



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA



**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS
EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO**

ANTONIA IVANARIA PEREIRA DA CONCEIÇÃO

CHAPADINHA – MA

2024

ANTONIA IVANARIA PEREIRA DA CONCEIÇÃO

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS
EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora na Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências de Chapadinha, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Daiane Fossatti Dall'Oglio

CHAPADINHA – MA

2024

Ficha gerada por meio por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Pereira da Conceição, Antônia Ivanária.

ANÁLISE DE VIABILIDADE DA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS
ORGÂNICOS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO / Antônia Ivanária
Pereira da Conceição. - 2024.

31 f.

Orientador(a): Daiane Fossatti Dalloglio.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola,
Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências de
Chapadinha - Ufma, 2024.

1. Composto Orgânico. 2. Fertilizante. 3.
Sustentabilidade. 4. Educação Ambiental. 5. . I.
Fossatti Dalloglio, Daiane. II. Título.

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS
EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado à banca examinadora na Universidade
Federal do Maranhão, Centro de Ciências de
Chapadinha, como requisito para a obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Daiane Fossatti
Dall'Oglio

Aprovado em: 17 / 09 /2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr^ª. Daiane Fossatti Dall'Oglio
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Patrício Gomes Leite Universidade Federal do Maranhão
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Pedro Augusto de Oliveira Morais
Universidade Federal do Maranhão

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus, por me conceder saúde, força e determinação ao longo desse percurso.

Agradeço minha família pelo amor incondicional em especial minha mãe Marilene aos meus irmãos pelo apoio constante em todos os momentos da minha vida que sempre acreditaram em mim e me incentivaram a seguir meu sonho. Sem vocês, eu não teria chegado até aqui.

A minha orientadora professora Dr^a Daiane Fossatti Dall'Oglio por sua orientação e paciência que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Sua dedicação e comprometimento foram fundamentais para a conclusão deste projeto.

Aos meus colegas e amigos de curso, Aurélio, Caio, Tamara, Vinicius, Mateus, Diermeson, João Pedro, João Mateus, Larissa, Arlindo, Letícia, Atacila, Wesley, Adriana Veronica pelo companheirismo, pela amizade, trocas de conhecimento e momentos compartilhados ao longo dessa jornada. Em especial minha amiga Janine, vocês tornaram esta caminhada mais leve e prazerosa.

A minha instituição de ensino, Universidade Federal do Maranhão - Centro de Ciências de Chapadinha pela formação acadêmica de excelência e por todo suporte durante minha formação.

A todos os professores que contribuíram para a minha formação, em especial ao professor Patrício Gomes. Obrigada pelos ensinamentos que cada um de vocês me proporcionaram ao longo dessa trajetória.

Aos amigos e pessoas especiais do meu convívio pelo apoio que, mesmo não estando diretamente envolvidos com este trabalho, me incentivaram durante este período. Agradeço ao Nalbert, Alice, Larisse, Jadson, Wanderson, Janderson, Fernanda, Patrícia, Bárbara, Thiago, Aldemir (meu cunhado), Valéria, Leodoro, Neliane e Alander por me incentivarem e não me deixarem desistir desse sonho, pelas distrações, conversas e pelo suporte emocional nos momentos desafiadores dessa trajetória.

Agradeço a banca avaliadora que dedicou tempo e esforço para a análise e apreciação do trabalho.

E por fim a todos que de alguma forma contribuíram diretamente ou indiretamente para a realização deste trabalho. A todos muito obrigada!

RESUMO

Os fertilizantes orgânicos desempenham um papel fundamental na agregação de nutrientes e melhoria da qualidade do solo. A compostagem é um método de obtenção de composto orgânico com potencial para utilização como fertilizante, contribuindo para o aproveitamento de resíduos sólidos e diminuição dos impactos sobre o meio ambiente. Dessa forma, o presente estudo investigou a implementação da compostagem e a viabilidade técnica do composto orgânico obtido a partir de resíduos orgânicos da merenda escolar. A prática ocorreu no Centro Educa Mais Raimundo Araújo, localizado em Chapadinha – MA, o público-alvo foram alunos do 1º ano do ensino médio. O processo de compostagem foi conduzido com sobras orgânicas da merenda escolar e serragem, seguindo as diretrizes da literatura. As composteiras foram monitoradas semanalmente durante 100 dias, observando parâmetros como temperatura, umidade e revolvimento do material. O composto obtido foi encaminhado para análise laboratorial, a fim de verificar a qualidade nutricional e os parâmetros físico-químicos do composto produzido. Ao final, foram obtidos 9,9 kg de composto orgânico a partir de 23,1 kg de resíduos orgânicos, resultando em um aproveitamento de 42,86 % de material. Os resultados mostram que o composto atende a algumas exigências nutricionais presentes nas normativas vigentes do Ministério da Agricultura, como níveis de nitrogênio, fósforo e potássio, mas apresenta deficiências em cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, zinco e cobre, o que indica a necessidade de suplementação do solo com fertilizantes específicos. O pH, o teor de carbono orgânico e a umidade atenderam os limites estabelecidos, mas a relação C/N foi elevada e necessita de ajustes na proporção de matéria úmida e seca durante o processo. O estudo demonstrou a viabilidade da compostagem no ambiente escolar promovendo a redução de resíduos orgânicos e servindo como um importante recurso pedagógico para a educação ambiental.

Palavras-chave: Composto orgânico, Fertilizante, Sustentabilidade, Educação Ambiental.

ABSTRACT

Organic fertilizers play a fundamental role in adding nutrients and improving soil quality. Composting is a method of obtaining organic compounds with potential for use as fertilizer, contributing to the use of solid waste and reducing impacts on the environment. Therefore, the present study investigated the implementation of composting and the organic compost technique obtained from organic waste from school meals. The practice took place at Centro Educa Mais Raimundo Araújo, located in Chapadinha – MA, the target audience were students in the 1st year of high school. The composting process was prolonged with organic leftovers from school meals and sawdust, following literature guidelines. The composters were monitored weekly for 100 days, observing parameters such as temperature, humidity and material turnover. The compound obtained was sent for laboratory analysis, in order to verify the nutritional quality and physical-chemical parameters of the compound produced. In the end, 9.9 kg of organic compost were obtained from 23.1 kg of organic waste, resulting in a use of 42.86 % of material. The results show that the compound meets some nutritional criteria present in the current regulations of the Ministry of Agriculture, such as nitrogen, phosphorus and potassium levels, but presents deficiencies in calcium, magnesium, sulfur, iron, manganese, zinc and copper, which indicates the need to supplement the soil with specific fertilizers. The pH, organic carbon content and humidity meet the established limits, but the C/N ratio was raised and needs to be adjusted during the process in proportion of water and dry matter. The study demonstrated the predictions of composting in the school environment promoting the reduction of organic and organic waste as an important pedagogical resource for environmental education.

Keywords: Organic compound, Fertilizer, Sustainability, Environmental Education.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVOS.....	8
2.1 Objetivos gerais.....	8
2.2 Objetivos específicos.....	8
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
3.1 Fertilizantes orgânicos.....	9
3.2 Compostagem.....	11
3.3 Uso de compostagem em instituição de ensino.....	14
3.4 Nutrientes vegetais essenciais e fertilidade do solo.....	14
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
4.1 Local do experimento.....	16
4.2 Montagem das composteiras.....	17
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
5.1 Palestras.....	19
5.2 Monitoramento das composteiras.....	20
5.3 Avaliações das composteiras.....	20
5.4 Qualidade nutricional do composto e parâmetros físico-químicos.....	23
6. CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS.....	27
ANEXO I.....	31

1. INTRODUÇÃO

A produção agrícola global, responsável pela produção de alimentos, depende significativamente do uso de fertilizantes, sejam orgânicos ou inorgânicos, para aumentar e melhorar a fertilidade dos solos (Jaja e Barber, 2017). Segundo Reetz (2017), a produção mundial de alimentos seria reduzida à metade na ausência de fertilizantes, exigindo a conversão de mais áreas florestais em terras agrícolas. O uso de fertilizantes e práticas modernas de adubação não apenas aumentam a produtividade, mas também melhoram a qualidade dos alimentos e proporcionam um retorno econômico significativo. Embora a fertilidade do solo seja apenas um dos fatores que influencia a produtividade, a importância dos fertilizantes tende a crescer com o aumento da população mundial (Carvalho, 2019).

No entanto, a dependência do Brasil de fertilizantes importados representa um desafio, exigindo a implementação de práticas lucrativas e ecologicamente equilibradas (Carvalho, 2019; Zonta *et al.*, 2021; Ogino e Gasques, 2023). A alta demanda mundial por alimentos eleva o preço dos fertilizantes e reduz a fertilidade do solo devido ao uso intensivo (Colipano e Cagasan, 2022; Ogino e Gasques, 2023). Simultaneamente, a produção de resíduos sólidos está crescendo, impulsionada pelo aumento populacional, urbanização e mudanças nos padrões de consumo e produção industrial. A gestão adequada desses resíduos é crucial para evitar a contaminação do solo e da água, e para mitigar problemas ambientais associados (Marchi e Gonçalves, 2020).

No Brasil, a disposição inadequada de resíduos sólidos em aterros sanitários, lixões e terrenos baldios resulta em graves problemas ambientais, como a contaminação do solo e da água, além da liberação de gases poluentes (Santaella *et al.*, 2014; Araújo *et al.*, 2020). A geração anual de resíduos sólidos urbanos no país atingiu 81,8 milhões de toneladas, com cerca de 50% sendo resíduos orgânicos, que, quando descartados inadequadamente, causam sérios problemas ambientais e de saúde pública (Brasil, 2018; Lana e Proença, 2021; Abrelpe, 2022).

A previsão de aumento na geração de resíduos sólidos está estimada para 100 milhões de toneladas em 2025, esse fator associado à falta de infraestrutura adequada para manejo e gerenciamento desses resíduos, especialmente em regiões como o Nordeste brasileiro, destaca a urgência de soluções eficientes (Rodrigues *et al.*, 2022). A compostagem surge como uma alternativa viável para o gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos, convertendo-os em fertilizante orgânico e reduzindo a necessidade de insumos químicos industriais (Dal Bosco *et al.*, 2017; Brasil, 2018; Borchardt, 2021; Santos *et al.*, 2022).

A compostagem pode gerar benefícios econômicos, ambientais e sociais significativos, incluindo a redução de custos de disposição de resíduos, a mitigação da degradação do solo e a criação de oportunidades de emprego (Zago e Barros, 2019). No contexto agropecuário brasileiro, a compostagem tem um grande potencial devido à produção abundante de resíduos orgânicos, tanto de origem animal quanto vegetal (Saldanha *et al.*, 2016). A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por meio da Lei Federal 12.305/2010, exige a implementação de sistemas de reaproveitamento de resíduos orgânicos, promovendo a responsabilidade compartilhada na gestão de resíduos (WWF-Brasil, 2015; Zago e Barros, 2019).

Para alcançar uma adoção generalizada da compostagem, é necessária a cooperação entre órgãos públicos, instituições privadas, universidades, associações e comunidades (Rodrigues *et al.*, 2022). Projetos de compostagem institucional, como os realizados em escolas, demonstram sucesso na gestão descentralizada de resíduos orgânicos e na educação ambiental (Brasil, 2018). No entanto, o trabalho de Chen *et al.* (2020) aponta que a aceitação de compostos oriundos da compostagem ainda é baixa, devido à falta de informações sobre seus benefícios e à ausência de incentivos econômicos e regulatórios.

Diante da importância da utilização de fertilizantes orgânicos e dos benefícios do tratamento correto dos resíduos sólidos, este estudo visa avaliar a viabilidade técnica da compostagem de resíduos sólidos orgânicos em uma instituição pública de ensino. Promovendo a conscientização ambiental entre os alunos, identificando resíduos adequados para compostagem, construindo composteiras domésticas, monitorando o processo de compostagem e avaliando a qualidade do composto produzido em conformidade com as normas brasileiras. Espera-se, assim, estimular a participação ativa da comunidade escolar na sustentabilidade ambiental e expandir o conhecimento sobre a compostagem.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a viabilidade técnica da compostagem de resíduos sólidos orgânicos em uma instituição pública de ensino, avaliando os parâmetros físico-químicos e a qualidade do composto obtido.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar palestras explicativas sobre a compostagem e como esta prática pode ser uma alternativa para o tratamento da fração orgânica;

- Identificar quais os resíduos sólidos orgânicos do refeitório do Centro Educa Mais Raimundo Araújo são apropriados para compostagem;
- Construir composteiras domésticas a fim de estimular o entendimento dos estudantes sobre o processo de formação do húmus;
- Acompanhar os fatores de ordem ambiental que influenciam na transformação biológica da matéria orgânica em um composto humificado;
- Avaliar as características nutricionais e físico-químicas do composto produzido e comparar com os parâmetros presentes nas legislações vigentes.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Fertilizantes orgânicos

De acordo com Ferreira (2016), o solo é uma camada de material biologicamente ativo com variadas propriedades químicas e físicas, formado a partir de partículas minerais e compostos orgânicos que são essenciais para o desenvolvimento das plantas. A boa qualidade do solo garante a produtividade dos agroecossistemas, além de contribuir para a preservação do fluxo e da qualidade da água, da biodiversidade e do equilíbrio de gases atmosféricos.

Os solos do Brasil são em sua maioria classificados como solos ácidos e de baixa fertilidade. Mesmo solos considerados altamente férteis estão susceptíveis de perder seus nutrientes devido à intensa exploração agrícola. Isso requer a adoção de técnicas de manejo que permitam corrigir a acidez e aumentar a sua fertilidade (Saldanha *et al.*, 2016; Zonta *et al.*, 2021).

Os fertilizantes surgem como uma maneira de suprir as necessidades de nutrientes vegetais essenciais para o desenvolvimento das plantas nesses solos. Os fertilizantes podem ser definidos como qualquer material orgânico ou inorgânico, originados natural ou sinteticamente, adicionados ao solo com o objetivo de complementar os nutrientes desse solo (Jaja e Barber, 2017). Os fertilizantes orgânicos são aqueles em que os produtos, ou subprodutos, têm origem animal ou vegetal, podendo ser enriquecidos ou não com outros compostos. Geralmente, sua obtenção caracteriza-se como uma prática de baixo custo de aquisição e produção, com um alto valor agregado (Saldanha *et al.*, 2016; Botelho *et al.*, 2020). Em geral, a matéria orgânica é importante para o crescimento das plantas, porém não chega a ser indispensável, de modo que seu cultivo pode acontecer com o uso exclusivo de produtos químicos. Em relação ao valor nutricional para as plantas, os nutrientes derivados de fontes orgânicas não diferem daqueles

provenientes de fertilizantes minerais e muitas vezes chegam a apresentar teores mais baixos (Reetz, 2017; Zonta *et al.*, 2021). No entanto, a prática de utilização de matéria orgânica decomposta, como fertilizante orgânico, demonstra diversos efeitos positivos na produção de diferentes culturas.

Além de suprir nutrientes e reduzir a toxicidade de pesticidas e outras substâncias, os materiais orgânicos podem ter diversos benefícios, particularmente em relação às propriedades físicas, conforme aponta Reetz (2017). Segundo ele, a melhoria nas propriedades físicas ocorre pela adição de matéria orgânica ou pela ativação de organismos vivos no solo. Ocorre uma compactação associada à melhoria da estabilidade dos agregados, resultando em uma melhor estrutura do solo; o solo melhora sua capacidade de retenção de água e aeração; a superfície se torna protegida pela camada de cobertura morta (Reetz, 2017). O autor também ressalta os benefícios quanto às propriedades químicas, que ocorrem através da sorção de nutrientes através dos ácidos húmicos; através do fornecimento de nutrientes a partir da decomposição do húmus e pela ação de dissolução dos minerais do solo; através da fixação de nutrientes nos complexos orgânicos; e por fim, pelo controle biológico e reguladores de crescimento produzidos pelo solo, tais como antibióticos e inibidores de crescimento nas monoculturas.

Enquanto adubos minerais apresentam alta solubilidade, outra grande vantagem da adubação orgânica é a disponibilização mais lenta e gradual dos nutrientes, especialmente de nitrogênio (N) e fósforo (P), o que indica uma vantagem quanto à disponibilidade em longo prazo para a cultura (Zonta *et al.*, 2021). Essa importância é evidenciada por Lopes (1998), que aponta que o teor de matéria orgânica de grande parte dos solos brasileiros naturalmente vai de médio a alto. No Cerrado, por exemplo, a taxa de mineralização da matéria orgânica do solo acaba sendo reduzida por condições como a seca, pH ácido e baixa disponibilidade de água, garantindo que haja a acumulação relativa nas camadas mais superficiais do solo. Porém, em pouquíssimo tempo pode ocorrer uma redução significativa dessa matéria orgânica do solo, em especial dos arenosos, devido ao manejo incorreto do solo e intenso cultivo.

Quanto à natureza química, os fertilizantes orgânicos podem ser classificados em simples, quando são naturais de origem animal ou vegetal, possuindo um ou mais nutrientes das plantas; misto, quando é resultado da mistura entre dois ou mais fertilizantes orgânicos simples; compostos, fertilizantes obtidos por processos bioquímicos, naturais ou controlados com mistura de resíduos animais ou vegetais, podendo ser enriquecido com outros nutrientes a fim de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas. Eles ainda podem ser misturados com fertilizantes minerais, e passam a ser chamados de organo-minerais, (Saldanha, 2016; Zonta *et al.*, 2021).

3.2 Compostagem

A depender do enfoque microbiológico, agrônômico ou de engenharia ambiental, o conceito de compostagem pode se apresentar de diferentes maneiras. Porém, um caráter comum a todas as definições é a característica aeróbica e termofílica do processo, o que exclui a ação de processos anaeróbicos. Portanto, a compostagem pode ser definida como um processo controlado de biodecomposição da matéria orgânica com necessidade de oxigênio molecular (O₂) através da ação de microrganismos existentes nos próprios resíduos (fungos, bactérias e actinomicetes), gerando calor e resultando em um material estabilizado de textura fina, homogênea e sem patógenos denominado composto orgânico, muito rico em nitrogênio e fósforo (Santaella *et al.* 2014; Saldanha *et al.* 2016; Brito, 2017; Chen *et al.*, 2020).

Em condições ótimas, essa decomposição da matéria orgânica torna-se rápida e resulta em adubo fertilizante para ser usado na agricultura e em jardinagem, melhorando os atributos do solo (Bochardt, 2021). Para que ocorra fornecimento de nutrientes às plantas a partir da matéria orgânica, a compostagem diminui a relação carbono/nitrogênio (C/N) do material, possibilitando a mineralização dos componentes orgânicos e consequente disponibilização dos nutrientes em uma forma assimilável pelas plantas (Batista *et al.*, 2018).

De acordo com Ecole *et al.* (2015), em geral, a compostagem dura em torno de 3 meses, dependendo principalmente da natureza e do tamanho dos resíduos orgânicos empregados e das condições que favorecem o processo. O processo deve resultar em um produto estabilizado, com grande concentração de nutrientes, baixa umidade, textura homogênea, sem sementes de plantas daninhas, sem patógenos e sem substâncias fitotóxicas ou moléculas orgânicas que prejudiquem a qualidade do ambiente, maximizando assim o efeito benéfico ao solo (Brito, 2017; Botelho *et al.*, 2020).

O processo de compostagem pode ser dividido em quatro etapas, descritas a seguir de acordo com Meena *et al.*, (2021). A primeira etapa é a mesofílica, em que ocorre a expansão dos micro-organismos mesófilos, liberando calor. A temperatura aumenta rapidamente para 45 °C, pois os micro-organismos utilizam o nitrogênio (N) e o carbono (C) da matéria orgânica para sua assimilação corporal. A depender do material orgânico, essa fase pode durar de dois a oito dias. Com a elevação gradual da temperatura, como consequência da biodegradação da matéria, a população de micro-organismos mesófilos diminui, aumentando a proliferação dos micro-organismos termófilos.

Inicia-se então a segunda fase, chamada de fase termofílica, onde ocorre a intensa ação dos micro-organismos termófilos, com temperaturas entre 45 °C e 65 °C, intensa decomposição

da matéria orgânica complexa, como lignina e celulose, e formação de água metabólica. A maior elevação da temperatura nessa fase elimina os micro-organismos patogênicos, como fungos, parasitas e outras bactérias nocivas.

Na terceira fase, fase mesofílica, as fontes de carbono (C) e nitrogênio (N) se esgotam e a maior parte do substrato orgânico já foi decomposto, ocorrendo a degradação de substâncias orgânicas mais resistentes, com redução da atividade microbiana e também queda de temperatura para abaixo de 40 °C. Novamente os organismos mesófilos se instalam e acentuam sua atividade .

Na quarta e última fase, denominada de fase de maturação, ocorre formação de substâncias húmicas. A maioria das moléculas facilmente biodegradáveis já passaram pela transformação e o composto apresenta odor relativamente agradável. Portanto, a atividade biológica é muito baixa e a necessidade de aeração é reduzida. Nessa fase, a temperatura permanece ambiente (20-30 °C) e ocorrem, majoritariamente, transformações de natureza química como a polimerização de moléculas orgânicas estáveis, o que ajuda na formação de ácidos fúlvicos e húmicos.

Com cerca de 100 kg de resíduos orgânicos é possível obter de 30 a 40 kg de composto, menos da metade do material inicial. A massa perdida é o material que foi transformado em chorume, dióxido de carbono (CO₂) e vapor de água. Juntamente com o vapor de água são levados também compostos como amônia (NH₃) e sulfato (SO₄⁻²). A produção de energia em forma de calor ocorre em decorrência da oxidação do carbono sendo transformado em CO₂. Durante a transformação, o calor é preservado na massa de resíduos, aquecendo o material a temperaturas que podem alcançar 75 °C no interior da pilha; a dimensão da pilha e o tipo de resíduo influenciam nas variações de temperatura (WWF-Brasil, 2015).

O sucesso dos micro-organismos atuantes no processo de compostagem depende da atuação conjunta de diversos fatores. Kumari *et al.* (2024) identificaram os principais fatores que afetam a atividade microbiológica do processo de compostagem e, portanto, o produto final. São eles:

- Relação carbono/nitrogênio (C/N): necessários como fonte de energia (carbono) e síntese de proteínas (nitrogênio). A demanda por carbono é muito maior, embora o nitrogênio também seja essencial para o crescimento e reprodução dos micro-organismos. Para alcançar a relação ideal C/N é necessário misturar resíduos orgânicos de diferentes origens.
- Umidade: essencial para atividade biológica dos micro-organismos. O excesso ou deficiência de água podem inibir a atividade microbiana ou desacelerar o processo de decomposição. Além disso, ela tem um efeito indireto sobre a temperatura. A umidade ideal

varia de acordo com o material a ser compostado. Baixa umidade pode impedir o aumento no número de micro-organismos, enquanto a alta umidade pode propiciar condições anaeróbicas ao preencher os espaços porosos.

- Aeração: tem a ver com o suprimento de oxigênio (O₂), extremamente necessário para manter o ambiente aeróbio para desenvolvimento dos micro-organismos. Considerada o fator mais importante, ela é feita por meio do revolvimento de forma controlada.

- pH: um potencial hidrogeniônico ideal é importante para atividade enzimática dos micro-organismos. No início do processo de compostagem, o ambiente é mais ácido e vai se tornando mais alcalino à medida que o processo se desenvolve. Esse fator depende dos substratos utilizados no processo. Para facilitar a decomposição, idealmente o pH deve estar entre 7,5 a 8,5.

- Temperatura: resultado da interação entre diversos fatores, a temperatura é um indicativo de equilíbrio microbiológico. A manutenção da temperatura ideal é importante para impedir o desenvolvimento de organismos patogênicos.

A composição mineral de um composto depende do material ou materiais dos quais esse deriva, ressaltando-se que não haja ocorrência de perdas significativas durante o processo de compostagem. A disponibilidade de nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio está intimamente relacionada com a maturidade do composto. Um composto bem estabilizado libera nutrientes lentamente para o solo, enquanto materiais crus, com alta relação C/N, carbono e fósforo (C/P) e de carbono e enxofre (C/S) demandam nutrientes do solo para completar sua decomposição, induzindo uma situação de competição entre as plantas e os micro-organismos do solo por aqueles elementos (Bertani *et al.*, 2011).

Quanto à matéria-prima a ser utilizada na compostagem, os resíduos provenientes da agricultura e pecuária são extremamente úteis, como restos de culturas agrícolas, folhas de vegetais ou cascas de grãos, frutos não comercializados, esterco de criações de diversos animais. Na agroindústria de diversos ramos, os resíduos orgânicos podem ser aproveitados, como aqueles provenientes do beneficiamento de grãos com palhas e cascas. As indústrias de transformação de matérias-primas florestais, como as de celulose ou madeiras também são utilizáveis. Restos de alimentos, como frutas e verduras, de parques industriais e centros urbanos, assim como lodo de esgoto de estações de tratamento (Inácio e Miller, 2009).

De acordo com Silva *et al.* (2011), para garantir que o produto esteja pronto para utilização e eventual comercialização é essencial avaliar qualitativa e quantitativamente a compostagem, por meio da análise nutricional da matéria-prima utilizada e do composto orgânico produzido. Essa abordagem permite identificar se as práticas de manejo adotadas e as

proporções de materiais utilizados no processo são adequadas, a fim de produzir fertilizante orgânico que esteja de acordo com as regulamentações.

3.3 Uso de Compostagem em Instituições de Ensino

Segundo o Manual de Orientação do Ministério do Meio Ambiente (2018), a compostagem institucional caracteriza-se quando “uma entidade pública ou privada (como escolas, centros de saúde, universidades, empresas, restaurantes, indústrias, entre outras) opta por operar um pátio de compostagem para destinar a fração orgânica dos resíduos gerados por suas atividades”. Nesse contexto, destaca-se a gestão de resíduos feita pelo Serviço Social do Comércio do Estado de Santa Catarina - SESC/SC, com a implantação de um projeto que gerou 210 toneladas de composto em um período de 2 anos, sendo utilizado para diversos fins e acarretando diminuição dos custos com adubos para jardinagem e manutenção.

Com algumas particularidades, a compostagem em unidades escolares permite explorar o potencial pedagógico do processo e promove mudanças significativas no hábito não só dos alunos, mas de toda a comunidade escolar (MMA, 2018). Porém, como todo sistema, é necessário avaliar também sua viabilidade. Um exemplo de sucesso na implantação da compostagem é demonstrado por Francelin e Cortez (2014), que demonstram a viabilidade e funcionalidade para o gerenciamento de resíduos escolares através do sistema de vermicompostagem caseira, com composto de qualidade destinado para jardins e hortas caseiras.

Para compostagem escolar em pequena escala recomenda-se a utilização de composteiras domésticas, em recipientes relativamente pequenos ou leiras de pequeno porte. O tamanho das leiras dependerá do espaço disponível na escola para esse fim. No caso das composteiras, elas são ideais para pequenos volumes de resíduos orgânicos, que vão desde um quarto de metro cúbico ($0,25 \text{ m}^3$) até um metro cúbico (1 m^3). Caso haja necessidade de um volume maior, é indicado montar as pilhas diretamente sobre o solo. Essa escolha deve ser baseada no volume de resíduos orgânicos produzidos por mês na instituição (Brambilla e Matsushita, 2014).

3.4 Nutrientes vegetais essenciais e fertilidade do solo

Os nutrientes essenciais são assim chamados, pois a planta não completa seu ciclo de vida sem eles ou eles fazem parte de alguma molécula vegetal (Paulilo *et al.*, 2015). As plantas necessitam do equilíbrio entre dezesseis elementos químicos essenciais para seu desenvolvimento. São eles: os nutrientes não-minerais que são estruturais e compreendem o

carbono (C), o hidrogênio (H) e o oxigênio (O), encontrados na atmosfera e na água. Na presença de luz, esses nutrientes participam da fotossíntese, com produtos que são responsáveis pela maior parte do crescimento vegetal (Roquim, 2020). Os nutrientes minerais são classificados de acordo com a quantidade necessária para utilização em funções fisiológicas específicas da planta (Santos e Silva, 2010). Os nutrientes minerais são aqueles fornecidos pelo solo e são divididos em: macronutrientes primários que são o nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K); e macronutrientes secundários que são o cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). Todos os macronutrientes são encontrados na massa seca de plantas superiores na ordem de grandeza de $g\ kg^{-1}$ e são demandados em grandes quantidades (Barros, 2020).

Os micronutrientes têm uma ordem de grandeza de $mg\ kg^{-1}$ e compreendem o boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn). Todos eles são requeridos em menor quantidade pela planta. Outros elementos químicos podem ser considerados essenciais para algumas plantas, embora seja raro o solo ter alguma deficiência desses nutrientes, como sódio, silício e cobalto (Roquim, 2020).

Pelo fato de as plantas utilizarem quantidades relativamente grandes dos macronutrientes primários, a deficiência desses nutrientes no solo ocorre de maneira mais precoce que os outros. O restante dos nutrientes (secundários) acaba sendo demandado em menor quantidade pela planta e é menos deficiente, o que não exclui a sua importância equivalente aos demais para garantir uma boa fertilidade do solo e consequente desenvolvimento vegetal (Lopes, 1998). Por outro lado, doses exageradas de qualquer nutriente podem ocasionar toxicidade às plantas, que pode ser tão prejudicial quanto sua deficiência, além de ocasionar impactos ambientais indesejados ou acúmulo de substâncias que prejudicam a qualidade dos alimentos (Barros, 2020; Zonta *et al.*, 2021).

A absorção de nutrientes minerais pelas plantas não ocorre na sua forma orgânica e sim imprescindivelmente na sua forma iônica. Essa absorção na forma de íons inorgânicos ocorre pelas raízes, favorecida pela sua extensão favorável à busca dos nutrientes e alta capacidade de absorção. As bactérias fixadoras de nitrogênio e os fungos micorrízicos beneficiam o processo, absorvendo os nutrientes minerais e a água do solo e translocando-os para as raízes. Já internamente, os íons são transportados e assimilados, possibilitando a execução das funções fisiológicas das plantas. Para que se tornem disponíveis no solo para as plantas, os nutrientes da matéria orgânica devem passar pela mineralização realizada pelos micro-organismos, adquirindo cargas negativas ou positivas (Saldanha *et al.*, 2016).

Quando fornecidos por meio de fertilizantes, normalmente, as plantas cultivadas não chegam a utilizar nem metade dos nutrientes aplicados no solo. Boa parte acaba sendo lixiviada para os lençóis freáticos ou pode se fixar no solo (Barros, 2020).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local do experimento

A prática de compostagem foi realizada no Centro Educa Mais Raimundo Araújo, uma instituição estadual de ensino básico localizada na Avenida Presidente Vargas, S/N, bairro Corrente, na cidade de Chapadinha – MA. O público-alvo deste estudo foram os alunos do 1º ano do ensino médio.

4.2 Montagem das composteiras

Para a montagem das composteiras, foram seguidos os procedimentos descritos na Cartilha de Compostagem Doméstica, proposta por Borchardt (2021). Os materiais utilizados incluíram um termômetro digital com capacidade de medição de até 110 °C (Figura 1a), uma balança *Techline* para pesagem do material orgânico (Figura 1b), baldes de plástico de aproximadamente 20 L, serragem, e resíduos orgânicos provenientes da merenda escolar (Figura 1c). Inicialmente, baldes e sacolas foram deixados na cozinha da escola como pontos de coleta dos resíduos orgânicos. A seleção e composição do material orgânico dependeram da disponibilidade dos alimentos na cozinha da escola no dia específico. Carnes, ossos, gorduras e laticínios não foram adicionados; a prioridade foi dada a frutas, legumes, verduras, grãos, sementes e cascas de ovo. Após a coleta de uma quantidade considerável de resíduos, estes foram levados ao pátio aberto da escola para a montagem das composteiras. A prática foi realizada em três turmas de 1º ano, cada turma ficou responsável pela montagem de uma composteira. Ao total foram três composteiras, com três baldes cada (Figura 1d).



Figura 1. A. Termômetro digital. B. Balança digital. C. Resíduos orgânicos. D. Composteiras montadas.
 FONTE: Autoria própria, 2024

Cada composteira consistia em três baldes empilhados. A montagem das composteiras segue o que está descrito nas imagens ilustrativas (Figura 2A e 2B).



Figura 2. A. Composteira de baldes utilizada. B. Esquema ilustrativo do que ocorre dentro da composteira.
 FONTE: Autoria própria, 2024

Nos dois primeiros baldes superiores foram adicionados os resíduos orgânicos, foram feitos orifícios (5 mm), nas laterais e na tampa para garantir a entrada de ar e a ação dos micro-organismos, além de orifícios no fundo para permitir a passagem do chorume. A organização dos resíduos nos baldes 1 e 2 seguiu a seguinte sequência: a primeira camada foi de serragem (matéria seca), seguida por camadas intercaladas de sobras orgânicas e serragem (estas foram doadas), com a última camada sendo de matéria seca. Para equilibrar a relação carbono/nitrogênio, utilizamos até três partes de matéria seca para cada parte de matéria úmida. A serragem atuou como fonte de carbono, prevenindo odores e a atração de insetos, enquanto os resíduos úmidos (sobras orgânicas) forneceram nitrogênio. O balde 3, em contato com o chão, foi colocado para armazenar o chorume resultante da decomposição do material orgânico dos baldes superiores.

As composteiras foram mantidas em local arejado, protegido do sol e da chuva, e monitoradas semanalmente. Para garantir a circulação de oxigênio e o equilíbrio da umidade, os estudantes do Centro Educa Mais reviraram cuidadosamente o material a cada três dias, utilizando luvas e adicionando uma camada de matéria seca por cima (Figura 3). A temperatura do material foi monitorada com o termômetro, e a umidade foi ajustada conforme necessário, adicionando resíduos secos ou água. Registramos a massa inicial do material orgânico adicionado em cada composteira e o peso final do composto orgânico obtido.



Figura 3. Monitoramento das composteiras no Centro Educa Mais Raimundo Araújo.

FONTE: Autoria própria, 2024

Para verificar se o processo de decomposição ocorreu corretamente, a coloração do material foi monitorada a cada três dias, considerando o processo concluído quando o composto

apresentava uma coloração escura e um aspecto de terra úmida (Figura 4-B). O chorume (Figura 4-A) foi armazenado em garrafas pets e posteriormente levados ao Laboratório de Análises Químicas (LAQ), localizado no Centro de Ciências de Chapadinha CCCh/UFMA.



Figura 4. A – Chorume; B – Adubo formado.

FONTE: Autoria própria, 2024

Foi realizada a pesagem de 200 gramas de amostras do composto orgânico e armazenadas em depósitos de material plástico. Após isso foram enviadas ao laboratório Terra Análises para Agropecuária LTDA, em Goiânia – GO, para análise das variáveis de umidade, matéria orgânica, relação C/N, pH, e os teores de nitrogênio (N), carbono (C), fósforo (P_2O_5), potássio (K_2O), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn). As análises foram comparadas com as especificações das Instruções Normativas nº 25, de 23 de julho de 2009, e nº 61, de 8 de julho de 2020, do Ministério da Agricultura, que estabelecem os parâmetros para a comercialização de compostos orgânicos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Palestras

Palestras foram realizadas com essas turmas do 1º ano do ensino médio (Figura 5) abordando o tema “Reaproveitamento de resíduos orgânicos através da compostagem”. As palestras tiveram como objetivo apresentar aos estudantes os principais conteúdos necessários para compreender a prática da compostagem, incluindo a metodologia para montagem das

composteiras. Foram discutidos conceitos de resíduos sólidos orgânicos e inorgânicos, o processo de reciclagem e decomposição da matéria orgânica durante a compostagem e as finalidades do composto resultante, destacando a importância dessa prática para o desenvolvimento sustentável.



Figura 5. Palestra realizada para as turmas do 1º ano do ensino médio no Centro Educa Mais Raimundo Araújo.
FONTE: Autoria própria, 2024

5.2 Monitoramento das composteiras

O processo de compostagem, desde a montagem até a coleta do composto orgânico, durou 100 dias. A composteira 1 apresentou a maior massa inicial de matéria orgânica (8,8 kg), enquanto a composteira 3 teve a menor (6,8 kg). No entanto, apesar de conter um peso maior de material orgânico inicial, a composteira 1 resultou na menor quantidade de composto orgânico final, com apenas 2,9 kg. Em contraste, a composteira 2 produziu a maior quantidade de composto orgânico, com 3,7 kg (Tabela 1). No total, as turmas obtiveram 9,9 kg de composto a partir de 23,1 kg de material orgânico, representando um aproveitamento de 42,86 %, valor que está em conformidade com dados apresentados na literatura (30 – 40 %) (WWF-Brasil, 2015).

Tabela 1. Relação dos materiais orgânicos utilizados para montagem das composteiras e comparação entre o peso inicial do material orgânico e o peso final do composto orgânico.

Composteira	Material orgânico utilizado	Massa inicial (kg)	Massa final (kg)
1	Casca de melancia e casca de banana	8,8	2,9
2	Casca de melancia e casca de banana	7,5	3,7
3	Casca de melancia, casca de banana, casca de abóbora, semente de abóbora, repolho, alface e casca de ovos	6,8	3,3
Total		23,1	9,9

Durante o monitoramento, foram tomados cuidados específicos para assegurar a efetividade do processo de compostagem. Após 12 dias de decomposição, a presença de larvas foi notada, e os baldes foram colocados em local com insolação direta até a eliminação desses organismos.

5.3 Avaliações das composteiras

Cerca de um mês após o início do processo, observou-se que o material estava mais úmido, levando à adição de mais matéria seca. No 48º dia, a presença de fungos indicou que a compostagem estava na terceira fase (mesófila), onde a atividade bacteriana diminuiu e os fungos tornam-se mais dominantes. Devido ao estado seco do material, em alguns momentos, foi necessário adicionar água e mais resíduos úmidos, como cascas de melancia em pedaços pequenos, que se degradam mais rapidamente. Com três meses, os baldes estavam novamente bem úmidos, e mais serragem foi adicionada.

A temperatura nos baldes variou entre 30 °C e 35,2 °C durante o monitoramento. De acordo com Bersan *et al.* (2022), o controle da qualidade da matéria-prima é uma característica essencial do manejo que assegura a ausência de micro-organismos patogênicos no composto gerado, mesmo que não sejam registradas altas temperaturas da fase termofílica. As maiores temperaturas (35,2 °C) foram registradas no início da compostagem, diminuindo gradualmente até 30 °C no último dia. Essa fase de baixa temperatura é caracterizada pela diminuição da

atividade microbiológica. Segundo Ecole *et al.* (2015), esta etapa é a fase de maturação, onde a decomposição ocorre a taxas muito baixas, continuando quando o composto é aplicado ao solo, liberando nutrientes.

Após 100 dias, constatou-se que o composto orgânico estava pronto para uso. Seguindo os critérios propostos por Brambilla e Matsushita (2014), o composto pode ser considerado bioestabilizado quando atinge temperatura ambiente (abaixo de 35° C), tem coloração escura, uniformidade do tamanho das partículas e um cheiro de terra molhada, características observadas para finalizar o experimento. De acordo com a Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009, o composto orgânico obtido se encaixa na Classe “C”, ou seja, um “fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura”.

Os resultados deste estudo indicam que a compostagem de resíduos orgânicos em âmbito escolar é viável e pode ser eficiente na produção de fertilizantes orgânicos. No entanto, a variabilidade nas massas finais entre as composteiras sugere que vários fatores influenciam o processo, incluindo a composição inicial dos resíduos, a umidade, a temperatura e a frequência de revolvimento do material.

Por exemplo, a composteira 1, que teve a maior massa inicial, mas a menor massa final de composto orgânico, parece ter sofrido uma maior perda de material orgânico. Isso pode ser atribuído à decomposição acelerada ou à evaporação, possivelmente devido à composição dos resíduos utilizados (apenas casca de melancia e banana), que podem ter se decomposto mais rapidamente, resultando em uma maior perda de massa. Além disso, a necessidade de maior intervenção para controlar a umidade e eliminar larvas pode ter afetado negativamente o processo de compostagem, contribuindo para o menor rendimento final. Por outro lado, a composteira 2, que também utilizou cascas de melancia e banana, apresentou um maior rendimento, possivelmente devido a um melhor equilíbrio entre matéria seca e úmida, além de um manejo mais eficiente das condições de compostagem. A diversidade de resíduos na composteira 3 parece ter contribuído para um processo de decomposição mais equilibrado, resultando em uma massa final intermediária.

Os resultados indicam que, embora a compostagem seja um processo natural eficiente para o tratamento de resíduos orgânicos, fatores como a composição dos resíduos, manejo adequado da umidade e temperatura, e a intervenção no controle de pragas são cruciais para maximizar o rendimento e a qualidade do composto final. A prática de compostagem institucional não apenas oferece uma solução sustentável para a gestão de resíduos, mas também promove a educação ambiental e a conscientização sobre práticas agrícolas sustentáveis entre

os estudantes. A análise do composto final confirmou sua adequação como fertilizante orgânico, de acordo com as normativas vigentes, reforçando a importância da compostagem como uma prática ambientalmente benéfica e economicamente viável.

5.4 Qualidade nutricional do composto e parâmetros físico-químicos

Foram analisados nutricionalmente os macronutrientes primários N, P, K, os macronutrientes secundários Ca, Mg, S e os micronutrientes Fe, Mn, Zn e Cu, além das propriedades de umidade, pH, relação C/N e carbono orgânico. Os resultados obtidos estão listados na Tabela 2, assim como a comparação com os parâmetros máximos e mínimos de cada legislação.

Quando comparados os resultados da análise nutricional e físico-química com os parâmetros exigidos pelas legislações, observou-se que as quantidades mínimas dos macronutrientes primários N, P_2O_5 e K_2O foram atendidas. A mineralização do nitrogênio no composto, transformando-o em amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), é um processo dinâmico durante a compostagem, com parte do nitrogênio sendo reincorporada no metabolismo microbiano ou liberada como nitrogênio inorgânico (Azim *et al.*, 2018). O potássio (K_2O) superou o mínimo exigido de 1%, um ponto positivo em termos de fertilidade do composto, uma vez que o potássio ajuda as plantas a se tornarem mais resistentes a patógenos, a seca, ao frio e promove a produção de flores e frutos mais saudáveis (Batista *et al.*, 2018).

O fósforo (P_2O_5) no composto orgânico atingiu exatamente o mínimo exigido de 1%, indicando potencial para otimização. A deficiência de fósforo é uma limitação significativa para a produtividade, especialmente em solos do Cerrado. Sintomas de deficiência de fósforo incluem menor desenvolvimento, coloração arroxeadas das plantas e redução no número de frutos, folhas e sementes (Saldanha, 2016). Em solos tropicais, a disponibilidade de fósforo é frequentemente baixa devido ao intemperismo do solo e à forte interação entre fósforo e minerais de argila. Correções podem ser feitas com fertilizantes fosfatados, naturais ou inorgânicos, e a inoculação de bactérias e fungos solubilizadores de fosfato pode ser uma solução eficaz (Sousa *et al.*, 2004; Sánchez *et al.*, 2017).

Tabela 2. Resultados da análise nutricional e físico-química de amostras do composto orgânico produzido em composteiras a partir de resíduos sólidos orgânicos provenientes da cantina escolar.

Parâmetros analisados	Resultados	*IN° 61/2020 (Fertilizantes orgânicos compostos sólidos)	*IN° 25/2009 (Fertilizantes orgânicos Classe “C”)
Macronutrientes primários			
N (%)	1,6	Mín 0,5	
P ₂ O ₅ total (%)	1	Mín 1	
K ₂ O (%)	1,88	Mín 1	
Macronutrientes secundários			
Ca (%)	0,88	Mín 1	
Mg (%)	0,51	Mín 1	
S (%)	0,14	Mín 1	
Micronutrientes			
Fe (%)	0,1630		Mín 0,2
Mn (%)	0,0060		Mín 0,1
Zn (%)	0,0044		Mín 0,1
Cu (%)	0,0028		Mín 0,05
Propriedades físico-químicas			
pH	6,5		Mín 6,5
Relação C/N	34,6	Máx 20	
Umidade (%)	32	Máx 50%	
Carbono orgânico (%)	55,3	Mín 15%	

* Conforme Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009 do Ministério da Agricultura

* Conforme Instrução Normativa nº 61, de 08 de julho de 2020 do Ministério da Agricultura

Em relação aos macronutrientes secundários (Ca, Mg e S), nenhum atingiu a porcentagem mínima recomendada, mas isso pode não ser uma limitação significativa, dependendo da disponibilidade natural desses nutrientes no solo (Santos e Silva, 2010). A deficiência de cálcio, magnésio e enxofre pode ser corrigida com práticas como calagem e

aplicação de gesso agrícola (Lopes, 1998; Santos e Silva, 2010). Os teores de micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu) também estavam abaixo das especificações mínimas, mas essa deficiência pode ser compensada se o solo tiver níveis adequados desses nutrientes. Aplicações suplementares de micronutrientes podem ser feitas conforme necessário para corrigir deficiências específicas (Ferreira, 2016; Veloso *et al.*, 2022).

Os parâmetros físico-químicos mostraram que a umidade do composto (32%) está abaixo do máximo permitido (50%), indicando que a aeração e a quantidade de material seco adicionada foram adequadas (Meena *et al.*, 2021). O pH do composto atendeu o mínimo exigido de 6,5, mas ficou no limite, sugerindo uma boa maturação do composto (Azim *et al.*, 2018; Lalremruati e Devi, 2021). O teor de carbono orgânico superou bastante o mínimo estipulado de 15%, o que indica que a quantidade de materiais ricos em carbono adicionada nas composteiras foi adequada. De acordo com Azim *et al.*, (2018), o carbono orgânico total compreende mais de 90% do carbono total do composto, já que ele também está associado com o carbono inorgânico na forma de carbonatos e bicarbonatos. No entanto, a relação C/N foi de 34,6, significativamente acima do máximo permitido de 20, indicando que ajustes são necessários para melhorar a maturação do composto. Pois o excesso de carbono, em relação ao nitrogênio disponível, pode retardar o processo de decomposição e prolongar o tempo necessário para a maturação completa do composto (Nada, 2015; Yuan *et al.*, 2015).

Para ajustar a relação C/N, é necessário incorporar mais materiais ricos em nitrogênio (como restos de alimentos, cascas de banana, melancia etc., esterco animal ou leguminosas) ou reduzir a quantidade de materiais ricos em carbono (como serragem, folhas secas ou palha) adicionados às composteiras. Uma relação C/N ideal para compostagem é tipicamente entre 25:1 e 30:1, permitindo uma decomposição eficiente e rápida da matéria orgânica. Em resumo, embora o teor de carbono orgânico elevado seja um indicador positivo, a alta relação C/N sugere a necessidade de otimizações no processo de compostagem para melhorar a maturação do composto e maximizar seus benefícios agrônômicos. Ajustes na composição dos materiais e do processo podem ajudar a alcançar uma relação C/N mais equilibrada, resultando em um composto de maior qualidade e eficácia como fertilizante orgânico. (Azim *et al.*, 2018).

Além disso, o estudo destaca que a compostagem pode servir como uma ferramenta educacional eficaz, promovendo a conscientização sobre o desperdício e a importância de encontrar alternativas criativas para reduzir os impactos ambientais. Projetos de compostagem em escolas, como o relatado por Francelin e Cortez (2014), demonstram que a vermicompostagem pode ajudar na construção de novos conceitos e na compreensão de temas ambientais pelos alunos. Ao final do experimento, os alunos ficaram responsáveis por recolher

o composto orgânico e destiná-lo para os projetos de horta da escola, fechando o ciclo da gestão de resíduos orgânicos e aproveitando ao máximo o potencial pedagógico (Brambilla e Matsushita, 2014).

Portanto, embora algumas deficiências nutricionais tenham sido observadas, a compostagem de resíduos orgânicos escolares demonstrou ser uma prática viável e benéfica, tanto do ponto de vista ambiental quanto educacional. A associação do composto com outros fertilizantes minerais, conforme necessário, pode ajudar a atender às necessidades específicas do cultivo e garantir a fertilidade do solo. A análise contínua da fertilidade do solo e ajustes no processo de compostagem são essenciais para otimizar os resultados e maximizar os benefícios dessa prática sustentável (Santos e Silva, 2010; Barros, 2020).

Nesse sentido, vale destacar que além das características do composto orgânico e outros fertilizantes, a disponibilidade de um nutriente não está ligada somente à sua forma química presente no solo, mas também depende da capacidade de absorção da cultura, do desenvolvimento das raízes, do tempo de crescimento e, muitas vezes, das condições climáticas e presença de outros nutrientes (Brito, 2017). A diferença entre essa disponibilidade de nutrientes e a necessidade de nutrientes da cultura e do solo determinará a necessidade de fertilização. A adubação orgânica não garante a disponibilidade imediata de nutrientes, pois alguns continuam na forma orgânica e sua mineralização completa pode levar mais de um ano, como no caso do fósforo (Saldanha *et al.*, 2016). Isso pode explicar os valores abaixo da norma para alguns nutrientes do composto gerado no presente estudo, já que a mineralização é mais lenta e a quantidade de nutrientes imediatamente disponíveis é menor (Veloso *et al.*, 2022).

6. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstram a viabilidade e eficiência da compostagem de resíduos orgânicos em âmbito escolar, com uma produção significativa de orgânico. Embora o composto tenha atendido algumas exigências nutricionais previstas nas legislações, ele apresentou deficiências em cálcio, magnésio e enxofre, que podem ser corrigidas com práticas como calagem e aplicação de gesso agrícola. Além disso, as deficiências de ferro, manganês, zinco e cobre podem ser supridas com o uso de suplementos contendo esses micronutrientes específicos.

Esses resultados indicam que, dependendo do solo e das necessidades das culturas, o uso exclusivo do composto orgânico pode não ser suficiente para suprir todas as necessidades nutricionais. Assim, torna-se fundamental diversificar os componentes utilizados, incorporando

diferentes fontes de nutrientes e assim melhorar a distribuição deles no solo. Isso reforça a necessidade de complementação com fertilizantes minerais ou outras fontes de nutrientes.

Os parâmetros físico-químicos mostraram um teor de umidade, pH e carbono orgânico adequados, mas a relação C/N foi alta, indicando a necessidade de ajustes no processo de compostagem para melhorar a maturação do composto.

O processo de compostagem mostrou-se uma alternativa sustentável e eficiente para a gestão de resíduos sólidos orgânicos na escola, além de ter um grande potencial educativo. A prática é de baixo custo para montagem e monitoramento e pode ser implementada facilmente em outros contextos escolares.

Em conclusão, o composto orgânico gerado tem potencial para ser utilizado como adubo, mas são necessários ajustes para melhorar sua eficácia, especialmente em solos deficientes. Este trabalho reafirma a compostagem como uma ferramenta valiosa tanto para a gestão de resíduos quanto para a educação ambiental, incentivando práticas sustentáveis dentro e fora do ambiente escolar.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil em 2022. 2022. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2022/>. Acesso em: 01 mar 2024.

ARAÚJO, E. C. G.; CHAGAS, K.; LINS, T.; CHAVES, L. **Compostagem: Guia Prático de Revisão e Produção**. Editora Uniedusul, Maringá/PR, 2020.

AZIM, K.; SOUDI, B.; BOUKHARI, S.; PERISSOL, C.; ROUSSOS, S.; THAMI ALAMI, I. Composting parameters and compost quality: a literature review. **Organic agriculture**, 8, 141-158, 2018.

BARROS, J. F. C. **Fertilidade do solo e nutrição das plantas**. Universidade de Évora: Escola de Ciências e Tecnologia. Departamento de Fitotecnia, 2020.

BATISTA, M. A.; INOUE, T. T.; ESPER NETO, M.; MUNIZ, A. S. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. Em: BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R. **Hortaliças-fruto**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2018.

BERTANI, R. M. A.; BOAS, R. L. V.; VIDAL, A. A.; FURLANETO, F. P. B.; SPADOTTI, A. M. A.; FISCHER, I. H. O uso de fertilizantes compostos na agricultura. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 8, n. 2, 2011.

BERSAN, J. L. M.; KELMER, G. A. R.; DE ALMEIDA, J. R. Avaliação da qualidade

nutricional de composto orgânico produzido com resíduos provenientes de composteiras domésticas. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 10, n. 2, 2022.

BORCHARDT, M. A. **Cartilha de compostagem doméstica**. Porto Velho: Rondônia, 2021.

BOTELHO, S. M.; VELOSO, C. A. C.; RODRIGUES, J. E. L.; FERREIRA, E. V. O. **Fertilizantes orgânicos. Recomendações de adubação e calagem para o estado do Pará**. Brasília, Embrapa, p. 93-103. 2020.

BRAMBILLA, L.; MATSUSHITA, M. S. Técnicas de compostagem no ambiente escolar. In: HAMERSCHMIDT, I.; OLIVEIRA, S. **Alimentação saudável e sustentabilidade ambiental nas escolas do Paraná**. Curitiba: EMATER, 2014.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº , de 23 de julho de 2009. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1229186>. Acesso em: 18 de abril de 2024.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 61, de 08 de julho de 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-61-de-8-7-2020-organicos-e-biofertilizantes-dou-15-7-20>. Acesso em: 10 de maio de 2024.

BRASIL - Ministério do Meio Ambiente. **Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos: manual de orientação**. Ministério do Meio Ambiente, Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo, Serviço Social do Comércio/SC - Brasília, DF: MMA, 2018.

BRITO, L. M. **Compostagem, fertilização do solo e substratos**. Agrobook, Porto. 2017.

CARVALHO, M. A importância da matéria orgânica do solo na produção agrícola e o papel dos adubos orgânicos. **Agrotec**, Ed. Nº 30, p. 2-4, 2019.

CHEN, T.; ZHANG, S.; YUAN, Z. Adoption of solid organic waste composting products: A critical review. **Journal of Cleaner Production**, 272, p. 122712, 2020.

COLIPANO, J. A.; CAGASAN, U. A review on the impact of organic, conventional and nano fertilizer application in crop production. **Eurasian Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 2, p. 101-109, 2022.

DAL BOSCO, T. C.; GONÇALVES, F.; ANDRADE, F. C.; JUNIOR, I. T.; SANTOS SILVA, J.; SBIZZARO, M. Contextualização teórica: compostagem e vermicompostagem. Em DAL BOSCO, T. C. **Compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos: resultados de pesquisas acadêmicas**. São Paulo: Blucher, 2017.

ECOLE, C. C.; MALIA, H. A.; DE SOUZA, R. B.; RESENDE, F. V. **Compostagem e adubos orgânicos**. Horticultura em Moçambique: características, tecnologias de produção e de pós-colheita. Brasília: Embrapa. 2015.

FERREIRA, C. F. **Fertilidade do solo: correção e adubação**. Curitiba: SENAR - Pr, 2016.

FRANCELIN, L. P.; CORTEZ, A. T. C. Compostagem: por uma escola mais sustentável. **Ciência Geográfica**, v. 18, n. 1, p. 116-130, 2014.

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

JAJA, E. T.; BARBER, L. I. Organic and inorganic fertilizers in food production system in Nigeria. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**. v.7, n.18, 2017.

KUMARI, S.; KAYASTH, M.; GANGRADE, T.; PARSHAD, J. Role of Microorganisms in Composting and Factors affecting the Process. **Vigyan Varta**. v. 5, n. 6, p. 202-205, 2024.

LALREMURATI, M.; DEVI, A. S. Duration of composting and changes in temperature, pH and C/N ratio during composting: a review. **Agricultural Reviews**, v. 44, n.3, p. 350-356, 2021.

LANA, M. M.; PROENÇA, L. C. **Hortaliça não é só salada: resíduos orgânicos**. Brasília: Embrapa, 2021.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. Tradução e adaptação de Alfredo Scheid Lopes. 2 ed., rev. e ampl. Piracicaba: POTAFOS, 1998.

MARCHI, C. M. D. F.; GONÇALVES, I. O. Compostagem: a importância da reutilização dos resíduos orgânicos para a sustentabilidade de uma instituição de ensino superior. **Revista Monografias Ambientais**, v. 19, n. e1, p. 1-25, 2020.

MEENA, A. L.; KARWAL, M.; DUTTA, D.; MISHRA, R. P. Composting: phases and factors responsible for efficient and improved composting. **Agriculture and Food: e-Newsletter**, 1, p. 85-90. 2021.

NADA, W. M. Stability and maturity of maize stalks compost as affected by aeration rate, C/N ratio and moisture content. **Journal of soil science and plant nutrition** , v. 15, n. 3, p. 751-764, 2015.

OGINO, C. M.; GASQUES, J. G. Fertilizantes: dependência externa e impacto produtivo. Em: VIEIRA FILHO, J. E. F.; GASQUES, J. G. **Agropecuária Brasileira: evolução, resiliência e oportunidades**. Rio de Janeiro: IPEA, 2023.

PAULILO, M. T. S.; VIANA, A. M.; RANDI, A. M. **Fisiologia Vegetal**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

REETZ, H. F. **Fertilizantes e seu uso eficiente**. São Paulo: ANDA, 2017.

RODRIGUES, A.; DE SOUZA, C. R.; GALHARDO, C. X.; DE SOUZA, P. T. A representatividade da compostagem na destinação dos resíduos orgânicos no Brasil e nordeste brasileiro. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 18, n. 53, p. 167-179, 2022.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. 2.ed. Campinas: Embrapa Territorial, 2020.

- SALDANHA, C. B.; EMRICH, E. B.; NEGRÃO, E. N. M.; CASTIONI, G. A. F. **Ciência do solo: fertilidade do solo e nutrição mineral de plantas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016.
- SÁNCHEZ, Ó. J.; OSPINA, D. A.; MONTOYA, S. Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. **Waste Management**, v. 69, p. 136–153. 2017.
- SANTAELLA, S. T.; BRITO, A. E. R. M.; COSTA, F. A. P.; CASTILHO, N. M.; MIO, G. P.; FILHO, E. F.; LEITÃO, R. C.; SALEK, J. M. **Resíduos sólidos e a atual política ambiental brasileira**. Fortaleza: UFC/LABOMAR/NAVE, 2014.
- SANTOS, D. R.; SILVA, L. S. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas**. Santa Maria, RS: UFSM, 2010.
- SANTOS, D. M. L.; COSTA, P. M. M.; SILVA MARQUES, F.; ROCHA, M. B. Abordagens e aplicações do processo de compostagem na gestão de resíduos orgânicos: tendências em estudos brasileiros. **Terrae Didática**, v. 18, p. 1-12, 2022.
- SILVA, V. M.; RIBEIRO, P. H.; TEIXEIRA, A. F. R. Caracterização de compostos de resíduos orgânicos em propriedade de base familiar: aspectos qualitativos, quantitativos e econômicos. **Revista Brasileira Agrocência**, Pelotas, v. 17, n. 3-4, p. 405-409, 2011.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- SOUSA, D. M. G.; NUNES, R. S.; REIN, T. A.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G. **Manejo da adubação fosfatada para culturas anuais no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 2016.
- VELOSO, A.; SEMPITERNO, C.; CALOURO, F.; REBELO, F.; PEDRA, F.; CASTRO, I. V.; GONÇALVES, M. C.; MARCELO, M. E.; PEREIRA, P.; FARELEIRA, P. JORDAO, P.; MANO, R.; FERNANDES, R. **Manual de Fertilização das Culturas**. 3 ed. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária. Lisboa: INIAV, 2022.
- WWF – BRASIL. **Guia de Compostagem**. Brasília: WWF-Brasil, 2015.
- YUAN, J.; YANG, Q.Y.; ZHANG, Z. Y.; LI, G. X.; LUO, W. H.; ZHANG, D. F. Use of additive and pretreatment to control odors in municipal kitchen waste during aerobic composting. **Journal of Environmental Sciences**, v. 37, p. 83–90, 2015.
- ZAGO, V. C. P.; BARROS, R. T. D. V. Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, p. 219-228. 2019.
- ZONTA, E.; STAFANATO, J. B.; PEREIRA, M. G. Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. Em: BORGES, A. L. (org.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2021.

ANEXO I – ANÁLISE NUTRICIONAL E FÍSICO-QUÍMICA DO COMPOSTO ORGÂNICO OBTIDO



TERRA

Análises para Agropecuária

Avenida Cariri 140, Jardim Diamantina Goiânia GO - CEP: 74.573-130 Fones: (06)23210-1173 (06)23210-1862
www.laboratorioterra.com.br terra@laboratorioterra.com.br

Nome : DAIANE FOSSATTI DALL'OGLIO
Propriedade :
Cidade :
Cultura :
Solicitante : DAIANE FOSSATTI DALL'OGLIO
Material : Fertilizante Orgânico ou Organomineral - Sólido - Aplicação via solo

Data Entrada : 27/06/2024
Data Saída : 05/07/2024

Resultado de Análise

Código : SAL 6242713

Amostra : ADUBO ORGANICO - FINS COMPARATIVOS

Código :

Amostra :

Código :

Amostra :

pH	.	6.5
Mat. Org.	%	95.5
Umidade	%	32.0
Relação C/N	.	34.6
P2O5 (Total)	%	1.00
N	%	1.60
Ca	%	0.88
Mg	%	0.51
S	%	0.14
Cu	mg/Kg	28
Fe	mg/Kg	1630
Mn	mg/Kg	60
Zn	mg/Kg	44
C. Org.	%	55.3
K2O (Tot.Org)	%	1.88

Emerson M Rocha
Emerson Macedo Rocha
Terra Análises p/ Agropecuária
CREA-GO 20935/D - Responsável Técnico

Metodologia aplicada para as análises: *FERTILIZANTES, CORRETIVOS, SUBSTRATOS E REMINERALIZADORES: Manual de Métodos Analíticos Oficiais - Ministério da Agricultura e Pecuária, 2024. *NUTRIÇÃO ANIMAL: Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal - Sindiarações, 2023. *TECIDO VEGETAL: Avaliação do Estado Nutricional das Plantas – Princípios e Aplicações - Potafos, 1997.