

Uso de biocatalisadores bovino, equino e caprino na compostagem de resíduos orgânicos provenientes de uma Unidade de Alimentação e Nutrição Escolar.

Use of bovine, equine, and goat biocatalysts in the composting of organic waste from a School Food and Nutrition Unit.

Uso de biocatalizadores bovinos, equinos y caprinos en el compostaje de residuos orgánicos de una Unidad de Alimentación y Nutrición Escolar.

Mariana Carvalho Muniz

Graduanda em Engenharia Ambiental, UFMA, Brasil
muniz.mariana@discente.ufma.br

Luíza Renata dos Santos Pereira

Graduanda em Engenharia Ambiental, UFMA, Brasil
louiza.renata@gmail.com

Sarah Bianca Neves de Sousa

Graduanda em Médio - Técnico em Administração, IEMA, Brasil
sarahneves1200@gmail.com

Thiago Rafael Gonçalves Duarte

Mestre em Processos Construtivos e Saneamento Urbano, UFPA, Brasil
thiagorgduarte@icloud.com

Daniel Rocha Pereira

Doutorando em Biodiversidade e Biotecnologia, UFMA, Brasil
daniel.rocha.drp@gmail.com

RESUMO

O objetivo da pesquisa é avaliar o uso de biocatalisadores do tipo bovino, equino e caprino no processo de compostagem para tratar os resíduos orgânicos de uma unidade escolar, em São Luís/MA, na finalidade de avaliar o desempenho do processo de compostagem, bem como a qualidade do composto orgânico gerado. Para tanto montou-se 03 leiras de compostagem (adaptado do sistema de leiras "Windrow"), onde o volume foi calculado segundo a relação carbono/nitrogênio. Cada leira continha biocatalizador do tipo bovino, equino e caprino, resíduos gerados no restaurante escola e podas de árvores e gramíneas. Os resíduos de alimentos foram quantificados e classificados. A falta de gerenciamento ambientalmente adequado de resíduos orgânicos nas unidades de alimentação e nutrição escolares resulta na emissão de odores desagradáveis, favorece a proliferação de vetores de doenças e contribui para a emissão de metano, que intensifica o aquecimento global. A compostagem é uma das alternativas para tratar os resíduos orgânicos, pois pode reduzir em mais de 60% o seu volume, produzindo um material estável para ser utilizado como condicionador de solos. Como resultado descobriu-se que a compostagem com resíduos da escola e uso de biocatalisadores bovinos, equinos e caprinos, apresentaram um bom desempenho, pois os parâmetros de Matéria Orgânica; pH; Fósforo; Potássio, Cálcio; Magnésio; Sódio; Alumínio; CTC e Saturação por Base (V%) estavam de acordo com os valores permitidos na literatura. Portanto o uso de biocatalisadores bovino, equino e caprino beneficia o processo de reciclagem de dejetos de animais e resíduos orgânicos, gerando um composto de qualidade.

PALAVRAS-CHAVE: Carbono/Nitrogênio. Dejetos de animais. Matéria Orgânica.

SUMMARY

The aim of the research was to evaluate the use of bovine, equine and caprine biocatalysts in the composting process to treat organic waste from a school in São Luís/MA, in order to assess the performance of the composting process and the quality of the organic compost generated. To this end, 03 composting beds were set up (adapted from the "Windrow" bed system), where the volume was calculated according to the carbon/nitrogen ratio. Each bed contained bovine, equine and caprine biocatalyst, waste generated in the school restaurant and tree and grass prunings. The food waste was quantified and classified. The lack of environmentally appropriate management of organic waste in school food and nutrition units results in the emission of unpleasant odors, favors the proliferation of disease vectors and contributes to the emission of methane, which intensifies global warming. Composting is one of the alternatives for treating organic waste, as it can reduce its volume by more than 60%, producing a stable material to be used as a soil conditioner. As a result, it was found that composting with school waste and using bovine, equine and caprine biocatalysts performed well, as the parameters of Organic Matter; pH; Phosphorus; Potassium, Calcium; Magnesium; Sodium; Aluminum; CTC and Base Saturation (V%) were in accordance with the values allowed in the literature. Therefore, the use of bovine, equine and caprine biocatalysts benefits the process of recycling animal manure and organic waste, generating quality compost.

KEYWORDS: Carbon/Nitrogen. Animal waste. Organic Matter.

RESUMEN

El objetivo de la investigación es evaluar el uso de biocatalizadores bovinos, equinos y caprinos en el proceso de compostaje para el tratamiento de residuos orgánicos de una unidad escolar, en São Luís/MA, con el fin de evaluar el desempeño del proceso de compostaje, así como la calidad del compuesto orgánico generado. Para ello se instalaron 3 pilas de compost (adaptado del sistema de pilas "Windrow"), donde se calculó el volumen según la relación carbono/nitrógeno. Cada hilera contenía biocatalizadores bovinos, equinos y caprinos, residuos generados en el restaurante del colegio y podas de árboles y pastos. Se cuantificaron y clasificaron los residuos de alimentos. La falta de un manejo ambientalmente adecuado de los residuos orgánicos en las unidades de alimentación y nutrición escolares resulta en la emisión de olores desagradables, favorece la proliferación de vectores de enfermedades y contribuye a la emisión de metano, lo que intensifica el calentamiento global. El compostaje es una de las alternativas para el tratamiento de residuos orgánicos, ya que puede reducir su volumen en más de un 60%, produciendo un material estable para ser utilizado como acondicionador de suelos. Como resultado, se descubrió que el compostaje de residuos escolares y el uso de biocatalizadores bovinos, equinos y caprinos tuvieron un buen desempeño, como parámetros de Materia Orgánica; pH; Fósforo; Potasio, Calcio; Magnesio; Sodio; Aluminio; CTC y Saturación de Base (V%) estuvieron de acuerdo con los valores permitidos en la literatura. Por lo tanto, el uso de biocatalizadores bovinos, equinos y caprinos beneficia el proceso de reciclaje de desechos animales y orgánicos, generando compost de calidad.

PALABRAS CLAVE: Carbono/Nitrógeno. Desecho animal. Materia orgánica.

1 INTRODUÇÃO

A destinação inadequada dos resíduos sólidos é responsável por acarretar uma série de problemas socioambientais, bem como a proliferação de vetores de doenças para a população. Dados do Programa lixo zero (2019), demonstraram através dos planos estaduais de resíduos sólidos de Pernambuco, Rio Grande do Norte e Santa Catarina, que 50% da composição dos resíduos sólidos urbanos é de matéria orgânica. Esses dados tornam-se ainda mais preocupantes quando 29,7 milhões de todo resíduo sólido urbano gerado no Brasil são enviados para lixões e aterros controlados (ABRELPE, 2022).

Quando falamos de resíduos sólidos orgânicos, as Unidades de Alimentação e Nutrição Escolar (UANE) são responsáveis por fornecer refeições para as escolas públicas podem chegar a serem consideradas grandes geradores, pois produzem resíduos sólidos inorgânicos e orgânicos durante toda a cadeia produtiva, sendo necessário adotar práticas de aproveitamento de resíduos sólidos, de consumo consciente e anti desperdício (CONCEIÇÃO et al., 2023).

A compostagem é um método de decomposição aeróbica e exotérmica de forma controlada, através da ação de microrganismos, fungos e bactérias no tratamento de resíduos orgânicos, reduzindo em mais de 60% o seu volume, produzindo ao final do processo, um material estável utilizado como condicionador de solos e pode atuar como um fertilizante, ser utilizado para fins de hortas, jardins, substrato para plantas e até venda ou distribuição, gerando um ciclo favorável para sociedade e meio ambiente (MASSUKADO, 2008).

Para implementação do processo de compostagem, torna-se necessário ter controle da umidade e aeração, analisar a qualidade do material a ser produzido, através da análise físico-química de parâmetros como Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Carbono (C), Relação Carbono/Nitrogênio (C/N), Teor de Matéria Orgânica (MO) e potencial Hidrogeniônico (pH) (KIEHL,2010).

A seleção dos materiais de compostagem é a base da qualidade do composto, precisando estar livre de materiais inorgânicos, como vidro e metal. Quando há uma diversidade de materiais consequentemente terá uma composição microbiológica diversificada e um equilíbrio no produto final. OS resíduos mais utilizados são de culturas como palha e joio (espiga de milho, arroz, palha grãos; vagens; bagaço; carnaúba; palhas de café; serragem), restos estábulos, camas para animais, estercos e resíduos de processamento (OLIVEIRA et al., 2004). A taxa de conformidade recomendada para a construção de uma composteira é de 70% sendo material rico em carboidratos (restos de vegetais) e 30% pobre em carbono (estrupe de animais), que são ricos em nitrogênio, pois materiais ricos em nitrogênio decompõe-se facilmente e serve como fonte de nutrientes para composto (SILVA, 2008).

Os estrumes de origem animal, como bovinos, equinos e caprinos, são ricos em nutrientes e podem ser utilizados como biocatalisadores no processo de compostagem, pois reduzem o número de patógenos durante a fase termofílica, as fezes também atuam como inoculante para fungos e bactérias. Além de catalisar o tratamento de resíduos sólidos orgânicos, esses dejetos retornam ao solo de forma não prejudicial. (AMORIM,2002)

Logo, essa pesquisa visa analisar a qualidade de biocatalisadores do tipo bovino, caprino e equino na compostagem de resíduos orgânicos provenientes de uma unidade de alimentação escolar em São Luís/MA.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a qualidade de 03 (três) biocatalisadores do tipo bovino, caprino e equino na compostagem de resíduos orgânicos provenientes de uma unidade de alimentação escolar em São Luís/MA.

2.2 Objetivos Específicos

- Quantificar e identificar os resíduos orgânicos da unidade escolar;
- Montar 03 leiras “Windrow” com biocatalisadores do tipo bovino, caprino e equino;
- Avaliar a qualidade do composto orgânico produzido.

3 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 setembro 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: compostagem; carbono/nitrogênio; resíduos orgânicos; tratamento de resíduos; restaurante escola; restaurante universitário (RU).

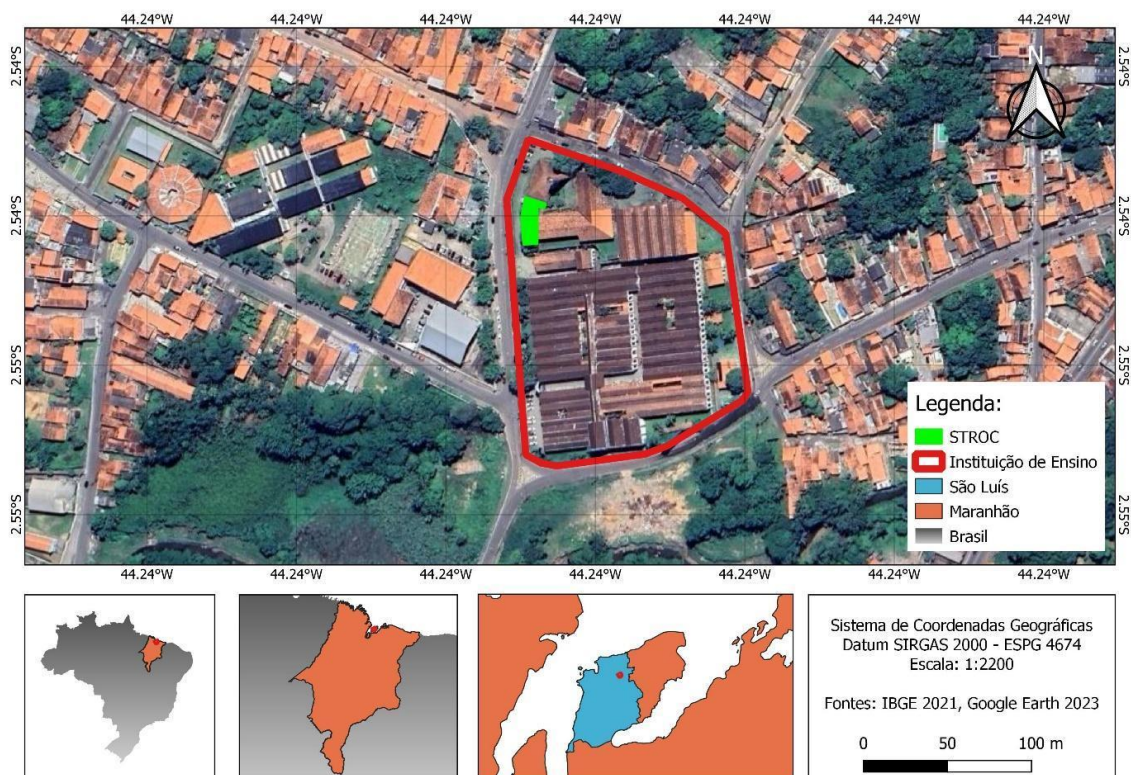
3.1 Caracterização da Área de Estudo

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 1), 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.

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 plana de 329,10 m² (imagem 1). O mesmo é composto por 9 baias para leiras de compostagem, 10 canteiros de hortaliças, 01 estufa tipo capela de 6,5x3,5 m.

Figura 1 – Localização da área de estudo



Fonte: IBGE, 2021; Google Earth, 2023.

3.2 Quantificação e Identificação dos resíduos orgânicos

O período de coleta de resíduos orgânicos no restaurante-escola foi dividido três momentos, sendo uma semana no período de 16/11/2022 ao dia 18/11/2022, o segundo momento no período de 02/05/2023 ao dia 05/05/2023 e o terceiro momento no dia 08/05/2023 ao dia 12/05/2023, perfazendo um total de 3 semanas.

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).

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).

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.

3.3 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; DO NASCIMENTO et al., 2005; TEIXEIRA et al., 2004).

Baseado nos dados acima, acerca do tempo de duração, foram montadas 03 (três) leiras, onde cada uma aguardou 120 (cento e vinte) dias para o fim do processo. As leiras, foram montadas conforme a relação carbono/nitrogênio, com os seguintes resíduos:

- Fonte de Nitrogênio: resíduos de alimentos (refeição e FLV do restaurante escola);
- Biocatalizador e Nitrogênio: fezes de equino, bovino e caprino de pequenos produtores;
- Fonte de Carbono: podas de gramíneas e de árvores da escola.

3.3.1 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 no dimensionamento do STROC

Tipo de Fonte	nº	Resíduo	C/N	Características	Autor
Nitrogênio	1	Refeição	15.00/1	RU da UFRRJ	AQUINO et al., 2005
	2	Refeição	13.12/1	Restaurante do Aeroporto do RJ	INÁCIO, 2010
	3	Refeição	12.00/1	RU do IFES	NASCIMENTO, 2022
Nitrogênio	1	FLV	30.00/1	25% de laranja e 75% de FLV	ALENCAR et al., 2012
	2	FLV	25.00/1	Cascas de FLV	ADHIKARI et al., 2013
	3	FLV	40.00/1	Cascas de FLV	RICHARD et al., 2005
Biocatalizador e Nitrogênio	1	Fezes de Bovinos	20.13/1	Fezes de Bois, Vacas e Bezerros	BATTISTI & BATTISTI, 2011
	2	Fezes de Bovinos	18.80/1	Fezes de Bois, Vacas e Bezerros	RICHARD et al., 2005
	3	Fezes de Bovinos	18.00/1	Fezes de Bois, Vacas e Bezerros	KIEHL, 1985
Biocatalizador e Nitrogênio	1	Fezes de Caprinos	17.01/1	Fezes de Bode, Cabras e Cabritos	AMORIM, 2002
	2	Fezes de Caprinos	16.54/1	Fezes de Carneiros e Ovelhas	RICHARD et al., 2005
	3	Fezes de Caprinos	15.00/1	Fezes de Bode, Cabras e Cabritos	CAVALCANTE JUNIOR et al., 2010
Biocatalizador e Nitrogênio	1	Fezes de Equinos	30.00/1	Fezes novas de Cavalos e Éguas	RICHARD et al., 2005
	2	Fezes de Equinos	40.43/1	Fezes novas de Cavalos e Éguas	INÁCIO, 2010
	3	Fezes de Equinos	18.00/1	Fezes novas de Cavalos e Éguas	KIEHL, 1985
Carbono	1	Poda de Árvores	35.52/1	Galhos e Folhas secas	BATTISTI & BATTISTI, 2011
	2	Poda de Árvores	37.22/1	Galhos e folhas verdes	NASCIMENTO, 2014
	3	Poda de Árvores	29.92/1	Galhos e Folhas secas	PEIXOTO, 2018
Carbono	1	Poda de Gramíneas	37.73/1	Aparas de grama	BENITES, 2004
	2	Poda de Gramíneas	32.36/1	Aparas de grama verde	NASCIMENTO, 2014
	3	Poda de Gramíneas	17.06/1	Aparas de grama	RICHARD et al., 2005

Fonte: Adaptado pelo autor da pesquisa, 2023.

3.3.2 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. Em função da quantidade obtida de resíduos orgânicos, deve-se estimar a largura da pilha. Baseado em Aquino (2005) a altura das leiras foi de 1 metro, enquanto a largura e o comprimento acompanharam a quantidade de resíduos por leira.

3.3.3 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 abaixo e a tabela 1 (acima), para então definir a quantidade de fonte de carbono e biocatalisador:

Fórmula 1 - Cálculo de carbono/ nitrogênio

Partes de material rico em carbono	=	Material rico em nitrogênio	=	(30 x % nitrogênio) - % carbono
		Material rico em carbono		% carbono - (30 x % nitrogênio)

Fonte: GOMES et al., 2001

- A montagem da leira foi realizada alternando-se os diferentes tipos de resíduos em camadas com espessura em torno de 20 cm conforme Kiehl (2002). Dessa forma formou-se uma camada com fonte de carbono, acompanhada por outra com fonte de nitrogênio e biocatalizador. A seguir adicionou-se uma camada novamente de carbono e depois outra com fonte de nitrogênio novamente, assim sucessivamente até esgotarem os resíduos.
- As composteiras foram umectadas dentro do valor recomendado por Kiehl (2004), de 60%.
- 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.

3.4 Avaliação da qualidade do composto orgânico gerado pelo sistema de tratamento

Ao final do processo, foi realizado o peneiramento do composto orgânico gerado, que posteriormente foi encaminhado ao Laboratório de Química dos Solos - LABQSOL da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, para análise dos atributos no composto orgânico, de acordo com os métodos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Os parâmetros analisados foram: Matéria Orgânica (MO); pH; Fósforo; Potássio, Cálcio; Magnésio; Sódio; Alumínio; Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e Saturação por Base (V%).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Quantificação e identificação dos resíduos orgânicos

Conforme Tabela 2, a leira 01 (equino) foi montada com 118,15 kg de resíduos

orgânicos (alimentos), oriundos do restaurante escola, coletado no período de 16 a 18/11/2022. Enquanto a leira 02 (bovino), foram utilizados 114,87 kg, coletado no período de 02 a 05/05/2023. Já na leira 3 (caprino), foram utilizados 194,64 kg, coletado no período de 08 a 12/05/2023. Sendo o total coletado de 427,66 kg de alimento.

Tabela 2 – Quantificação e identificação dos resíduos orgânicos gerados no restaurante escola.

LEIRA	DATA DA MONTAGEM	DATA DA COLETA	MASSA (kg)	RESÍDUOS
LEIRA 01 (Equino)	19/11/2022	14/11/22	0,00	PONTO FACULTATIVO
		15/11/22	0,00	FERIADO (Proclamação da República)
		16/11/22	37,89	Arroz; carne bovina; feijão; abóbora; maxixe; quiabo; farofa; rúcula; pepino; tomate e Tangerina.
		17/11/22	42,76	Arroz; frango; feijão; João Gomes; farofa; repolho; cebolinha; tomate e banana.
		18/11/22	37,50	Arroz; feijão; Peixe; Farofa; Vinagrete e Melancia.
TOTAL			118,15 kg	
LEIRA 02 (Bovino)	06/05/2023	01/05/23	0,00	FERIADO (Dia do Trabalhador)
		02/05/23	26,95	Arroz; feijão; frango; repolho e beterraba
		03/05/23	32,94	Arroz; feijão; carne; batata; macarrão; acelga e pepino.
		04/05/23	28,32	Arroz, frango; feijão; abóbora; milho; alface; pepino e melancia.
		05/05/23	26,66	Arroz; cenoura; pimentão; cheiro verde; carne; macaxeira; feijão; alface; pepino e tomate.
TOTAL			114,87 kg	
LEIRA 03 (Caprino)	13/05/2023	08/05/23	46,50	Arroz; frango; feijão; repolho; cenoura; salsa; farinha e couve.
		09/05/23	25,34	Arroz; abóbora; carne; feijão; repolho; beterraba e Tangerina.
		10/05/23	50,48	Arroz; vagem; cenoura; vinagreira; peixe; alface; repolho e Abacaxi
		11/05/23	42,14	Arroz; feijão; carne suína; batata doce; acelga e pepino.
		12/05/23	30,18	Arroz; João Gomes; carne bovina; maxixe e abóbora e laranja.
TOTAL			194,64 kg	
TOTAL GERAL			427,66 kg	

Fonte: Autores da pesquisa, 2023.

4.2 Montagem das Leiras

Conforme as figuras 2 e 3 as leiras foram montadas com 1,0 m de altura. Segundo Pereira (2010), as dimensões da leira podem afetar a retenção de calor no interior, visto que em uma leira pequena, ou seja, 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 (1989 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 empregado no processo da compostagem foi o sistema de leiras ou pilhas “Windrow”, conforme Paiva (2011), onde a oxigenação é feita por meio de reviramentos periódicos do material. Entre as formas de compostagem, a leira revolvida, é considerada de simples operação, baixo custo e pode ser utilizado 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).

Figura 2 – Montagem das leiras



Fonte: Autores da pesquisa (2023).

Figura 3 – Leiras em processo de compostagem



Fonte: Autores da pesquisa (2023).

O período determinado para cada ciclo da leira foi de 120 dias para a compostagem dos resíduos, conforme tabela 3. Normalmente, o tempo de compostagem, incluindo as fases de degradação e maturação, é de 120 a 130 dias (TEIXEIRA et. al., 2004).

Tabela 3 – Cronograma de montagem das leiras

Semana	Leira	Período de coleta 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	01 a 05/05/23	06/05/2023	03/09/2023	120	03/09/2023
3	3	08 a 12/05/23	13/05/2023	10/09/2023	120	10/09/2023

Fonte: Autores da pesquisa, 2023.

Na tabela 4, os resíduos de alimentos são: resíduos de refeição (C/N=15:1) e FLV (C/N=30:1), essa relação C/N dos resíduos de refeição foram baseados em estudo de Aquino et al., (2005), realizado no RU da UFRRJ, enquanto a relação C/N de FLV foi baseado em Alencar et al., 2012. A relação C/N dos resíduos de alimento foi calculada por meio da fórmula 1.

Tabela 4 – Distribuição da fonte de nitrogênio (resíduos de alimentos) e suas respectivas relações C/N

Leira	Resíduos de refeição (kg)	C/N Resíduos de refeição	Resíduos de FLV (kg)	C/N Resíduos de FLV	Refeição + FLV (kg)	(Refeição+ FLV) / Massa total (%)	C/N Alimentos (Refeição+FLV)
1	95,23	15:1	22,92	30:1	118,15	55,74	17,9:1
	86,258	15:1	28,61	30:1	114,87	50,82	18,7:1
	168,25	15:1	26,37	30:1	194,62	67,55	17:1

Fonte: Autores da pesquisa, 2023.

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 RJ, que obteve relação C/N=13,12:1 e em pesquisa de 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 5 – Distribuição da fonte de biocatalizador e nitrogênio (fezes de animais) e suas respectivas relações C/N

Leira	Tipo de biocatalizador	Fezes de equinos (kg)	C/N Fezes de equinos	Fezes de bovinos (kg)	C/N Fezes de bovinos	Fezes de caprinos (kg)	C/N Fezes de caprinos	Biocatalizador total (kg)	Relação biocatalizador / massa total (%)	C/N Biocatalizador total
1	Equino	42,56	30:1	0,00	20,13:1	0,00	17,1:1	42,56	20,08	30:1
2	Bovino	0,00	30:1	58,43	20,13:1	0,00	17,1:1	58,43	25,85	20,13:1
3	Caprino	0,00	30:1	0,00	20,13:1	23,07	17,1:1	23,07	8,01	17,1:1

Fonte: Autor da pesquisa

Observa-se na tabela 5, que a fonte de biocatalizador foi: fezes de equinos, C/N=30:1 (RICHARD et al., 2005); fezes de bovino, C/N=20,13:1 (BATTISTI & BATTISTI, 2011) e fezes de caprinos, C/N=17,1:1 (AMORIM, 2002). Para as leiras onde foi utilizado mais de um tipo de biocatalizador, a relação C/N foi calculada por meio da fórmula 1. Foi encontrado relação de C/N para fonte de biocatalizador próximo aos valores utilizados, conforme tabela 5, acima.

Tabela 6 – Distribuição da fonte de carbono e suas respectivas relações C/N

Leira	Tipo de fonte de Carbono	Poda de árvores (kg)	C/N Poda de árvores	Poda de gramíneas (kg)	C/N Poda de gramíneas	Fonte de carbono total (kg)	Fonte de Carbono / massa total (%)	C/N Fonte de carbono total
1	Poda de Árvores/ Poda de Gramíneas	11,10	35,52:1	40,15	37,73:1	51,25	24,18	37,3:1
2	Poda de Gramíneas	0,00	35,52:1	52,75	37,73:1	52,75	23,34	37,73:1
3	Poda de Árvores	70,42	35,52:1	0,00	37,73:1	70,42	24,44	35,52:1

Fonte: Autor da pesquisa

Observa-se na tabela 6, que a fonte de carbono foi dividida em: Poda de árvores, C/N=35,52:1 (BATTISTI & BATTISTI, 2011) e Poda de gramíneas, C/N=37,73:1 (BENITES, 2004). Para as leiras onde foi utilizado mais de um tipo de fonte de carbono, a relação C/N foi calculada por meio da fórmula 1. Foi encontrado também relação de C/N para fonte de carbono próximo aos valores utilizados, conforme tabela 06, acima.

4.3 Avaliação da qualidade do composto orgânico gerado pelo sistema de tratamento

Observa-se na tabela 7, que a matéria orgânica está entre 80 e 86 g/dm³, o que corrobora com valores de Garcia et al. (2022) e Menezes et al. (2022), respectivamente 94 g/dm³ e 139 g/dm³. A matéria orgânica disponível no solo contribui para a retenção dos colóides,

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).

Tabela 7: Qualidade do composto orgânico

Leira	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)	Al (mmol/dm ³)	CTC (mmol/dm ³)	V (%)
1	53,47%	80,0	6,8	333,8	4,9	71,0	21,0	7,8	0,0	135,7	77,2
2	59,84%	86,0	6,3	597,0	6,5	59,0	49,0	9,3	0,0	135,9	91,0
3	46,32%	86,0	6,7	475,0	9,4	75,0	32,0	12,4	0,0	139,8	92,2

Fonte: Autores da pesquisa, 2023.

O pH encontrado está na faixa de 6,3 a 6,8, o que corrobora com valores encontrados por Ribeiro et al (2018) e Aguiar et al. (2022), respectivamente 7,3 e 6,7. Para Neto (2007) o pH do material deve ser neutro, de acordo com Braga (2005) solos que apresentam pH inferior a 5,5 reduz a disponibilidade de fósforo no solo, e já pH superior a 6,5 pode reduzir a disponibilidade de Zinco, Manganês e Cobre. Entretanto, segundo Ferreira et. al. (2013) não existe um faixa ideal de pH, pois a produção do húmus e o valor do pH apresentada pelo composto depende da atividade microbiana que, segundo Albanell et al., (1988), essa variação no pH deve se ao fato da produção de ácidos orgânicos e CO₂ pelos microrganismos.

O fósforo encontrado está na faixa de 333,8 e 458 mg/dm³, 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 Giracca 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. Este contribui com o crescimento prematuro das raízes, qualidade de frutas, verduras, grãos e formação das sementes.

O potássio está na faixa de 4,9 e 9,4 mmol/dm³, o que corrobora com valores encontrados por Menezes et al (2022) e Ribeiro et al (2022), respectivamente 4,1 e 5,0 mmol/dm³. O potássio é o mineral mais abundante no tecido vegetal de praticamente todos os vegetais e, por apresentar-se predominantemente na forma iônica K⁺ no tecido, seu retorno ao solo é rápido, ocorre após a senescência das plantas. Assim, a maior parte do potássio é ciclada, embora possa ocorrer perda por lixiviação, principalmente quando se trata de solos arenosos. Contudo, deve-se considerar que estas perdas não são tão significativas no plantio direto porque este sistema favorece o acúmulo nas camadas mais superficiais do solo (PAVINATO, 2004).

O cálcio encontrado está na faixa de 59,0 e 75,0 mmol/dm³, o que corrobora com valores encontrados por Garcia et al (2022) e Vitor et al (2022), respectivamente 65,0 e 80,0 mmol/dm³. O Ca desempenha um papel de suma importância, pois este é responsável por reduzir a acidez do solo, melhorar o crescimento das raízes, e aumentar a atividade microbiana (GIRACCA et al., 2017).

O manganês está na faixa de 21,0 e 49,0 mmol/dm³, o que corrobora com valores de Vitor et al (2022) e Magalhães et al (2022), respectivamente 45,0 e 49,0 mmol/dm³.

O sódio encontrado está na faixa de 7,8 e 12,4 mmol/dm³, o que corrobora com valores encontrados por Menezes et al (2022) e Ribeiro et al (2022), respectivamente 7,4 e 9,3 mmol/dm³. Para Albrecht (2001), o sódio (Na) e Potássio (K) são elementos que têm maior poder salino, ou seja, excesso de sódio saliniza o solo, isso pode levá-lo a um processo de sodificação, considera-se ideal para um solo nutrido proporções que podem variar até 10 mmol/dm³. Já para os parâmetros Ca e Mg os valores mínimos desejáveis são de: 4,0 – 7,0 mmol/dm³ e 5,0 – 8,0 mmol/dm³ respectivamente, desta forma segundo as análises realizadas pode-se afirmar que

esses nutrientes se encontram dentro do desejável pela literatura, para adubos férteis.

Não foram encontrados valores para alumínio nas três leiras. A disponibilidade de alumínio no solo, está diretamente ligada à sua acidez trocável, quanto maior for o acúmulo deste no meio, mais tóxico é para as culturas em geral. O aumento quantidade de cátions (Al³⁺) torna o composto inviável para a adubação, este é considerado impróprio para o uso quando os teores de alumínio estão acima de 10 mmol/dm³ (OLIVEIRA, 2018).

A CTC está na faixa de 135,0 e 139,8 mmol/dm³, 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 de cátions corresponde à soma das cargas negativas nas partículas microscópicas do solo (fração argila, e matéria orgânica) retendo os cátions, tais como cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), potássio (K⁺), sódio (Na⁺), alumínio (Al³⁺) e hidrogênio (H⁺), (EMBRAPA, 1979) logo conhecer a CTC do solo é muito importante para entender a disposição e absorção dos nutrientes pelas raízes e assim elevar a produtividade das áreas agricultáveis.

A saturação por base (V%) encontrado está na faixa de 77,2 e 97,2 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. Pode – se afirmar que a saturação por bases é a proporção da capacidade de troca catiônica ocupada pelas bases. Solos com saturação por bases maiores que 70% indicam que não há necessidade de calagem. Segundo Sobral et al., (2015) Para a correção de solos, estes devem possuir saturação por base menor que 50%, pois possuem cargas ocupadas por componentes de acidez (H ou Al).

5 CONCLUSÃO

O processo de compostagem com resíduos orgânicos provenientes do restaurante escola e uso de biocatalisadores bovinos, equinos e caprinos demonstraram um bom desempenho, comparados aos dados da literatura. Os parâmetros de Matéria Orgânica; pH; Fósforo; Potássio; Cálcio; Magnésio; Sódio; Alumínio; CTC e Saturação por Base (V%) das leiras 1, 2 e 3 estavam de acordo com os valores base da literatura. Não foram encontrados valores para alumínio nas três leiras, o que corrobora com a qualidade do composto. A CTC encontrado está na faixa de 135,0 e 139,8 mmol/dm³ demonstrando uma boa disposição e absorção dos nutrientes pelas raízes e assim elevar a produtividade desse composto aplicado ao solo. A saturação por base encontrado está na faixa de 77,2 e 97,2 mmol/dm³ que condiz com valores encontrados na literatura e dispensa a necessidade de calagem. Logo o uso de biocatalisadores do tipo bovino, equino e caprino, beneficia no processo de reciclagem de dejetos de animais e resíduos orgânicos, gerando um composto de qualidade, além de poder ser aplicada em outras unidades escolares, além de contribuir para uma formação socioambiental dos alunos.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABRELPE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. (2022) **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022**. São Paulo: ABRELPE.

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.

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.

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

ALBRECHT B., BERSON C. (2001). **Effect of desiccation on compacted natural clays.** Journal Of Geotechnical And Geoenvironmental Engineering, Vol. 127, No. 1, pp. 67-75, January, 2001.

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.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana : **Programa Nacional Lixão Zero [recurso eletrônico]**/Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental, Departamento de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos, Coordenação-Geral de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos. – Brasília, DF: MMA, 2019.

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, 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.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 313 p.

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.

CASTRO, T. M. **Estudo da vulnerabilidade do solo de uma área agrícola do município de Paço do Lumiar - MA à contaminação por agrotóxicos.** TCC (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade CEUMA, São Luís, 2017.

CAVALCANTE JUNIOR, Luiz Francinílio. DA SILVA, Danillo Olegário Matos. GERMINO, Gabriela Fernandes de Souza. DE OLIVEIRA, Michel Gonçalves de Oliveira. COELHO, Gustavo Santos. SILVA, Davi José. **PREPARO E AVALIAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS NA PRODUÇÃO DE MASSA SECA DE SORGO.** Artigo Científico. Uberlândia/MG. 2010

CONCEIÇÃO, Jennifer Calazans da et al.. **GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UNIDADES DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO ESCOLARES MUNICIPAIS PÓS-PADEMIA** In: Anais do V Encontro Nacional de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional. Anais...Salvador(BA) UFBA, 2022. Disponível em:

<https://www.even3.com.br/anais/VEmpssan2022/484773-GERACAO-DE-RESIDUOS-SOLIDOS--EM-UNIDADES-DE-ALIMENTACAO-E-NUTRICAO-ESCOLARES-MUNICIPAIS-POS-PANDEMIA>. Acesso em: 07/08/202.

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.

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.

FERREIRA, A. G.; BORBA, S. S. N; WIZNIEWSKY, J. G. **A prática da compostagem para a adubação orgânica pelos agricultores familiares de Santa Rosa/RS**. Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM, v. 8, p. 307-317, 2013.

GARCIA, S. S. R.; SILVA, D. F.; MORAES, F. H. R.; GOMES, L. B.; RODRIGUES, E. H. C.; RIBEIRO, A. W. P.; GERUDE NETO, O. J. A. **Comparação de adubos orgânicos oriundos de diferentes tipos de compostagem**. 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.

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).

GOOGLE EARTH. Versão utilizada: 2023.

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.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malhas territoriais**. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>>. Acesso em: 22/05/2023.

KIEHL, E.J. **Preparo do composto na fazenda**. 2ª Ed. Brasília. Embrater. 1985. 14p.

KIEHL, Edmar José. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985.

KIEH, J.K. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. Piracicaba. 3ª Edição do Autor, 2002. 171p

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, E. J. **Novos fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Degaspari, 238p. 2010. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/A26F139DA39EB7D0832581250070568F/\\$FILE/Page3-4-30.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/A26F139DA39EB7D0832581250070568F/$FILE/Page3-4-30.pdf). Acesso em: 30 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: Gradus Editora. Bauru, São Paulo. 2022.

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.

MENEZES, Keily Dammily Costa De. **Análise do percentual de material fibroso no processo de compostagem, com a inclusão de lodo orgânico como biocatalisador de fonte bacteriana.** 2018 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade CEUMA, São Luís, 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos,** 2001.

NASCIMENTO S.M., FREITAS K.F.S. & SILVA M.V. 2014. **Produção e caracterização de silagens de resíduos de peixes comercializados no mercado público de Parnaíba- PI.** Enciclopédia Biosfera 10, 2458-2466.

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, F.N.S.; LIMA, H.J. M.; CAJAZEIRA, J.P. **Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos.** Embrapa Agroindústria Tropical, 2004.

OLIVEIRA, Aline Santos de. **A matéria orgânica na redução do efeito tóxico do alumínio.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

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.

PAVINATO, P.S. **Adubação em sistemas de culturas com milho em condições de sequeiro ou irrigado por aspersão.** 2004. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria.

PEIXOTO, Gionanni Terra. **COMPOSTAGEM DE LODO DE CURTUME COM PODA DE ÁRVORE, MARAVALHA E CINZA DE CALDEIRA EM DUAS CONDIÇÕES DE RELAÇÃO C/N INICIAL.**(Monografia). UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL. Londrina/PR. 2018

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. 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.

RIBEIRO, Alan Wesllen Pinto. **Utilização do método de compostagem como alternativa para o descarte de resíduo de alimentos industrializados.** TCC (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade CEUMA, São Luis, 2018.

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.

SILVA, Alice Sabrina Ferreira da. **Avaliação do processo de compostagem com diferentes proporções de resíduos de limpeza urbana e restos de alimentos.** Recife, 2016.

SILVA JUNIOR, E A. **Manual de Controle Higiênico-Sanitário em Serviços de Alimentação.** 6ª ed. São Paulo, 2002.

SILVA, E.C.F. **Produção de composto orgânico.** Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura. (Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à EAFMuz, como parte das exigências do Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura). Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, 2008.

TAVARES FILHO, João. **Física e conservação do solo e água.** Londrina: Eduel, 2016. 251.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. 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)

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: Gradus Editora. Bauru, São Paulo. 2022.