481.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos, 2001.

MOURA, P. N.; HONAISSER, A.; BOLOGNINI, M. C. M. Avaliação do índice resto ingestão e sobras em unidade de alimentação e nutrição (UAN) do Colégio Agrícola de Guarapuava (PR). Revista Salus-Guarapuava (PR). V. 3(10): p. 15-22. 2009. Disponível em: <http://revistas.unicentro.br/index.php/salus/article/viewFile/702/1158>. Acesso em 02 dez. 2023.

NASCIMENTO, Wilker Marcolino. Avaliação do papel e do papelão como fontes alternativas de carbono na compostagem doméstica. Monografia, Instituto Federal do Espírito Santo, 2022.

OLIVEIRA, J. R. A. A importância do alumínio no solo e seus efeitos na fertilidade. Editora AgroEdit, 2021.

PAIVA, E. C. R. Variáveis de projeto, operação de sistemas de leiras estáticas aeradas e qualidade do composto produzido com carcaças de aves mortas. Tese (Doutorado em

Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011. 112 p.

PEREIRA NETO, J. T. Manual de compostagem: processo de baixo custo. 1. ed. Viçosa: UFV, 2007.

PEREIRA NETO, J. T. On the treatment of municipal refuse and sewage sludge using aerated static pile composting - A low cost technology approach. University of Leeds, Leeds, 1987. 272 p.

PEREIRA, Débora Corrêa de Mello Santos. Compostagem pelo método de aeração passiva: uma solução sustentável para resíduos orgânicos da indústria de celulose e papel. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Taubaté, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, 2010.

PULLOPAXI CIFUENTES, Antony Javier. Tratamiento de residuos orgánicos generados en el Bioterio de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo mediante compostaje. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2019.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. (Boletim técnico, 100). 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

Ricarte, M.P.R., Fé M.A.B.M., Santos I.H.V.S., Lopes A.K.M.. Avaliação do desperdício alimentar produzido por comensais em restaurante universitário no sul do Brasil por meio de gráficos de controle. Latin American Journal of Business Management, v. 8, n. 2, 2013. p. 118-133.

RICHARD T.; TRAUTMANN N.; KRASNY M., FREDENBURG S.; STUART C. Compost. Universidad de Cornell. 2005. Disponível em <http://compost.css.cornell.edu/science.html>. Acesso em: 25 dez. 2023.

SANTOS, A. C.; NEVES, J. C. L. A importância da capacidade de troca catiônica para a fertilidade do solo. In: Sistemas de produção e manejo do solo. Editora Agropecuária, 2020.

SBIZARRO, M.; DAL BOSCO, T.C.; PRATES, K.V.M.C.; PRESUMIDO, P.H.; PINTO, A.A.S.; SOUZA, A.V.D. A. Tratamento de dejetos ovinos, bovinos e palha-de-açúcar via vermicompostagem. In: BOSCO, Tatiane Cristina Dal. Compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos: resultados de pesquisas acadêmicas. São Paulo: Blucher, 2017. p. 45-68.

SILVA, Alice Sabrina Ferreira da. Avaliação do processo de compostagem com diferentes proporções de resíduos de limpeza urbana e restos de alimentos. Universidade Federal de Pernambuco. (Dissertação de Mestrado). Recife, 2016.

SILVA, M. J.; COSTA, R. F. A importância do cálcio na saúde do solo e na produtividade das culturas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 45, n. 3, 2022. p. 456-470.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e perenes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Orgs). Calagem e adubação para culturas anuais e perenes. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. p. 283-315.

TAVARES FILHO, João. Física e conservação do solo e água. 1. ed. Londrina: EDUEL, 2016. 256 p.

TEIXEIRA, L. B. et al. Processo de compostagem, a partir de lixo orgânico urbano, em leira estática com ventilação natural. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Agrobiologia. Circular Técnica nº 33/2004/PA. Belém: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 8 p., out. 2001. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/407137/1/Circ.tec.33.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2023.

THOMSEN, I. K. C and N transformations in (15)N cross-labelled solid ruminant manure during anaerobic and aerobic storage. *Bioresource Technology*, v. 72, 2000. p. 267-274.

TIQUIA, S. M.; WAN, J. H. C.; TAM, N. F. Y. Dynamics of yard trimmings composting as determined by dehydrogenase activity, ATP content, arginine ammonification, and nitrification potential. *Process Biochem*, v. 37, p. 1057-1064, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(01\)00317-X](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(01)00317-X). Acesso em: 01 mar. 2023.

VARENHOLT, Helton. A importância da compostagem dos resíduos orgânicos gerados em ambiente doméstico. 32 f. Trabalho de conclusão do curso (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

VITOR, T. S.; SILVA NETO, V. M.; ARAGÃO, F. M. M.; VILAS BÔAS, I. C. C.; ARAUJO, N. A.; SILVA, F. A. M.; GERUDE NETO, O. J. A. Papel como fonte alternativa de fibra no processo de compostagem. In: PEREIRA, D. R.; NETO, O. J. de A. G. (Orgs). *Abordagens multidisciplinares no processo de compostagem*. 1ª ed. Bauru: Gradus Editora, São Paulo, 2022.

ZANINI, R. R. et al. Avaliação de desperdício alimentar produzido por comensais em restaurante universitário no sul do Brasil por meio de gráficos de controle. *Latin American Journal of Business Management*, v. 8, n. 2, 2013. p. 118-133.

ZIMMERMANN, A. M.; MESQUITA, M. O. Campanha Resto Zero em um restaurante universitário. *Disc. Scientia. Série: Ciências da Saúde*, V. 12(1): p. 115-125 2011. Disponível em: <http://sites.unifra.br/Portals/36/2011/Saude/11.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2023.

Artigo 03: Publicado na Revista Caderno Pedagógico, Qualis A2 2017-2020.

Impacto do Uso de Biocatalisadores no Tratamento de Resíduos Orgânicos por Compostagem em uma Instituição de Ensino em São Luís/MA

Impact of the Use of Biocatalysts in the Treatment of Organic Waste by Composting at an Educational Institution in São Luís/MA

RESUMO

A crescente geração de resíduos orgânicos em instituições de ensino apresenta desafios para sua destinação adequada, tornando essencial a busca por soluções sustentáveis. A compostagem é uma alternativa viável, porém, a eficiência desse processo pode ser aprimorada com o uso de biocatalisadores, que aceleram a decomposição e otimizam a qualidade do composto final. Portanto o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da adição de biocatalisadores no processo de compostagem de resíduos orgânicos gerados em um restaurante escolar, comparando os parâmetros químicos do composto final produzido. A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Sustentabilidade (ECOLAB), onde foram montadas 12 leiras de compostagem, seis com a adição de fezes de equinos, bovinos e caprinos como biocatalisadores e seis sem adição, para efeito de controle. O método de compostagem adotado foi o sistema de leiras "Windrow", com revolvimento periódico para otimizar a aeração e umidade da pilha. Os parâmetros químicos do composto foram analisados e comparados estatisticamente. Os resultados indicaram que a adição de biocatalisadores influenciou positivamente a retenção de matéria orgânica e a estabilização do pH. O biocatalisador caprino destacou-se por proporcionar maiores concentrações de potássio no composto final. No entanto, para parâmetros como fósforo e capacidade de troca catiônica (CTC), não foram observadas diferenças significativas. Conclui-se que a utilização de biocatalisadores pode melhorar a eficiência da compostagem e a qualidade do composto, sendo uma alternativa viável para o manejo sustentável de resíduos orgânicos.

Palavras-chave: Carbono/Nitrogênio. Dejetos de animais. Matéria Orgânica. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The growing generation of organic waste in educational institutions presents challenges for its proper disposal, making the search for sustainable solutions essential. Composting is a viable alternative, but the efficiency of this process can be improved with the use of biocatalysts, which accelerate decomposition and optimize the quality of the final compost. Therefore, the aim of this study was to evaluate the influence of adding biocatalysts to the composting process of organic waste generated in a school restaurant, comparing the chemical parameters of the final compost produced. The research was conducted at the Sustainability Laboratory (ECOLAB), where 12 composting beds were set up, six with the addition of horse, cattle and goat feces as biocatalysts and six without addition, for control purposes. The composting method adopted was the "Windrow" system, with periodic turning to optimize the aeration and humidity of the pile. The chemical parameters of the compost were analyzed and compared statistically. The results indicated that the addition of biocatalysts positively influenced the retention of organic matter and pH stabilization. The goat biocatalyst stood out for providing higher concentrations of potassium in the final compost. However, for parameters such as phosphorus and cation exchange capacity (CEC), no significant differences were observed. It can be concluded that the use of biocatalysts can improve composting efficiency and compost quality, making it a viable alternative for the sustainable management of organic waste.

Keywords: Carbon/Nitrogen. Animal waste. Organic matter. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A gestão inadequada de resíduos orgânicos é um desafio ambiental em instituições de ensino no Brasil. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2017), cerca de 50% dos resíduos sólidos urbanos são orgânicos, grande parte passível de compostagem. O descarte inadequado contribui para a degradação ambiental, emissão de gases de efeito estufa e contaminação do solo e das águas subterrâneas (SILVA et al., 2020).

A compostagem surge como solução sustentável, transformando resíduos em um composto rico em nutrientes, útil para a agricultura e recuperação de solos degradados (KIEHL, 2004). Esse processo biológico, conduzido por microrganismos, depende do controle de umidade, temperatura, aeração e relação C/N para garantir eficiência e qualidade do composto (FERNANDES et al., 2021).

A eficiência da compostagem pode ser potencializada com biocatalisadores, como esterco de animais, que aceleram a degradação da matéria orgânica e melhoram a qualidade do composto final. Estudos indicam que a adição desses agentes favorece o equilíbrio nutricional e otimiza a atividade microbiana, tornando o processo mais eficiente (SOUZA et al., 2019). Além disso, reduz a necessidade de fertilizantes químicos, promovendo uma agricultura mais sustentável (SILVA et al., 2020).

Dentre os biocatalisadores mais utilizados, destacam-se esterco de equinos, bovinos e caprinos, ricos em nitrogênio e enzimas que favorecem a decomposição. A escolha do biocatalisador impacta fatores como pH, teor de matéria orgânica, disponibilidade de nutrientes, CTC e taxa de decomposição (BERNAL et al., 2009). Estudos mostram que esterco de caprinos e bovinos aumentam a taxa de mineralização do nitrogênio, resultando em um composto mais nutritivo e com menor tempo de maturação (LIMA et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2019).

Apesar das vantagens, há lacunas sobre a eficácia comparativa entre diferentes esterco na compostagem de resíduos orgânicos. Diante da importância dessa prática para a sustentabilidade em instituições de ensino, é essencial investigar como esses biocatalisadores influenciam os parâmetros químicos e físicos do composto final.

Este estudo avalia o impacto de biocatalisadores (fezes de equinos, bovinos e caprinos) na compostagem de resíduos orgânicos de um restaurante escolar.

2 METODOLOGIA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A unidade escolar mencionada na pesquisa integra a rede pública do Maranhão, localizada em São Luís/MA (-2.545747; -44.237965), e iniciou suas atividades em 2021, oferecendo Ensino Médio Técnico em Tempo Integral. Possui um restaurante escola que atende diariamente 800 alunos, 85 docentes e 50 servidores, fornecendo três refeições diárias.

A escola conta com um Laboratório de Sustentabilidade (ECOLAB), onde possui um Sistema de Tratamento de Resíduo Orgânico por meio da Compostagem (STROC), implantado em uma área de 329,10 m² e composto por 9 baias para compostagem.

2.2 MONTAGEM DAS COMPOSTEIRAS

O processo de compostagem adotado foi baseado no sistema de leiras “Windrow”, conforme Paiva (2011), caracterizado por reviramentos periódicos para aeração e controle da umidade. Esse método, adequado para climas temperados, dura até 120 dias, sendo finalizado quando o composto atinge coloração escura, odor de terra molhada, redução de volume para 1/3 e os seguintes parâmetros: MO \geq 40%, N \geq 1,7%, umidade \geq 25%, pH \geq 6,0 e C/N entre 10/1 e 15/1 (MMA, 2001; TIQUIA et al., 2002; PEREIRA NETO, 2007; BERNAL et al., 1998; BNDES, 2013; DO NASCIMENTO et al., 2005; TEIXEIRA et al., 2004).

Entre novembro de 2022 e abril de 2024, foram montadas 12 leiras de compostagem, cada uma com 120 dias de duração. A relação C/N foi ajustada com resíduos alimentares do restaurante escolar como fonte de nitrogênio e poda de árvores e gramíneas como fonte de carbono.

Seis leiras receberam biocatalisadores (fezes de animais de pequenos produtores locais), distribuídas da seguinte forma: Leiras 1 e 2: fezes de equino; Leiras 3 e 4: fezes de bovino e Leiras 5 e 6: fezes de caprino. As demais leiras foram compostadas sem biocatalisadores, permitindo uma análise comparativa dos diferentes tratamentos no processo de compostagem.

2.2.1 Relação Carbono/ Nitrogênio

A faixa de relação C/N utilizada, seguiu os estudos de Kiehl (2004), onde cita que a relação C/N ideal deve estar entre 25/1 e 35/1. Para o cálculo da relação de carbono/ nitrogênio, utilizou-se valores de C/N de pesquisas na área, conforme tabela 1.

Tabela 1. Relação C/N utilizada na montagem das leiras

Tipo de Fonte	Resíduo	C/N	Autor
Nitrogênio	Resto de Alimentos	15.00/1	AQUINO et al., 2005
Biocatalizador 01	Fezes de Caprinos	17.01/1	AMORIM, 2002
Biocatalizador 02	Fezes de Bovinos	20.13/1	BATTISTI & BATTISTI, 2011
Biocatalizador 03	Fezes de Equinos	30.00/1	RICHARD et al., 2005
Carbono	Poda de Árvores e Gramíneas	37.73/1	BENITES, 2004

Fonte: Adaptado pelos autores

2.2.2 Altura das Leiras

Conforme Aquino (2005) a dimensão da pilha de composto formada no solo deve ser de 1,0 a 1,5 m de altura. Em relação a largura da pilha, esta pode variar de acordo com a disponibilidade de área e resíduos, mas não deve ultrapassar a 1,5 a 2 m. Baseado em Aquino (2005), para essa pesquisa a altura das leiras foi de 1,2 metro e o diâmetro da base foi 1,5 m.

2.2.3 Montagem das leiras

Os resíduos alimentares foram pesados diariamente ao longo da semana (segunda a sexta-feira). Com base nessa massa, a relação carbono/nitrogênio (C/N) foi calculada conforme GOMES et al. (2001) (Fórmula 1) e Tabela 1, para determinar a quantidade de fonte de carbono e biocatalisador necessária.

$$\frac{\text{Partes de material rico em carbono}}{\text{Material rico em carbono}} = \frac{\text{Material rico em nitrogênio}}{\text{Material rico em carbono}} = \frac{(30 \times \% \text{ nitrogênio}) - \% \text{ carbono}}{\% \text{ carbono} - (30 \times \% \text{ nitrogênio})} \quad (1)$$

A montagem das leiras seguiu o método descrito por Kiehl (2004), alternando camadas de aproximadamente 20 cm entre: Fonte de carbono (poda de árvores e gramíneas); Fonte de nitrogênio (resíduos alimentares) com biocatalisador (quando aplicável); Nova camada de carbono, seguida de outra de nitrogênio, repetindo o processo até esgotar os resíduos.

A umidade foi ajustada para 60%, conforme Kiehl (2004). A aeração ocorreu por revolvimento manual semanal, adotando um método aeróbio de fermentação em ambiente aberto, caracterizado por um processo lento de decomposição.

Segundo Inácio (2010), no sistema de pilhas estáticas aeradas, a ventilação ocorre naturalmente, sendo o oxigênio incorporado durante o revolvimento, garantindo condições adequadas para a atividade microbiana.

2.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO COMPOSTO ORGÂNICO

Ao final do processo, o composto orgânico foi peneirado e encaminhado ao Laboratório de Química dos Solos (LABQSOL) da UEMA para análise dos atributos, conforme os métodos

do Manual de Análises Químicas (Embrapa, 2017). Os parâmetros analisados foram: Matéria Orgânica (MO), pH, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Sódio, Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e Saturação por Base (V%).

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram calculados os valores mínimo, máximo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação dos parâmetros químicos das leiras, permitindo avaliar a variabilidade dos dados e a influência do biocatalisador. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$), adequado para amostras pequenas.

Com base na normalidade, foram aplicados testes estatísticos para comparar os grupos com e sem biocatalisador:

- Teste T de Student para parâmetros com distribuição normal.
- Teste de Mann-Whitney (U) para aqueles sem distribuição normal.

Ambos foram realizados com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Para comparar os três biocatalisadores (fezes de equino, bovino e caprino):

- Teste de Kruskal-Wallis, adequado para pequenas amostras sem distribuição normal.
- Teste de Dunn para identificar diferenças específicas quando o Kruskal-Wallis indicou significância ($p < 0,05$).

Resultados com $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos. A tendência dos valores médios e medianos foi analisada para determinar a influência dos biocatalisadores.

As análises foram realizadas em Python, utilizando as bibliotecas pandas, scipy e matplotlib, com os resultados apresentados em tabelas comparativas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 MONTAGEM DAS COMPOSTEIRAS

As leiras foram montadas com 1,2 m de altura e 1,5 m de diâmetro. Segundo Pereira (2010), dimensões menores (≤ 1 m de altura) dissipam calor mais rapidamente devido à maior superfície de contato, acelerando a troca térmica. Por outro lado, leiras muito grandes (2,5 a 3 m de altura) podem prejudicar a atividade microbiana devido a temperaturas excessivas e compactação, dificultando a aeração (Pereira Neto, 1989 apud Brito, 2008). O formato 1,5 m x 1,5 m x 1,5 m é considerado adequado para diferentes resíduos (Brito, 2008).

O processo seguiu o sistema de leiras "Windrow", conforme Paiva (2011), onde a oxigenação ocorre por reviramento periódico. Esse método é simples, de baixo custo e adequado para diversos resíduos orgânicos, podendo ser operado manual ou mecanicamente, com as pilhas dispostas sobre solo impermeabilizado ou compactado (Massakudo, 2008).

O tempo de compostagem foi 120 dias, conforme Tabela 2, abrangendo as fases de degradação e maturação, alinhado com o intervalo de 120 a 130 dias sugerido por Teixeira et al. (2004).

Tabela 2. Cronograma de montagem das leiras

Leira	Período de coleta dos resíduos	Data de montagem	Data de finalização
1	14 a 18/11/22	19/11/2022	19/03/2023
2	28/11/22 a 02/12/22	03/12/2022	02/04/2023
3	24 a 28/04/23	29/04/2023	27/08/2023
4	05/05/2023	06/05/2023	03/09/2023
5	09/06/2023	10/06/2023	08/10/2023
6	16/06/2023	17/06/2023	15/10/2023
7	15/09/2023	15/09/2023	13/01/2024
8	30/10/23 a 10/11/23	10/11/2023	09/03/2024
9	13 a 20/11/23	20/11/2023	19/03/2024
10	21 a 27/11/23	27/11/2023	26/03/2024
11	28/11/23 a 01/12/23	01/12/2023	30/03/2024
12	07/12/2023	07/12/2023	05/04/2024

Fonte: Elaborado pelos autores

A Tabela 3 apresenta as características das leiras compostas com diferentes tipos de biocatalisadores (equinos, bovinos e caprinos), destacando a massa total das composteiras, a quantidade e o percentual de resíduos de alimentos, fontes de carbono e biocatalisadores em relação à massa total. No total, as leiras utilizaram 1374,56 kg de material, dos quais 832,45 kg (60,56%) corresponderam a resíduos de alimentos, 305,09 kg (22,19%) a fontes de carbono e 237,02 kg (17,25%) a biocatalisadores.

A menor massa total foi registrada na Leira 5 (136,55 kg), enquanto a maior foi na Leira 3 (346,30 kg). A média das leiras foi 229,09 kg, com resíduos de alimentos compondo 61,00% da massa. A Leira 6 teve a maior proporção de resíduos de alimentos (75,43%), e a Leira 3 apresentou a maior quantidade de fonte de carbono (109,38 kg).

As análises estatísticas revelaram variações significativas entre os componentes das leiras. O desvio padrão dos resíduos de alimentos foi de 46,37 kg ($\pm 33,42\%$), enquanto as fontes de carbono apresentaram um desvio de 28,65 kg ($\pm 56,34\%$) e os biocatalisadores 13,64 kg ($\pm 34,54\%$). O coeficiente de variação mais elevado foi obtido na proporção de fontes de carbono (56,34%), proporcionando uma maior heterogeneidade entre as leiras nesse aspecto.

A inclusão de biocatalisadores demonstrou benefícios na eficiência da compostagem.

Segundo Bernal et al. (2009), materiais ricos em nitrogênio, como esterco, aceleram a decomposição, promovendo maior retenção de matéria orgânica (MO) e enriquecendo o composto final.

Estudos de Eghball et al. (1997) apontam que esterco atua como fontes adicionais de carbono e nitrogênio, otimizando a relação C/N, fator crítico para o sucesso da compostagem. Kumar et al. (2018) destaca que biocatalisadores de diferentes origens influenciam a atividade microbiana e a velocidade de degradação, tornando o processo mais eficiente.

Tabela 3. Quantidade de resíduos utilizados nas leiras com biocatalizador

Leira	Tipo de biocatalizador	Massa da Composteira	Resíduos de alimentos (Kg)	% de resíduos de alimentos na Massa da composteira	Fonte de carbono (Kg)	% de fonte carbono na Massa da composteira	Biocatalizador (Kg)	% de biocatalizador na Massa da composteira
1	Equino	211.96	118.15	55.74%	51.25	24.18%	42.56	20.08%
2	Equino	164.64	103.21	62.69%	41.98	25.50%	19.45	11.81%
3	Bovino	346.30	185.76	53.64%	109.38	31.59%	51.16	14.77%
4	Bovino	226.05	114.87	50.82%	52.75	23.34%	58.43	25.85%
5	Caprino	136.55	92.42	67.68%	19.13	14.01%	25.00	18.31%
6	Caprino	289.06	218.04	75.43%	30.60	10.59%	40.42	13.98%
TOTAL		1374.56	832.45	60.56%	305.09	22.20%	237.02	17.24%
Mínimo		136.55	92.42	50.82%	19.13	10.59%	19.45	11.81%
Média		229.09	138.74	61.00%	50.85	21.53%	39.50	17.47%
Máximo		346.30	218.035	75.43%	109.38	31.59%	58.43	25.85%
Desvio Padrão		71.13	46.37	8.58%	28.65	7.11%	13.64	4.64%
Coefficiente de Variação (%)		31.05%	33.42%	14.06%	56.34%	33.03%	34.54%	26.56%

Fonte: Elaborado pelos autores

A Tabela 4 apresenta as características das leiras compostas sem a adição de biocatalizadores, destacando a massa total das composteiras, a quantidade e o percentual de resíduos de alimentos e fontes de carbono em relação à massa total. No total, as leiras sem biocatalizador utilizaram 1.409,2 kg de material, dos quais 1.047,11 kg (74,30%) foram resíduos de alimentos e 362,08 kg (25,70%) corresponderam a fontes de carbono.

A menor massa total foi observada na Leira 12 (198,75 kg) e a maior na Leira 7 (267,74 kg). A média das leiras foi 234,87 kg, com resíduos de alimentos compondo 73,73% da massa total. A Leira 7 apresentou a maior proporção de resíduos de alimentos (88,75%), enquanto a Leira 8 teve a menor (67,12%), sendo esta última a que mais utilizou fontes de carbono (32,88%).

As análises estatísticas revelaram uma menor variabilidade nos dados em comparação às leiras com biocatalizador. O desvio padrão da massa total foi de 28,32 kg ($\pm 12,06\%$), enquanto os resíduos de alimentos tiveram um desvio de 35,10 kg ($\pm 20,11\%$) e as fontes de carbono, 14,18 kg ($\pm 23,50\%$). O coeficiente de variação foi mais baixo para o percentual de resíduos de alimentos na massa total (9,48%), indicando uma maior uniformidade entre as leiras

nesse aspecto.

A ausência de biocatalisadores pode reduzir a eficiência da compostagem. Eghball et al. (1997) relatam que esterco aceleram a degradação dos resíduos orgânicos, aumentando a eficiência do processo. Segundo Brady e Weil (2008), biocatalisadores melhoram a estabilidade do composto, promovendo maior retenção de nutrientes e maturação mais rápida.

Tabela 4. Quantidade de resíduos utilizados nas leiras sem biocatalizador

Leira	Massa da Composteira (Kg)	Resíduos de alimentos (Kg)	% de resíduos de alimentos na Massa da composteira	Fonte de carbono (Kg)	% de fonte carbono na Massa da composteira
7	267.74	237.61	88.75%	30.13	11.25%
8	202.42	135.86	67.12%	66.56	32.88%
9	258.13	185.45	71.84%	72.68	28.16%
10	260.53	191.63	73.55%	68.90	26.45%
11	221.63	156.22	70.49%	65.41	29.51%
12	198.75	140.35	70.61%	58.41	29.39%
TOTAL	1409.2	1,047.11	74.30%	362.08	25.69%
Mínimo	198.75	135.855	67.12%	30.13	11.25%
Média	234.87	174.52	73.73%	60.35	26.27%
Máximo	267.74	237.61	88.75%	72.68	32.88%
Desvio Padrão	28.32	35.10	6.99%	14.18	6.99%
Coefficiente de Variação (%)	12.06%	20.11%	9.48%	23.50%	26.60%

Fonte: Elaborado pelos autores

3.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO COMPOSTO ORGÂNICO GERADO

A Tabela 5 apresenta os parâmetros químicos do composto orgânico produzido em leiras com adição de biocatalisadores (equino, bovino e caprino). Os parâmetros avaliados incluem matéria orgânica (MO), pH, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%).

A análise revelou que o composto apresentou qualidade satisfatória, com destaque para os valores médios de MO (76,33 g/dm³), pH (6,13) e CTC (123,37 mmol/dm³). A saturação por bases (V%) foi alta, com média de 83,42%, reforçando o potencial do composto em melhorar a fertilidade do solo.

A MO variou entre 60,0 g/dm³ (Leira 2, equino) e 95,0 g/dm³ (Leira 5, caprino), com média de 76,33 g/dm³. Esses valores indicam uma boa retenção de matéria orgânica no composto. Santos et al. (2020) afirmam que compostos com altos teores de MO são fundamentais para aumentar a capacidade de retenção de água e nutrientes no solo, favorecendo a estruturação do mesmo.

Os valores de pH variaram de 5,5 (Leira 6, caprino) a 6,8 (Leira 1, equino), com uma média de 6,13, considerada ideal para a disponibilização de nutrientes. Souza et al. (2017) destacam que pH em torno da neutralidade favorece a atividade microbiana e melhora a eficiência do composto.

A concentração de P foi altamente variável, com valores entre 229,0 mg/dm³ (Leira 6, caprino) e 835,0 mg/dm³ (Leira 4, bovino). Medeiros et al. (2018) ressaltam que compostos enriquecidos com fósforo promovem o desenvolvimento radicular das plantas e o aumento da produtividade agrícola.

O potássio teve média de 6,32 mmol/dm³, com destaque para a Leira 5 (caprino) que apresentou o maior valor (10,3 mmol/dm³). Estudos como o de Oliveira et al. (2019) apontam que compostos orgânicos com maior teor de potássio são especialmente úteis para culturas exigentes nesse nutriente, como hortaliças e frutíferas.

O cálcio apresentou média de 51,67 mmol/dm³, com maior valor na Leira 1 (equino). O magnésio variou entre 17,0 mmol/dm³ (Leira 6, caprino) e 55,0 mmol/dm³ (Leira 4, bovino), com alta variabilidade (43,22%). Segundo Faria e Fonseca (2016), compostos ricos em cálcio e magnésio ajudam a corrigir a acidez do solo e a melhorar a estruturação física.

Os valores de SB e CTC foram maiores nas leiras com biocatalizador bovino (Leira 3 e 4), enquanto a saturação por bases manteve-se alta em todas as leiras. Esses resultados indicam a alta qualidade do composto produzido, corroborando com estudos de Pereira et al. (2021), que associam altos valores de CTC a maior capacidade do solo de reter nutrientes.

Tabela 5. Qualidade do composto orgânico com biocatalizador

Leira	Biocatalizador	MO (g/dm ³)	pH (CaCl ₂)	P (mg/dm ³)	K (mmol/dm ³)	Ca (mmol/dm ³)	Mg (mmol/dm ³)	Na (mmol/dm ³)	SB (mmol/dm ³)	CTC (mmol/dm ³)	V (%)
1	Equino	80.0	6.8	333.8	4.9	71.0	21.0	7.8	104.7	135.7	77.2
2	Equino	60.0	6.0	424.4	3.2	66.0	26.0	4.6	99.8	120.8	82.6
3	Bovino	86.0	6.3	597.0	6.5	59.0	49.0	9.3	123.7	135.9	91.0
4	Bovino	70.0	6.2	835.0	6.5	50.0	55.0	9.8	121.3	135.7	89.4
5	Caprino	95.0	6.0	501.0	10.3	43.0	54.0	12.4	119.7	138.8	86.2
6	Caprino	67.0	5.5	229.0	6.5	21.0	17.0	9.8	54.3	73.3	74.1
Mínimo		60.00	5.50	229.00	3.20	21.00	17.00	4.60	54.30	73.30	74.10
Média		76.33	6.13	486.70	6.32	51.67	37.00	8.95	103.92	123.37	83.42
Máximo		95.00	6.80	835.00	10.30	71.00	55.00	12.40	123.70	138.80	91.00
Desvio Padrão		11.90	0.39	194.66	2.15	16.59	15.99	2.37	23.88	23.14	6.15
Coeficiente de Variação (%)		15.59	6.36	40.00	34.01	32.11	43.22	26.49	22.98	18.76	7.38

Fonte: Elaborado pelos autores

A Tabela 6 apresenta os parâmetros químicos do composto orgânico produzido em leiras sem adição de biocatalizadores, analisando matéria orgânica (MO), pH, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%). A análise revelou valores médios moderados de MO (54,67 g/dm³) e pH (5,45), com destaque para a alta concentração de fósforo (705,50 mg/dm³) e soma de bases (96,45 mmol/dm³). A saturação por bases teve média de 81,88%, indicando uma boa qualidade geral do composto, apesar da ausência de biocatalizadores.

Os valores de MO variaram entre 46,0 g/dm³ (Leira 10) e 63,0 g/dm³ (Leira 7), com

coeficiente de variação de 10,75%. A menor concentração de MO, em comparação com as leiras contendo biocatalisadores, pode ser atribuída à ausência de materiais ricos em nitrogênio, fundamentais para otimizar a decomposição, conforme apontado por Bernal et al. (2009). O pH variou entre 5,1 (Leira 10) e 6,4 (Leira 7), com média de 5,45 e baixa variabilidade ($\pm 8,05\%$). Esse pH ligeiramente ácido é característico de compostos em estágio inicial de maturação, o que pode indicar que a ausência de biocatalisadores prolonga a estabilização química, como relatado por Souza et al. (2017).

A concentração de fósforo apresentou ampla variação, oscilando entre 526 mg/dm³ (Leira 7) e 1159 mg/dm³ (Leira 12), com desvio padrão de 209,07 mg/dm³ ($\pm 29,63\%$). Apesar da alta variabilidade, os valores foram superiores aos das leiras com biocatalisadores, possivelmente devido à maior proporção inicial de resíduos de alimentos ricos em fósforo, como sugerido por Medeiros et al. (2018). O potássio também apresentou alta variabilidade, com valores entre 1,5 mmol/dm³ (Leira 9) e 13,9 mmol/dm³ (Leira 7), e um coeficiente de variação elevado (108,59%), sugerindo que a ausência de biocatalisadores resultou em menor homogeneidade na liberação de nutrientes, conforme observado por Oliveira et al. (2019).

O cálcio teve média de 63,0 mmol/dm³, enquanto o magnésio apresentou média de 24,17 mmol/dm³, sendo o maior valor observado na Leira 7. Esses resultados estão alinhados com o uso exclusivo de resíduos de alimentos como fonte de nutrientes, o que limita a oferta adicional de cálcio e magnésio, conforme discutido por Faria e Fonseca (2016). A soma de bases teve média de 96,45 mmol/dm³, enquanto a CTC registrou 117,07 mmol/dm³, refletindo uma capacidade moderada do composto em reter nutrientes. Estudos de Pereira et al. (2021) indicam que compostos com CTC inferior a 150 mmol/dm³ podem ser menos eficientes em solos altamente lixiviados.

A saturação por bases manteve-se alta, com média de 81,88% e variação entre 77,4% e 90,3%, indicando que, apesar da ausência de biocatalisadores, o composto ainda apresenta bom potencial para disponibilizar nutrientes às plantas. Os resultados indicam que a ausência de biocatalisadores compromete a homogeneidade e a retenção de matéria orgânica no composto. Segundo Gupta et al. (2020), biocatalisadores fornecem nitrogênio e aumentam a atividade microbiana, tornando a decomposição mais eficiente. Apesar disso, a alta concentração de fósforo nas leiras sem biocatalisador pode estar associada à maior proporção de resíduos de alimentos, conforme Souza et al. (2017).

A maior variabilidade em parâmetros como potássio e fósforo sugere dificuldades no equilíbrio químico sem agentes estabilizadores, o que corrobora os achados de Medeiros et al. (2018), que relatam maior inconsistência em compostos sem aditivos enriquecedores.

Tabela 6. Qualidade do composto orgânico sem biocatalizador

Leira	MO (g/dm ³)	pH (CaCl ₂)	P (mg/ dm ³)	K (mmol/ dm ³)	Ca (mmol/ dm ³)	Mg (mmol/ dm ³)	Na (mmol/ dm ³)	SB (mmol/ dm ³)	CTC (mmol/ dm ³)	V (%)
7	63.0	6.4	526.0	13.9	66.0	34.0	15.7	129.6	143.6	90.3
8	61.0	5.4	602.0	1.7	72.0	19.0	2.2	94.9	115.9	81.9
9	50.0	5.4	606.0	1.5	68.0	18.0	2.3	89.8	110.8	81.0
10	46.0	5.1	645.0	2.7	62.0	20.0	4.2	88.9	110.9	80.2
11	54.0	5.2	695.0	2.4	71.0	30.0	3.7	107.1	133.1	80.5
12	54.0	5.2	1159.0	2.2	39.0	24.0	3.2	68.4	88.1	77.4
Mínimo	46.00	5.10	526.00	1.50	39.00	18.00	2.20	68.40	88.10	77.40
Média	54.67	5.45	705.50	4.07	63.00	24.17	5.22	96.45	117.07	81.88
Máximo	63.00	6.40	1159.0	13.90	72.00	34.00	15.70	129.60	143.60	90.30
Desvio Padrão	5.88	0.44	209.07	4.42	11.22	5.96	4.74	18.72	17.70	4.01
Coefficiente de Variação (%)	10.75	8.05	29.63	108.59	17.82	24.64	90.90	19.41	15.12	4.90

Fonte: Elaborado pelos autores

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A Tabela 7 apresenta os resultados dos testes estatísticos realizados para os parâmetros químicos do composto orgânico, comparando os grupos com e sem biocatalizador. Foram aplicados os testes de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados, o teste de Mann-Whitney para parâmetros sem distribuição normal e o teste T de Student para aqueles com distribuição normal. Os valores de p do Teste de Shapiro-Wilk indicam que MO, pH e P nos grupos com biocatalizador apresentaram distribuição normal ($p > 0,05$), enquanto no grupo sem biocatalizador, parâmetros como pH, K e Na não apresentaram normalidade ($p \leq 0,05$), exigindo o uso de testes não paramétricos, como o de Mann-Whitney.

O Teste de Mann-Whitney foi aplicado aos parâmetros sem normalidade e revelou diferenças significativas ($p < 0,05$) para MO ($U = 34$, $p = 0,0129$), onde o grupo com biocatalizador apresentou maior retenção de matéria orgânica, e para pH ($U = 31$, $p = 0,0442$), indicando que esse grupo teve pH mais próximo da neutralidade. Para os demais parâmetros, como P, K e Ca, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$).

Nos parâmetros com distribuição normal, o Teste T de Student confirmou diferenças significativas ($p < 0,05$) para MO ($T = 3,6508$, $p = 0,0076$), reforçando os resultados do Mann-Whitney ao demonstrar maior retenção de matéria orgânica no grupo com biocatalizador, e para pH ($T = 2,6025$, $p = 0,0267$), confirmando que esse grupo apresentou um pH mais equilibrado. Para os demais parâmetros, como P, K e CTC, não houve diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$).

Os resultados demonstram que a adição de biocatalisadores tem impacto significativo sobre matéria orgânica e pH, com maior retenção de MO nos compostos com biocatalizador, o que está alinhado com os achados de Bernal et al. (2009), que destacam o papel dos esterco na estabilização da matéria orgânica e no enriquecimento do composto. Além disso, o pH mais

próximo da neutralidade favorece a atividade microbiana e melhora a maturação do composto, como discutido por Souza et al. (2017).

Para fósforo e potássio, a ausência de diferenças significativas pode estar relacionada à alta variabilidade nos dados, conforme indicado pelos coeficientes de variação na análise descritiva. Segundo Gupta et al. (2020), a uniformidade dos resultados é influenciada pela proporção e tipo de material utilizado, reforçando a necessidade de padronização no manejo. A baixa significância para CTC e SB pode indicar a necessidade de considerar fatores biológicos adicionais, como a atividade microbiana, que também influencia a qualidade do composto, conforme sugerido por Kumar et al. (2018).

Tabela 7. Resultados dos testes estatísticos com e sem biocatalizador

Parâmetros	Shapiro-Wilk				Mann-Whitney		T de Student	
	Com Biocatalizador	W	Sem Biocatalizador	W	U	p-valor	T	p-valor
MO	0.9712	0.9002	0.9478	0.7226	34	0.0129	3.6508	0.0076
pH	0.9628	0.8408	0.7164	0.0092	31	0.0442	2.6025	0.0267
P	0.9728	0.9107	0.7266	0.0117	6	0.0649	-1.7127	0.1177
K	0.9081	0.4237	0.5847	0.0003	30	0.0637	1.0245	0.3386
Ca	0.9400	0.6594	0.7569	0.0232	10	0.2281	-1.2652	0.2383
Mg	0.8320	0.1119	0.8855	0.2954	25	0.3095	1.6818	0.1408
Na	0.9370	0.6355	0.6353	0.0012	30	0.0651	1.5747	0.1573
SB	0.7896	0.0473	0.9591	0.8129	23	0.4848	0.5502	0.5949
CTC	0.6688	0.0029	0.9562	0.7903	24	0.3776	0.4836	0.6398
V%	0.9394	0.6547	0.8056	0.0660	21	0.6991	0.4668	0.6522

Fonte: Elaborado pelos autores

A Tabela 8 apresenta os resultados dos testes de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn, aplicados para verificar diferenças entre os três tipos de biocatalizadores (equino, bovino e caprino) em relação às variáveis analisadas no composto orgânico. O teste de Kruskal-Wallis foi utilizado para identificar diferenças globais entre os biocatalizadores para cada parâmetro, sendo que apenas a variável potássio (K) apresentou um p-valor abaixo do nível de significância ($\alpha = 0,05$), indicando uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Para as demais variáveis, como matéria orgânica (MO), pH, fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%), não foram detectadas diferenças significativas ($p > 0,05$).

O teste de Dunn foi aplicado para identificar diferenças específicas entre pares de biocatalizadores nos casos em que o teste de Kruskal-Wallis indicou significância. Para o potássio (K), verificou-se que o biocatalisador caprino apresentou valores superiores tanto ao bovino quanto ao equino, indicando que ele disponibiliza mais potássio ao composto orgânico. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre pares para as demais

variáveis analisadas. A superioridade do biocatalisador caprino para a variável potássio pode ser explicada por sua composição química específica, já que as fezes caprinas frequentemente contêm maiores concentrações desse elemento. Conforme relatado por Faria e Fonseca (2016), a contribuição dos biocatalisadores para a disponibilidade de potássio pode variar de acordo com o tipo de material utilizado e seu estágio de decomposição.

A ausência de diferenças significativas para variáveis como matéria orgânica, pH, fósforo e capacidade de troca catiônica sugere que os três biocatalisadores apresentam desempenhos semelhantes. Esse resultado pode estar relacionado ao equilíbrio no manejo das leiras e à proporção dos materiais adicionados, como observado por Souza et al. (2017).

O desempenho semelhante entre os biocatalisadores para a maioria dos parâmetros indica que todos são eficazes no processo de compostagem. Assim, a escolha do biocatalisador pode ser baseada em outros fatores, como custo, disponibilidade e impacto ambiental, sem comprometer a eficiência do processo.

Tabela 8. Resultados dos testes estatísticos para os 3 tipos de biocatalizador

Parâmetros	Kruskal-Wallis		Teste de Dunn
	KW	p-valor	
MO	6.13	105.00	Nenhuma
pH	2.50	287.00	Nenhuma
P	7.18	66.00	Nenhuma
K	10.33	16.00	Caprino > Bovino, Caprino > Equino
Ca	1.76	415.00	Nenhuma
Mg	3.83	147.00	Nenhuma
Na	5.86	118.00	Nenhuma
SB	5.11	164.00	Nenhuma
CTC	5.34	148.00	Nenhuma
V%	1.83	401.00	Nenhuma

Fonte: Elaborado pelos autores

4. CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo avaliar o impacto da adição de biocatalisadores no processo de compostagem de resíduos orgânicos gerados em uma instituição de ensino. A partir dos resultados obtidos, verificou-se que a utilização de biocatalisadores influenciou positivamente a retenção de matéria orgânica e a estabilização do pH, além de melhorar a qualidade do composto final. O biocatalisador caprino destacou-se ao proporcionar uma maior disponibilidade de potássio no composto, enquanto para parâmetros como fósforo e capacidade de troca catiônica (CTC) não foram observadas diferenças estatisticamente significativas. Dessa forma, a resposta à questão de pesquisa indica que o uso de biocatalisadores pode ser uma estratégia eficaz para otimizar a compostagem, mas a escolha do tipo de biocatalisador deve

considerar fatores como disponibilidade local e demanda nutricional do composto final.

Os resultados desta pesquisa possuem implicações relevantes tanto para a sociedade quanto para a academia. Para a sociedade, a incorporação de biocatalisadores no processo de compostagem pode representar uma alternativa sustentável para o tratamento de resíduos orgânicos, reduzindo a necessidade de descarte inadequado e promovendo a geração de um composto de alta qualidade para uso agrícola. No contexto acadêmico, este estudo contribui para a ampliação do conhecimento sobre a influência de diferentes biocatalisadores na compostagem, fornecendo dados que podem embasar novas pesquisas sobre a otimização desse processo e sua aplicabilidade em diferentes cenários.

No entanto, algumas limitações devem ser consideradas. A pesquisa foi conduzida em um ambiente específico, com uma única fonte de resíduos orgânicos e tipos específicos de biocatalisadores, o que pode limitar a generalização dos resultados para outras realidades. Além disso, o tempo de monitoramento do processo de compostagem foi delimitado a 120 dias, o que pode não capturar totalmente a evolução química do composto ao longo do tempo. Para estudos futuros, recomenda-se a realização de pesquisas que envolvam outras fontes de resíduos, diferentes tipos de biocatalisadores e um período mais prolongado de monitoramento. Além disso, a incorporação de técnicas avançadas de monitoramento, como sensores para controle de temperatura e umidade, pode contribuir para uma compreensão mais detalhada da dinâmica do processo de compostagem.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Ana Carolina. CARACTERIZAÇÃO DOS DEJETOS DE CAPRINOS: RECICLAGEM ENERGÉTICA E DE NUTRIENTES. Dissertação de Mestrado. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal/SP. 2002

AQUINO, Adriana Maria de. OLIVEIRA, Arlene Maria Gomes. LOUREIRO, Diego Canpana. Integrando Compostagem e Vermicompostagem na Reciclagem de Resíduos Orgânicos Domésticos. Circular Técnica. Embrapa. Seropédica/RJ. 2005.

BATTISTI, Dione Patrícia. BATTISTI, José Fernando. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO USO DO ESTERCO BOVINO E DO EM-4 NA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DE PODA DE ÁRVORES DO MUNICÍPIO DE MEDIANEIRA - PR. Monografia. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Medianeira, 2011.

BENITES, V. M. et al. Produção de Adubos Orgânicos a partir da Compostagem dos resíduos da Manutenção da Área Gramada do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 50. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 2004.

BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment: A review. *Bioresource Technology*, v. 100, n. 22, p. 5444–5453, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027>. Acesso em: 27 jan. 2025.

BERNAL, M.P.; SANCHEZ-MONEDERO, M.A.; PAREDES, C.; ROIG, A. Carbon Mineralization from Organic Waste at Different Composting Stages During their Incubation with Soil. *Agriculture Ecosystems & Environment*, v. 69, p. 175-189, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(98\)00106-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(98)00106-6).

BNDES. Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. Pesquisa científica BNDES FEP, nº. 02/2010, 2013.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. *The Nature and Properties of Soils*. 14th ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2008.

BRITO, M. J. C. Processo De Compostagem De Resíduos Urbanos Em Pequena Escala E Potencial De Utilização Do Composto Como Substrato. PPG em Engenharia de Processos. Universidade Tiradentes. Aracaju, fev, 2008.

DO NASCIMENTO, Adelina M. (et. al). Química e Meio Ambiente: Reciclagem de lixo e química verde: papel, vidro, pet, metal, orgânico. Secretaria de Educação: Curso Formação Continuada Ciências Da Natureza, Matemática E Suas Tecnologias, 2005.

EGHBALL, B.; POWER, J. F.; DWYER, L. M. Nutrient, carbon, and mass loss during composting of beef cattle feedlot manure. *Journal of Environmental Quality*, v. 26, n. 1, p. 189–193, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/jeq1997.00472425002600010027x>. Acesso em: 27 jan. 2025.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Manual de métodos de análise de solo/ Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. –3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017.

FARIA, C. M. B.; FONSECA, M. B. Uso de compostagem como estratégia de manejo sustentável do solo. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 11, p. 120–134, 2016. Disponível em: <https://revistas.agroecologia.org.br>.

FERNANDES, F. M.; SILVA, A. R.; COSTA, J. P. Aplicação de biocatalisadores na compostagem de resíduos sólidos orgânicos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, n. 4, p. 293-299, 2021.

GOMES, T.C.A.; SILVA, J.A.M.; SILVA, M.S.L. Preparo de composto orgânico na pequena propriedade rural. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. (Instruções Técnicas da Embrapa Semi-Árido, 53).

GUPTA, R. K.; SINGH, R. P.; SINGH, R. Effect of organic amendments on soil properties and crop productivity: A review. *Environmental Sustainability*, v. 3, p. 43–52, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42398-020-00090-5>. Acesso em: 27 jan. 2025.

INÁCIO, Caio de Teves. Compostagem de restos de alimentos com aparas de grama e esterco de animais: monitoramento do processo. Circular Técnica, 46. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 2010.

KIEHL, Edmar José. Manual de compostagem: maturação e qualidade de composto. EMBRAPA, São Paulo, n. 4, p. 173, 2004. Disponível em: <https://limpezapublica.com.br/manual-decompostagem-maturacao-e-qualidade-docomposto/>. Acesso em: 27 mar. 2023.

KUMAR, M.; PAUL, R. Composting technology and its application in solid waste management: A review. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 190, n. 10, p. 1–15, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6893-6>. Acesso em: 27 jan. 2025.

LIMA, R. S.; ALVES, D. S.; BARBOSA, M. F. Compostagem de resíduos orgânicos com adição de biocatalisadores: avaliação da eficiência agrônômica. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 41, n. 2, p. 203-215, 2018.

MEDEIROS, R. F.; SILVA, A. P.; CARVALHO, M. G. Avaliação química de compostos orgânicos enriquecidos com fósforo. *Cadernos de Agroecologia*, v. 13, n. 2, p. 88–95, 2018.

MMA - *Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Resíduos Sólidos*. Brasília: MMA, 2017.

OLIVEIRA, M. R.; PEREIRA, D. S.; NASCIMENTO, T. G. Efeito da adição de esterco na qualidade do composto orgânico. *Engenharia Ambiental*, v. 17, n. 1, p. 23-30, 2019.

OLIVEIRA, R. F.; SANTOS, J. M.; SILVA, E. N. Efeito da adição de compostos orgânicos na fertilidade do solo e produtividade de hortaliças. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 42, p. 243–252, 2019.

PAIVA, E.C.R. Variáveis de projeto, operação de sistemas de leiras estáticas aeradas e qualidade do composto produzido com carcaças de aves mortas. (Tese de doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2011. 112p.

PEREIRA NETO, J.T. Manual de compostagem processo de baixo custo. 1. ed. Viçosa: UFV, 2007

PEREIRA NETO, J.T. On the treatment of municipal refuse and sewage sludge using aerated static pile composting - A low cost technology approach. University of Leeds, Leeds, 1989. 272p. (Tese Doutorado)

PEREIRA, Débora Corrêa de Mello Santos. Compostagem pelo método de aeração passiva: uma solução sustentável para resíduos orgânicos da indústria de celulose e papel / Débora Corrêa de Mello Santos Pereira. - 2010. 90 f. Dissertação (mestrado) - Universidade de Taubaté, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, 2010.

PEREIRA, L. M.; SILVA, R. S.; ALMEIDA, P. F. Compostagem de resíduos orgânicos com adição de biocatalisadores naturais: impacto na qualidade do composto final. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 45, p. 1–15, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20210110>.

RICHARD T.; TRAUTMANN N.; KRASNY M., FREDENBURG S.; STUART C. Universidad de Cornell, 2005. Disponível em <<http://compost.css.cornell.edu/science.html>>. Acesso em: 25 dez 2022.

SANTOS, L. M. R.; GOMES, T. B.; ROCHA, P. A. Matéria orgânica do solo e seus benefícios

para a agricultura. *Agricultura Sustentável*, v. 8, p. 99–112, 2020.

SILVA, J. L.; OLIVEIRA, M. R.; PEREIRA, D. S. Efeito de diferentes fontes de nitrogênio na qualidade do composto orgânico. *Engenharia Ambiental*, v. 17, n. 1, p. 23-30, 2020.

SOUZA, A. R.; LIMA, C. E.; OLIVEIRA, A. P. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: parâmetros químicos e biológicos. *Revista de Biotecnologia e Biodiversidade*, v. 5, p. 13–24, 2017. Disponível em: <https://revistas.unb.br/index.php/rbb>.

SOUZA, R. M.; MEDEIROS, D. F.; ALVES, G. C. Utilização de esterco como aceleradores do processo de compostagem: uma revisão. *Cadernos de Agroecologia*, v. 14, n. 1, p. 43-57, 2019.

TEIXEIRA, L. B. et al. Processo de compostagem, a partir de lixo orgânico urbano, em leira estática com ventilação natural. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Agrobiologia. Circular Técnica nº 33/2004/PA. Belém: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 8 p., out. 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/407137/1/Circ.tec.33.pdf>. Acesso em: 01 de mar. 2023.

TIQUIA, S.M.; WAN, J.H.C; TAM, N.F.Y. Dynamics of yard trimmings composting as determined by dehydrogenase activity, ATP content, arginine ammonification, and nitrification potential. *Process Biochem*, v. 37, p. 1057-1064, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(01\)00317-X](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(01)00317-X).

3 DISCUSSÃO INTEGRADORA

A gestão de resíduos orgânicos nos restaurantes-escola se apresenta como uma estratégia fundamental para a redução de desperdícios e a promoção da sustentabilidade. A análise dos três estudos permite uma compreensão ampliada sobre os aspectos quantitativos e qualitativos da compostagem desses resíduos, bem como sua influência na produção de composto orgânico de alta qualidade.

Os dados analisados indicam uma produção significativa de resíduos orgânicos nos restaurantes-escola. O primeiro estudo apresentou uma média semanal de geração de 156,19 kg, enquanto o segundo estudo reportou uma média de 171,78 kg. Ambos destacam uma variabilidade considerável na quantidade gerada, atribuída às variações no cardápio e na aceitação dos alimentos pelos alunos. No terceiro estudo, a incorporação de diferentes biocatalisadores influenciou a eficiência do processo de degradação dos resíduos, refletindo na proporção final do composto produzido.

A análise do índice resto-ingesta revelou que os valores variaram entre 2,68% e 9,98%, sendo majoritariamente classificados como "BOM" (3,1 a 7,5%). Esses resultados estão alinhados com estudos realizados em restaurantes universitários, que encontraram índices médios semelhantes (Zanini et al., 2013; Ricarte et al., 2008).

O segundo e terceiro estudos destacam a construção e a implementação de Sistemas de Tratamento de Resíduos Orgânicos por Compostagem (STROC). A utilização de leiras de compostagem do tipo "Windrow" permitiu um processo eficiente de decomposição da matéria orgânica. A dimensão das leiras, variando entre 1 m e 1,5 m de altura, influenciou diretamente na retenção de calor e na taxa de degradação dos resíduos, conforme apontado por Pereira (2010) e Brito (2008).

A incorporação de biocatalisadores (fezes de equinos, bovinos, caprinos e ovinos) favoreceu a dinâmica microbiana e otimizou a relação C/N das leiras. Estudos de Bernal et al. (2009) e Kumar et al. (2018) indicam que a adição de fontes de nitrogênio acelera a decomposição e melhora a qualidade do composto final. Observou-se que leiras contendo biocatalisadores apresentaram um tempo médio de maturidade de 120 dias, alinhado com o preconizado por Teixeira et al. (2004).

A análise química do composto produzido revelou parâmetros adequados para sua utilização como fertilizante orgânico. Os valores de matéria orgânica variaram entre 54 g/dm³ e 112 g/dm³, compatíveis com os encontrados por Garcia et al. (2020) e Gerude Neto et al. (2023). O pH do composto variou entre 6,0 e 6,9, considerado ideal para a disponibilização de

nutrientes, conforme relatado por Kiehl (2002) e Albanell et al. (1988).

Os teores de fósforo (170 a 938 mg/dm³) e potássio (3,2 a 12,4 mmol/dm³) demonstraram a viabilidade do composto para uso agrícola. De acordo com Duarte et al. (2017), a presença de fósforo é essencial para o crescimento radicular, enquanto o potássio desempenha um papel fundamental na fotossíntese e resistência a estresses ambientais (Malavolta, 1997).

A capacidade de troca catiônica (CTC) variou entre 73,3 e 158,3 mmol/dm³, refletindo uma boa capacidade do solo em reter nutrientes, conforme descrito por Santos et al. (2020). A ausência de alumínio nas amostras analisadas indica que o composto orgânico não apresenta toxicidade para as plantas, o que é um fator positivo para sua aplicação em hortas e jardins (Oliveira, 2018).

O reaproveitamento de resíduos orgânicos contribui significativamente para a redução da emissão de gases de efeito estufa e para a minimização da deposição inadequada de rejeitos em aterros sanitários. A implantação do STROC também desempenhou um papel educativo, envolvendo alunos e professores em práticas sustentáveis. O composto gerado foi utilizado na horta da escola, reduzindo custos com fertilizantes e promovendo a segurança alimentar.

Os três estudos evidenciam que a compostagem é uma solução viável para o tratamento de resíduos orgânicos, reduzindo desperdícios e promovendo a sustentabilidade. A incorporação de biocatalisadores melhora a qualidade do composto e acelera o processo de degradação da matéria orgânica. A qualidade do composto produzido foi satisfatória, atendendo às exigências agrônômicas para uso como fertilizante. A continuidade desses estudos pode aprimorar as técnicas de compostagem e expandir a adoção dessas práticas em outros contextos institucionais e comunitários.

4 CONCLUSÃO GERAL

A gestão adequada dos resíduos orgânicos gerados pelo restaurante escola demonstrou ser uma estratégia eficiente para minimizar impactos ambientais e agregar valor ao material descartado. A análise do índice de resto-ingesta indicou que a quantidade de alimentos desperdiçados é relativamente baixa, reforçando a importância de avaliações periódicas para otimizar a qualidade e aceitação dos cardápios oferecidos. Além disso, a compostagem foi destacada como uma alternativa viável para o tratamento desses resíduos, reduzindo significativamente seu volume e gerando um composto orgânico de qualidade, que pode ser utilizado na recuperação de áreas degradadas e na produção agrícola sustentável.

O caráter socioambiental do processo também foi evidenciado, uma vez que a implementação do Sistema de Tratamento de Resíduos Orgânicos (STROC) serviu como um laboratório vivo de educação ambiental, promovendo a conscientização e o engajamento de alunos, docentes e comunidades do entorno. No entanto, para maximizar a eficiência da compostagem, faz-se necessário o monitoramento e controle de variáveis como umidade, temperatura, pH e oxigenação, destacando-se a recomendação para futuras pesquisas voltadas à automação e otimização desse processo.

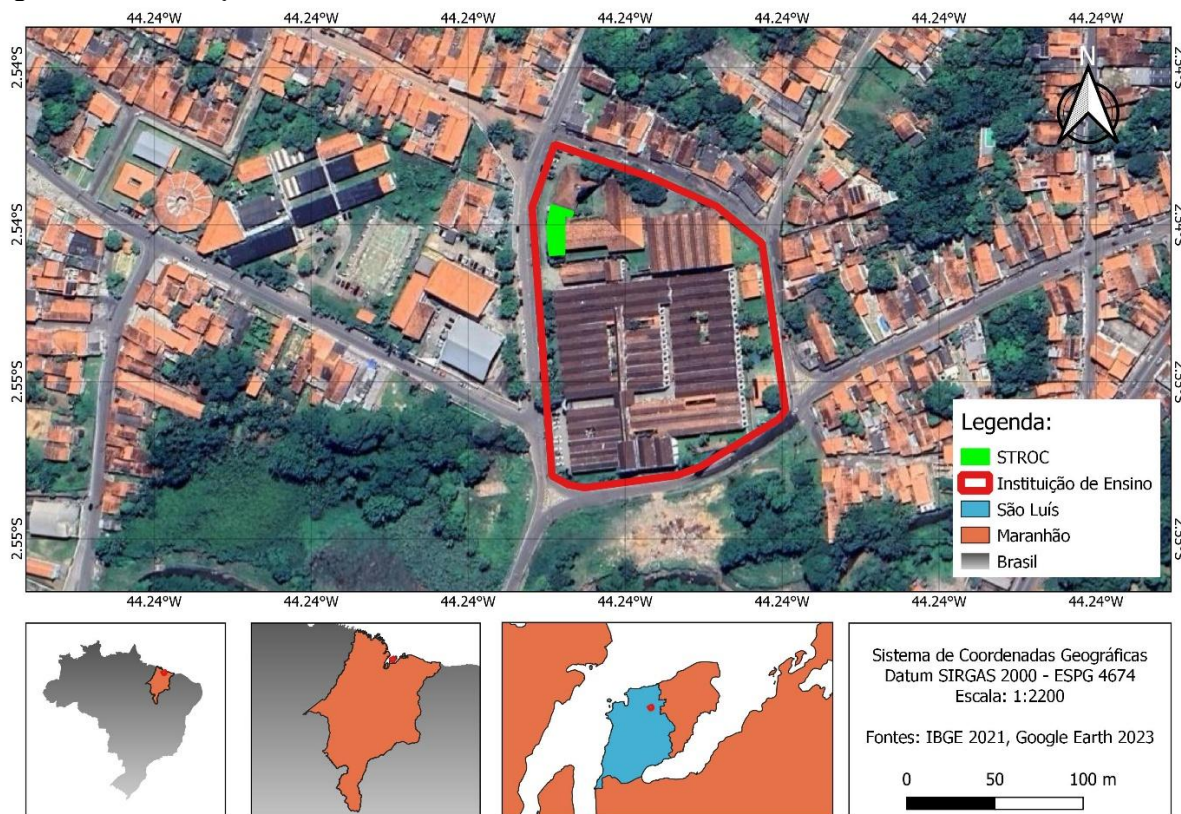
Adicionalmente, a incorporação de biocatalisadores mostrou-se uma abordagem promissora, favorecendo a retenção de matéria orgânica e a estabilização do pH do composto final. O biocatalisador caprino, em particular, destacou-se pela maior disponibilidade de potássio, demonstrando que a escolha do catalisador pode ser ajustada conforme as necessidades nutricionais do solo e a disponibilidade dos insumos. Dessa forma, a utilização de biocatalisadores se apresenta como uma estratégia complementar para aprimorar a qualidade do composto e fortalecer programas institucionais de gestão de resíduos orgânicos.

Por fim, os achados desta pesquisa reforçam a importância da gestão integrada de resíduos orgânicos como ferramenta para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente no que tange à promoção de padrões de produção e consumo sustentáveis (ODS 12) e à conservação dos ecossistemas terrestres (ODS 15). Assim, a implementação de sistemas eficientes de compostagem não só contribui para a redução de impactos ambientais, mas também fortalece a educação ambiental e incentiva práticas sustentáveis dentro e fora do ambiente escolar, alinhando-se às necessidades globais de preservação dos recursos naturais.

APÊNDICE

Apêndice 01 – Imagens Referentes ao Artigo 01: Avaliação do Índice Resto-Ingesta da alimentação oferecida por uma Instituição de Ensino em São Luís – MA

Figura 01: Localização da área de estudo



Fonte: IBGE, 2021; Google Earth, 2023

Apêndice 02 – Imagens Referentes ao Artigo 02: IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS POR MEIO DA COMPOSTAGEM (STROC) EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO EM SÃO LUÍS/MA

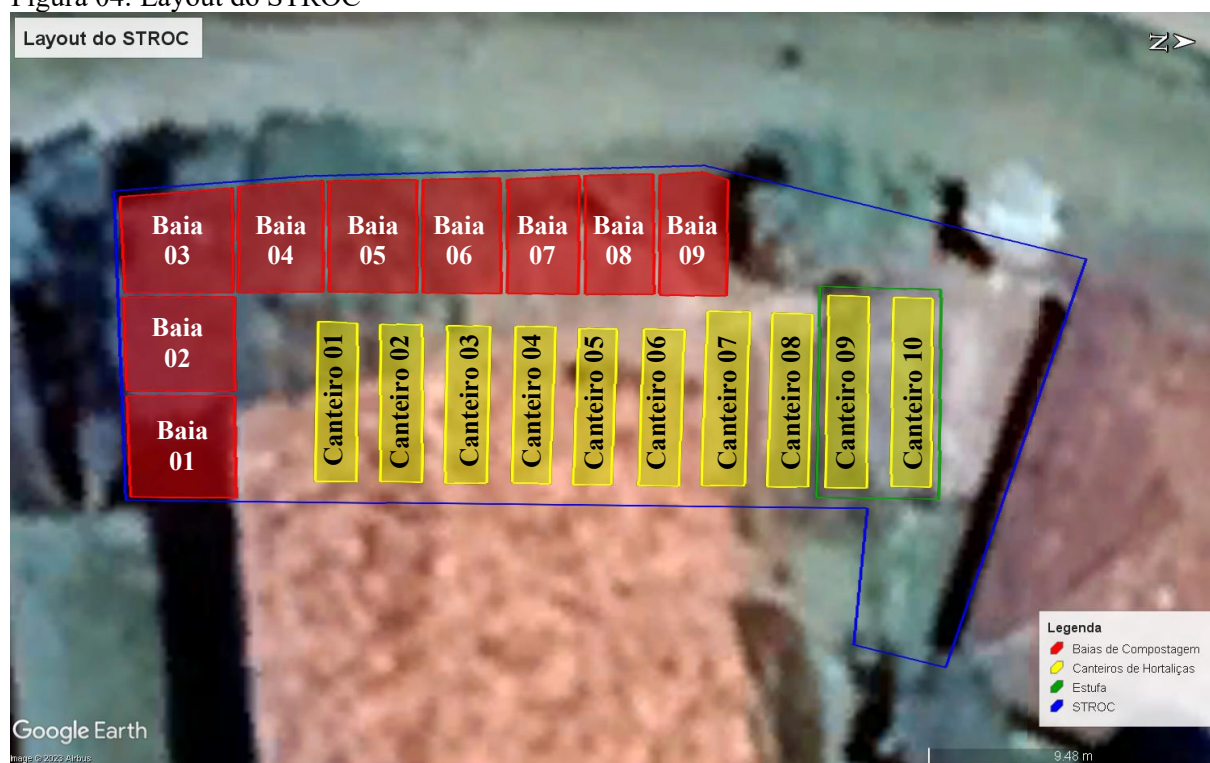
Figura 02: Baías e Canteiros



Figura 03: Canteiros e Estufa



Figura 04: Layout do STROC



Fonte: Adaptado de Google Earth (2023)

Figura 05: Montagem das leiras



Figura 06: Leiras em processo de compostagem



Figura 07: Produção de hortaliça



Figura 08: Educação ambiental



Figura 09: Geração de renda



ANEXO

ANEXO 01 - Figura A: Comprovantes de Publicação do Artigo 01.



DECLARAÇÃO DE PUBLICAÇÃO

A Revista de Gestão e Secretariado (GeSeC) ISSN: 2178-9010, Qualis A4, editada pela Editora Contemporânea Ltda. (CNPJ 46.606.765/0001-70), declara que o artigo “**Avaliação do Índice Resto-Ingesta da alimentação oferecida por uma instituição de ensino em São Luís – MA**” de autoria de Daniel Rocha Pereira, Luiza Renata dos Santos Pereira, Renan Cavalcante Martins, Hadassa Alves Sa Pereira, Estefanny Kaury Durans Pinheiro, Joao Yuri da Silva Carneiro, Vitória Lima Bandeira, Osman José de Aguiar Gerude Neto, Sarah Bianca Neves de Sousa, Rita de Cássia Mendonça de Miranda, foi publicado no v.15, n.6,p. 01-20, 2024.

A revista é on-line, e os artigos podem ser encontrados ao acessar o link:
<https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/issue/view/62>

DOI: <https://doi.org/10.7769/gesec.v15i6.3905>

Por ser a expressão da verdade, firmamos a presente declaração.

São José dos Pinhais, 19 de Junho de 2024.



QR de validade da publicação

Equipe Editorial.



**Avaliação do Índice Resto-Ingesta da alimentação oferecida por uma
instituição de ensino em São Luís – MA**

**Evaluation of the leftovers-ingestion Index of the meals offered by an
educational institution in São Luís – MA**

**Evaluación del Índice Resto-Ingesta de la alimentación ofrecida por una
institución educativa en São Luís – MA**

Daniel Rocha Pereira¹

Luiza Renata dos Santos Pereira²

Renan Cavalcante Martins³

Hadassa Alves Sa Pereira⁴

Estefanny Kaury Durans Pinheiro⁵

Joao Yuri da Silva Carneiro⁶

Vitória Lima Bandeira⁷

Osman José de Aguiar Gerude Neto⁸

Sarah Bianca Neves de Sousa⁹

Rita de Cássia Mendonça de Miranda¹⁰

¹Mestre em Energia e Ambiente. Universidade Federal do Maranhão (UFMA). São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: daniel.rocha.drp@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7048-8027>

²Graduada em Ciência e Tecnologia. Universidade Federal do Maranhão (UFMA). São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: louiza.renata@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-5221-6479>

³Graduada em Ciência e Tecnologia. Universidade Federal do Maranhão (UFMA). São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: rc.mart00@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-7755-9899>

⁴Graduada em Ciência e Tecnologia. Universidade Federal do Maranhão (UFMA). São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: hadassa.alves@discente.ufma.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-7235-3768>

⁵Graduada em Ciência e Tecnologia. Universidade Federal do Maranhão (UFMA). São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: estefanny.kaury@discente.ufma.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-9409-1807>

⁶Graduado em Ciência e Tecnologia. Universidade Federal do Maranhão (UFMA). São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: joao.ysc@discente.ufma.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-5017-4033>

⁷Graduada em Ciência e Tecnologia. Universidade Federal do Maranhão (UFMA). São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: vitoria.bandeira@discente.ufma.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-0019-0311>

⁸Mestre em Ciência Animal. Universidade Federal do Maranhão (UFMA). São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: osmangerude@hotmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3979-1922>


⁹Técnico em Administração. Instituto Estadual de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IEMA Pleno Rio Anil) Pleno Rio Anil. São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: sarahneves1200@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-8645-2002>

¹⁰Doutora em Biologia de Fungos. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: rita.miranda@ceuma.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2116-1797>



ANEXO 02 - Figura B: Comprovantes de Publicação do Artigo 02.

**IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS
ORGÂNICOS POR MEIO DA COMPOSTAGEM (STROC) EM UMA
INSTITUIÇÃO DE ENSINO EM SÃO LUÍS/MA**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n1-122>

Data de submissão: 13/12/2024

Data de publicação: 13/01/2025

Daniel Rocha Pereira

Doutorando em Biodiversidade e Biotecnologia - BIONORTE
Universidade Federal do Maranhão - UFMA
E-mail: daniel.rocha.drp@gmail.com
ORCID: orcid.org/0000-0002-7048-8027
LATTES: lattes.cnpq.br/7706265054412490

Thiago Rafael Gonçalves Duarte

Mestre em Processos Construtivos e Saneamento Urbano
Universidade Federal do Pará - UFPA
E-mail: thiagorgduarte@icloud.com
ORCID: orcid.org/0009-0002-4747-0790
LATTES: lattes.cnpq.br/1732731565400484

Sarah Bianca Neves de Sousa

Técnico em Administração e Meio Ambiente
Instituto Estadual de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IEMA Pleno Rio Anil)
E-mail: sarahneves1200@gmail.com
ORCID: orcid.org/0009-0001-8645-2002
LATTES: lattes.cnpq.br/3971547639683667

Lara Victoria de Sousa Machado

Acadêmica de Pedagogia
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA
E-mail: laravicmach@outlook.com
ORCID: orcid.org/0009-0001-9622-0694
LATTES: lattes.cnpq.br/3036517949525076

Osman José de Aguiar Gerude Neto

Doutorando em Biodiversidade e Biotecnologia - BIONORTE
Universidade Federal do Maranhão - UFMA
E-mail: osmangerude@hotmail.com
ORCID: orcid.org/0000-0003-3979-1922
LATTES: lattes.cnpq.br/1199184922159968

Fillipe Miranda de Albuquerque

Mestrando em Meio Ambiente
Universidade CEUMA
E-mail: fillipe_miranda@hotmail.com
ORCID: orcid.org/0009-0009-3295-6609
LATTES: lattes.cnpq.br/7879249466856870

ANEXO 03 - Figura C: Comprovantes de Submissão do Artigo 03.**DECLARAÇÃO**

Caderno Pedagógico, ISSN 1983-0882, declara para os devidos fins, que o artigo intitulado Impacto do uso de biocatalisadores no tratamento de resíduos orgânicos por compostagem em uma instituição de ensino em São Luís/MA de autoria de Daniel Rocha Pereira, Thiago Rafael Gonçalves Duarte, Lara Victoria de Sousa Machado, Bernardo Rurik Aparecido Gomes, Osman José de Aguiar Gerude Neto, Emannuelle Simões Ferreira, Laricia Cirqueira Pinheiro, Rita de Cássia Mendonça de Miranda, foi publicado no v.22, n.4, de 2025.

A revista é on-line, e os artigos podem ser encontrados ao acessar o link:

<https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/issue/view/142>

DOI: <https://doi.org/10.54033/cadpedv22n4-232>

Por ser a expressão da verdade, firmamos a presente declaração.

Curitiba, fevereiro 25, 2025.

Equipe Editorial



Impacto do uso de biocatalisadores no tratamento de resíduos orgânicos por compostagem em uma instituição de ensino em São Luís/MA

Impact of the use of biocatalysts in the treatment of organic waste by composting at an educational institution in São Luís/MA

Impacto del uso de biocatalizadores en el tratamiento de residuos orgánicos por compostaje en una institución educacional en São Luís/MA

DOI: 10.54033/cadpedv22n4-232

Originals received: 1/24/2025

Acceptance for publication: 2/17/2025

Daniel Rocha Pereira

Doutorando em Biodiversidade e Biotecnologia
Instituição: Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil
E-mail: daniel.rocha.drp@gmail.com

Thiago Rafael Gonçalves Duarte

Mestre em Processos Construtivos e Saneamento Urbano
Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)
Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil
E-mail: thiagorgduarte@icloud.com

Lara Victoria de Sousa Machado

Graduanda em Pedagogia
Instituição: Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)
Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil
E-mail: laravicmach@outlook.com

Bernardo Rurik Aparecido Gomes

Mestre em Ciência dos Materiais
Instituição: Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
Endereço: Imperatriz, Maranhão, Brasil
E-mail: bernardorurikg@gmail.com