

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
ORGÂNICA

DISSERTAÇÃO

Produção e Avaliação Agronômica de Substratos Orgânicos para
Cultivo de Microverdes de Repolho Roxo (*Brassica oleracea* var.
***capitata* f. *rubra*)**

DIEGO GONÇALVES DE ANDRADE

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA

**Produção e Avaliação Agronômica de Substratos Orgânicos para
Cultivo de Microverdes de Repolho Roxo (*Brassica oleracea* var.
capitata f. *rubra*)**

DIEGO GONÇALVES DE ANDRADE

Sob a Orientação do Professor
José Antonio Azevedo Espindola. Dr. UFRRJ

e Co-orientação do Professor
Marco Antonio de Almeida Leal. Dr. UFRRJ

Dissertação submetida como requisito
parcial para obtenção do grau de **Mestre
em Agricultura Orgânica**, no Curso de
Pós-Graduação em Agricultura
Orgânica.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2024

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A 553p Andrade, Diego Gonçalves de, 1981-
 Produção e avaliação agronômica de substratos
 orgânicos para cultivo de microverdes de repolho roxo
 (Brassica oleracea var. capitata f. rubra) / Diego
 Gonçalves de Andrade. - Rio de Janeiro, 2024.
 60 f.

 Orientador: José Antonio Azevedo Espindola.
 Coorientador: Marco Antonio de Almeida Leal.
 Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal
 Rural do Rio de Janeiro, Program de Pós Graduação em
 Agricultura Orgânica, 2024.

 1. Composto Orgânico. 2. Microverdes. I. Espindola,
 José Antonio Azevedo , 1968-, orient. II. Leal, Marco
 Antonio de Almeida , 1966-, coorient. III
 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Program
 de Pós Graduação em Agricultura Orgânica. IV. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta dissertação, desde que seja citada a fonte

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

DIEGO GONÇALVES DE ANDRADE

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre**, no Programa de Pós Graduação em Agricultura Orgânica, área de concentração em Agricultura Orgânica.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 22/04/2024

José Antonio Azevedo Espindola
Dr. Embrapa
Orientador/Presidente da Banca

EDNALDO DA SILVA ARAÚJO
Dr. Embrapa

JHONATAN MARINS GOULART
Dr.



DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS Nº 9998/2024 - PPGAO (12.28.01.00.00.00.36)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 10/07/2024 14:09)

JOSÉ ANTONIO AZEVEDO ESPINDOLA

ASSINANTE EXTERNO

CPF: ###.###.757-##

(Assinado digitalmente em 11/07/2024 13:33)

JHONATAN MARINS GOULART

ASSINANTE EXTERNO

CPF: ###.###.347-##

(Assinado digitalmente em 12/07/2024 12:05)

EDNALDO DA SILVA ARAÚJO

ASSINANTE EXTERNO

CPF: ###.###.133-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/documentos/> informando seu número: 9998, ano: 2024, tipo: DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS, data de emissão: 10/07/2024 e o código de verificação: 054833c8e4

DEDICATÓRIA

Com demasiado carinho e olhos marejados, dedico esse trabalho a minha adocicada mãe Maria Angela Gonçalves Pereira, ao meu padrasto, pai e amigo de horas muitas Luiz Carlos Campos, a preciosa Luciana Baptista e aos meus dois maiores amores, minhas filhas Ayla Vianna de Andrade e Lis Vianna de Andrade.

Também dedico com gratidão a todos os agricultores e agricultoras desse País, que a duras penas não se cansam de não desistir.

AGRADECIMENTOS

AO PPGAO pela expansão de microcosmos, pela ativa preocupação por docência séria, crítica, dialética e humanizada, pelo descortinamento profissional e enquanto ser humano.

Ao meu orientador José Antonio Espindola, por seus incentivos e escuta atenciosa no tempo em que compartilhava seus conhecimentos sempre com paciência e seriedade.

A meu prestimoso co-orientador Marco Leal, que dedicou seu precioso tempo compartilhando seus imensuráveis conhecimentos com o abrilhantamento de um verdadeiro educador e mestre, minha gratidão única e profunda aglutinadas pelo respeito e admiração adquiridos.

A minha prestimosa, altíssima e sempre gentil Mãezoca Maria Angela Gonçalves Pereira, que sempre me incentivou e ao meu lado esteve em cada momento com demasiada delicadeza e doçura. Sem a senhora, seu amor maior que o cosmos e suas direcionadas palavras desejantes do que se faz reto, bom e justo, jamais teria chegado até aqui ou qualquer outro canto desse mundo abismo.

Ao meu padrasto, pai e amigo Luiz Carlos Campos (meu amado Campestre), por todo suporte, companheirismo e disponibilidade nas horas mais precisas. Sem você a vida seria mais árdua e muito menos divertida.

As minhas amadas filhas Ayla Vianna de Andrade e Lis Vianna de Andrade, por me tornarem um ser humano menos inconcluso no tempo que me demonstram o quanto amar verdadeiramente modifica tudo.

A Luciana Martins Acosta Baptista, por ter me incentivado e ajudado profundamente em muitos momentos e de diversas maneiras, sempre com generosidade e bondade.

Aos meus amigos de jornada da turma 12, que desde o início se abrigam no meu coração. Em especial ao irmão adquirido Jonathan, pessoa alta e de coração puro.

Aos professores do PPGAO, por seus conhecimentos dedicados com amor e encantamento. Em especial aos professores Ednaldo, Luiz, Zé Guilherme e Marco, que muito me inspiraram.

A minha coordenadora de curso, Anelise, por sua solicitude e gentileza materializadas em forma de competência e dedicação incansáveis. Além disso, por ter conseguido, junto à FAPERJ, apoio financeiro para a realização das análises laboratoriais.

RESUMO

ANDRADE, Diego Gonçalves de. **Produção e avaliação agronômica de substratos orgânicos para cultivo de microverdes de repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*)**. 2024. 46 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2024.

A compostagem é uma eficiente tecnologia para o reaproveitamento de resíduos orgânicos oriundos das atividades econômicas, podendo propiciar benefícios socioeconômicos e ambientais. Com o interesse crescente da população por estilos de vida mais saudáveis, produtos mais nutritivos e livres de contaminantes, os alimentos orgânicos têm sido muito procurados por esse perfil consumidor, com destaque para os microverdes. O objetivo desse trabalho é avaliar a eficiência agronômica de substratos formulados com composto orgânico, obtido por meio da combinação de resíduos de poda de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (GS) e serragem (S), em diferentes proporções com materiais base para o cultivo de microverdes. A produção do composto se deu em leira com dimensões de 2,0 x 1,2 x 0,9 m. Os substratos avaliados foram compostos obtidos pelas misturas dos materiais bases vermiculita (V), perlita (P) e turfa sphagnum (T) ao composto nas proporções de 25%, 50% e 75%, além de três tratamentos de referência, que constituíram em 100% composto (C), 100% substrato comercial Carolina Soil® (CS) e areia lavada (A). Foram avaliados o pH, a condutividade elétrica (CE), densidade de base seca, os teores totais de N, P, K, Ca, Mg e disponíveis de P, K, Ca, Mg, as emissões de CO₂ e NH₃ do composto e substratos, exceto da areia lavada que foi considerada inerte. O desempenho agronômico dos insumos produzidos foi avaliado através do cultivo de repolho roxo. Foram avaliados o peso fresco, peso seco e altura das plântulas, após 15 dias de cultivo. O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado com 12 tratamentos e 3 repetições. Os dados obtidos foram analisados através do teste de normalidade e variância. Para análise de agrupamento comparativa das médias foi utilizado o teste Scott-Knott a 5% de significância ($p \leq 0,05$). Constatou-se que o substrato formulado com composto puro é o mais indicado para cultivo de microverdes, devido ao melhor desempenho produtivo e por não requerer mistura com outros materiais.

Palavras-chave: Alimento saudável; *Brassica oleracea*; Composto.

ABSTRACT

ANDRADE, Diego Gonçalves de. **Agronomic production and evaluation of organic substrates for cultivation of purple cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) microgreens**. 2024. 46 p. Dissertation (Master's in Organic Agriculture). Institute of Agronomy, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2024.

Composting is an efficient technology for the reuse of organic waste from economic activities, offering socio-economic and environmental benefits. With the increasing interest of the population in healthier lifestyles, more nutritious and contaminant-free products, organic foods have been highly sought after by this consumer profile, particularly microgreens. The aim of this study is to evaluate the agronomic efficiency of substrates formulated with organic compost, obtained through the combination of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (GS) pruning residues and sawdust (S), in different proportions with base materials for microgreens cultivation. Composting was carried out in piles with dimensions of 2.0 x 1.2 x 0.9 m. The evaluated substrates consisted of mixtures of base materials vermiculite (V), perlite (P), and sphagnum peat (T) with compost at proportions of 25%, 50%, and 75%, in addition to three reference treatments, consisting of 100% compost (C), 100% commercial substrate Carolina Soil© (CS), and washed sand (A). pH, electrical conductivity (EC), dry bulk density, total contents of N, P, K, Ca, Mg, and available P, K, Ca, Mg, as well as CO₂ and NH₃ emissions from compost and substrates, except for washed sand which was considered inert, were evaluated. The agronomic performance of the produced inputs was assessed through the cultivation of purple cabbage. Fresh weight, dry weight, and seedling height were evaluated after 15 days of cultivation. The experiment was conducted in a completely randomized experimental design with 12 treatments and 3 replications. The obtained data were analyzed using tests for normality and variance. For comparative mean grouping analysis, the Scott-Knott test at a 5% significance level ($p \leq 0.05$). substrate obtained with pure compost is the most indicated for the cultivation of microgreens.

Keywords: Healthy food; *Brassica oleracea*; Compost.

LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

°C	Graus Célsius
µS/cm	Microsiemens por centímetro
C:N	Relação Carbono Nitrogênio
CE	Condutividade elétrica
CO ²	Dióxido de carbono
Comp.	Comprimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Há	Hectare
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRA Megalab	Instituto Brasileiro de Análises
kgm ⁻³	Kilograma por metro cúbico
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Mg	Milígrama
ml	Mililitro
NH ³	Amônia
OMS	Organização Mundial de Saúde
PFPA	Peso fresco parte aérea
pH	Potencial hidrogeniônico
PSPA	Peso seco parte aérea
T	Tonelada
T1 (75%C+25%V)	75% Composto sem peneirar + 25% Vermiculita Média
T2 (50%C+50%V)	50% Composto sem peneirar + 50% Vermiculita Média
T3 (25%C+75%V)	25% Composto sem peneirar + 75% Vermiculita Média
T4 (75%C+25%P)	75% Composto sem peneirar + 25% Vermiculita Média
T5 (50%C+50%P)	50% Composto sem peneirar + 50% Vermiculita Média
T6 (25%C+75%P)	25% Composto sem peneirar + 75% Vermiculita Média
T7 (75%C+25%T)	75% Composto sem peneirar + 25% Vermiculita Média
T8 (50%C+50%T)	50% Composto sem peneirar + 50% Vermiculita Média
T9 (25%C+75%T)	25% Composto sem peneirar + 75% Vermiculita Média
T10 (100%C)	100% Composto sem peneirar
T11 (substrato comercial)	100% Carolina Soil
T12 (100%A)	100% Areia lavada
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. (A) Microverdes visão geral. (B) Detalhe microverdes. Foto do autor, 2024	2
Figura 2. Leira de Compostagem. Foto do autor, 2024	4
Figura 3. Temperaturas atingidas na compostagem. Foto do autor, 2024	6
Figura 4. Foto Perlita usada no experimento. Foto do autor, 2024	10
Figura 5. Foto Vermiculita usada no experimento. Foto do autor, 2024	10
Figura 6. Foto Turfa Sphagnum usada no experimento. Foto do autor, 2024	11
Figura 7. (A) Imagem retirada do google maps, 2024. (B) Visão geral da área de cultivo. Foto do autor, 2024	13
Figura 8. Esquema das atividades realizadas na dissertação de Mestrado	13
Figura 9. Visão Geral da área principal da fazendinha agroecológica Km 47 em Seropédica, RJ. Foto retirada do site da UFRRJ, 2024	14
Figura 10. Dimensões da leira: 1,20 m de largura, 2 m de comprimento e 0,90 m de altura. Fonte: Google Imagens – adaptada, 2024	15
Figura 11: Estufa Agrícola onde foi realizado o experimento de compostagem. Foto do autor, 2024	15
Figura 12. Leira de compostagem. Foto do autor, 2024	15
Figura 13. Bancadas de Cultivos. Foto do autor, 2024	18
Figura 14. Semeadeira para sementes peletizadas de alface, fabricante Semeart. Foto do autor, 2024	19
Figura 15. Temperaturas observadas nas pilhas e no ambiente (Rio de Janeiro-RJ) durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem. Média de três repetições \pm erro padrão	20
Figura 16. Valores de pH observados durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem	22
Figura 17. Valores de condutividade elétrica observados durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem	23
Figura 18. Valores de densidade observados durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem	24
Figura 19. Emissões potenciais de CO ₂ observadas durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem	25
Figura 20. Emissões potenciais de NH ₃ observadas durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem	26
Figura 21. Teores de carbono (C) observados durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem	26
Figura 22. Teores de nitrogênio (N) observados durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem	27

Figura 23. Valores de relação C/N observados durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem	28
Figura 24. Teores de cálcio (Ca) densidade observados durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem	29
Figura 25. Teores de magnésio (Mg) densidade observados durante a compostagem da Mistura de gliricídia com serragem	29
Figura 26. Teores de potássio (K) observados durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem	30
Figura 27. Teores de fósforo (P) observados durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características observadas após 180 dias de incubação do composto da mistura de gliricídia com serragem	31
Tabela 2. Teores disponíveis de Ca, Mg, P e K dos substratos utilizados no experimento de produção de microverdes	32
Tabela 3. Teores Totais de Ca, Mg, P e K dos substratos utilizados no experimento de produção de microverdes	33
Tabela 4. Teores totais de C, de N e a relação C/N dos substratos utilizados no experimento de produção de microverde	34
Tabela 5. Emissões potenciais de CO ₂ e de NH ₃ observadas nos substratos utilizados no experimento de produção de microverdes	35
Tabela 6. Valores de densidade aparente, densidade da partícula, porosidade total, microporosidade, macroporosidade e capacidade de retenção de água (CRA) dos substratos utilizados nos experimentos com mudas	36
Tabela 7. Valores de peso fresco da parte aérea (PFPA), peso seco da parte aérea (PSPA) e comprimento do cotilédone (Comp.) de micorverdes de repolho roxo produzidos com diferentes substratos orgânicos, comerciais e inertes	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Microverdes.....	2
2.2 Compostagem	3
2.2.1 Premissas que afetam o processo de compostagem	5
2.3 <i>Gliricidia sepium</i> : Características gerais e importância no aporte de biomassa e disponibilização de nitrogênio para agricultura orgânica.....	7
2.4 Substratos	9
2.5 Repolho Roxo como microverdes	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Primeira Etapa – Produção e avaliação do composto.....	14
3.2 Segunda Etapa – Produção e avaliação dos substratos.....	16
3.3 Terceira Etapa - Avaliação do desempenho agrônômico dos substratos.....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 Características Físicas e Químicas do Composto Orgânico a Base de Gliricídia e Serragem	20
4.2 Características Físicas e Químicas dos Substratos Originados a Partir do Composto Orgânico a Base de Gliricídia e Serragem.....	31
4.3 Avaliação agrônômica dos substratos.....	367
5 CONCLUSÕES	39
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1 INTRODUÇÃO

O aumento crescente da preocupação quanto ao consumo de alimentos mais saudáveis, tem estimulado a procura pela população por produtos livres de contaminantes e produzidos com o uso de práticas mais amigáveis ao meio ambiente. Dentre estes, os alimentos orgânicos merecem destaque.

A produção de microverdes apresenta-se como uma alternativa para atendimento a esse novo perfil de consumidor, primordialmente pela facilidade de produção sem a necessidade de agrotóxicos e pelo aporte nutricional de vitaminas e sais minerais para a alimentação humana.

Microverdes são todos os grupos vegetais que possuem parte foliar comestível e podem ser ingeridos entre a eclosão dos cotilédones e o surgimento das primeiras folhas verdadeiras. Pertencem a famílias botânicas muito diversificadas, apresentando coloração e formato de folhas bem variados, aromas pronunciados, além de crescimento rápido e vigoroso quando cultivados em condições ideais e manejados adequadamente.

Embora o interesse por esses produtos seja crescente, no que se refere ao desenvolvimento e consolidação dessa forma de produção, ainda existem demandas tecnológicas quanto a processos agropecuários que favoreçam sua produção.

Dentre as diferentes demandas, destacam-se o desenvolvimento e a avaliação de substratos adequados à tecnologia produtiva de microverdes, principalmente por existir reduzido número de pesquisas dedicadas a avaliar o desempenho agrônômico desse insumo na produção de microverdes.

Por sua vez, esses substratos devem ser capazes de fornecer os recursos necessários para a produção comercial desses vegetais, bem como estarem em conformidade com as regulamentações dos produtos orgânicos, além de serem economicamente atrativos em comparação aos produtos industrializados disponíveis no mercado. Diante do exposto, as hipóteses científicas dessa dissertação foram:

- A compostagem de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. com serragem de madeiras não tratadas promove substrato eficiente para o cultivo de microverdes de repolho roxo.
- A mistura do composto de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. com serragem de madeiras não tratadas a diferentes proporções de matérias bases, como vermiculita, perlita e turfa sphagnum, promovem o desenvolvimento de microverde de repolho roxo.

Considerando esses aspectos, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo de substratos orgânicos produzidos a base de gliricídia com serragem e materiais bases disponíveis no mercado agrícola.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Microverdes

Microverdes são plântulas produzidas a partir de diferentes espécies, quando as folhas cotiledonares estão plenamente desenvolvidas (ZANINI et al., 2020) (Figura 1). São alimentos colhidos entre 7 e 21 dias após a semeadura, com ou sem a presença das primeiras folhas verdadeiras e que se encontram tenros no ato da colheita quando prontas para o consumo. Sua parte consumível é constituída pelo hipocótilo, cotilédones e, frequentemente, pelas primeiras folhas, podendo quando comestível, ter os tegumentos das sementes presas ao cotilédone (DI GOIA et al., 2019).



Figura 1. (A) Microverdes visão geral. (B) Detalhe microverdes. Foto do autor, 2024.

O termo microverde surgiu na década de 1980 em São Francisco, Estados Unidos da América, como ingredientes de alto valor para restaurantes sofisticados, ganhando desde então popularidade mundial (ORLANDO et al., 2017).

Os microverdes diferenciam-se dos brotos, que são caracterizados como sementes germinadas sem a presença de folhas (ZHANG, 2020), bem como por serem cultivados em

substratos, em ambientes com luz e por um período um pouco mais extenso. A produção de microverdes apresenta certas vantagens agroeconômicas quando comparadas a outras formas de produção, por ter o ciclo de vida curto, com possibilidade de cultivo durante todo ano em ambientes controlados ou externo parcialmente controlado e alto potencial de rentabilidade para os produtores.

Do ponto de vista nutricional, estudos realizados por Goora et al. (2020), identificaram que os microverdes são moderadas fontes de boas proteínas, fibra alimentar e nutrientes essenciais, além de excelentes fontes de ácido ascórbico, vitamina E e betacaroteno (provitamina A), atingindo níveis satisfatórios de vitaminas.

Embora 80 a 100 espécies de plantas possam ser cultivadas como microverdes, as espécies mais estudadas são da família Brassicaceae. Xiao et al. (2012) destaca que os membros da família Brassicaceae são os mais comumente utilizados, sendo seguidos das famílias Apiaceae, Fabaceae e Amaranthaceae.

Do ponto de vista agroeconômico, a produção de microverdes apresenta como vantagens o ciclo de cultivo curto, a possibilidade de produção durante todo o ano e a facilidade de cultivo que pode ser ajustada para produção em ambiente interno, em condições controlada, ou externo parcialmente controlado, sendo em ambas as condições com alto potencial de retorno e lucratividade para produtores.

2.2 Compostagem

Segundo Fialho et al. (2010), a compostagem é um processo exotérmico aeróbico em que resíduos orgânicos de diferentes origens são transformados em materiais relativamente estáveis. Ainda para outros autores, consiste em um processo aeróbico controlado, promovido pela ação de colônias mistas de microrganismos, realizado em duas fases distintas: uma bioquímica, de oxidação mais intensa e predominantemente termófila e outra onde ocorre a fase de maturação, tendo como consequência a ocorrência do processo de humificação (PEREIRA NETO et al., 1987) (Figura 2).



Figura 2. Leira de Compostagem. Foto do autor, 2024.

Em complemento, Kiehl (1985), aponta que o processo ocorre em dois estágios: no primeiro, denominado digestão, corresponde a fase inicial da fermentação, na qual o material alcança o estágio de bioestabilização e a decomposição ainda não se completou; no segundo, denominado maturação, corresponde à etapa mais longa do processo na qual a massa em fermentação atinge a humificação, estado em que o composto apresenta melhores condições como melhorador de solo e fertilizante.

Durante a compostagem, Silva et al. (2009) destaca a ocorrência de diversas transformações de natureza bioquímica, sendo as mesmas atribuídas à atividade dos microrganismos, que encontram na matéria orgânica in natura uma fonte de carbono, energia, minerais e nutrientes. Observa-se também, que nessa etapa, a massa em fermentação atinge humificação, apresentando características que a classificam como condicionadores de solo e fertilizantes orgânicos (SANCHES et al., 2006).

Para a Instrução Normativa nº 52 de março de 2021, que estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção e as Listas de substâncias e práticas para o uso nos Sistemas Orgânicos de Produção, a compostagem possui como definição:

“Compostagem: processo de decomposição onde microrganismos agindo em condições adequadas de temperatura e umidade, transformam a matéria orgânica de origem animal ou vegetal e suas misturas em fertilizante natural para o solo, ao mesmo tempo em que reduz a presença de agentes patogênicos e sementes de invasoras eventualmente presentes na matéria-prima, podendo ser enriquecido

com minerais ou agentes capazes de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas, autorizadas neste Regulamento Técnico” (BRASIL, 2021).

Orrico Júnior et al. (2010) recomenda que, independentemente do material utilizado como substrato para o processo de compostagem, é necessário promover a elevação da temperatura no interior da leira para no mínimo 55° C, mantendo-a nesta faixa minimamente por 3 dias consecutivos para que o número de patógenos atinja níveis aceitáveis, permitindo sua utilização de forma segura. Dessa forma, Wangen; Freitas (2010), ressaltam que a escolha do local para compostagem deve considerar a ocorrência de sol e sombra, para que a umidade não sofra grandes oscilações, atrapalhando o processo de compostagem e requerendo maior emprego de mão de obra.

No que tange à sua utilidade, a compostagem de resíduos orgânicos pode contribuir especialmente para a agricultura de menor porte, proporcionando diversos benefícios sociais e fortalecendo ainda a agricultura familiar (ARAÚJO, 2020). Por fim, Leal et al. (2013), aponta que a compostagem de resíduos, subprodutos e outros materiais orgânicos, é um processo que pode atender à crescente demanda por fertilizantes orgânicos e por isso se torna uma estratégia importante no aporte de nutrientes e melhoria das propriedades físico-químicas e biológicas do solo e substratos.

2.2.1 Premissas que afetam o processo de compostagem

O processo de compostagem geralmente requer a mistura de materiais com elevadas relações C:N, como palhadas diversas e serragem, com materiais ricos em N. Essa relação é um fator que afeta a compostagem, sendo a escolha de materiais com relação C:N adequada muito importante (LEAL et al., 2013).

Para Pace et al. (1995), insumos com relação C:N inferiores a 20:1 tem o carbono utilizado sem estabilizar o nitrogênio, ocasionando perdas do elemento por volatilização na forma de amônia e óxido nitroso e liberação perceptível de odores desagradáveis. Em contrapartida, relações superiores a 40:1 tornam o processo de compostagem muito lento devida a baixa disponibilidade de nitrogênio para utilização metabólica dos microrganismos. Por esta razão, autores como Cooper et al. (2010), apontam que relações entre 25:1 e 30:1 seriam ideais por permitirem maior facilidade de transformação dos materiais pelos organismos.

Outro fator relevante para que o processo de compostagem ocorra adequadamente é a observação da granulometria, pois ela determinará a efetividade com que os microrganismos poderão ter acesso ao material para transformá-lo. De acordo com Holmer (2002), partículas pequenas propiciam maior superfície de contato e, concomitante, elevação da atividade microbiológica. No entanto, partículas demasiado pequenas atrapalham o processo, ocasionando compactação e diminuição da aeração da leira, diminuindo significativamente a atividade microbiológica dos organismos aeróbicos. Cordeiro (2010), indica que as dimensões ótimas das partículas para utilização na compostagem não devem ultrapassar 3,0 cm de diâmetro.

No que tange à temperatura, Inácio; Miller (2009), apontam ser o fator mais importante para o equilíbrio biológico, por demonstrar a eficiência do processo, controlar a proliferação de ervas espontâneas e microrganismos patogênicos. Na compostagem, a temperatura apresenta três fases bem definidas, descritas por Pereira Neto (2007), como fase termófila onde são atingidas temperaturas que variam de 45 °C a 65 °C, mesófila com variações de 30 °C à 45 °C e criófila que compreende a temperatura da leira próxima à temperatura do ambiente. Segundo Russo (2003), temperaturas acima de 70 °C são prejudiciais quando ocorrem por longos períodos, pois limitam o número de microrganismos que conseguem sobreviver, podendo também impedir ações enzimáticas e retardar a atividade microbiológica, o que consequentemente retarda o processo de compostagem. Por outro lado, temperaturas da massa de compostagem sempre abaixo de 55°C podem ocasionar controle inadequado de sementes de plantas espontâneas, ovos de parasitas e microrganismos patogênicos (KIEHL, 2012; MATOS, 2014) (Figura 3).

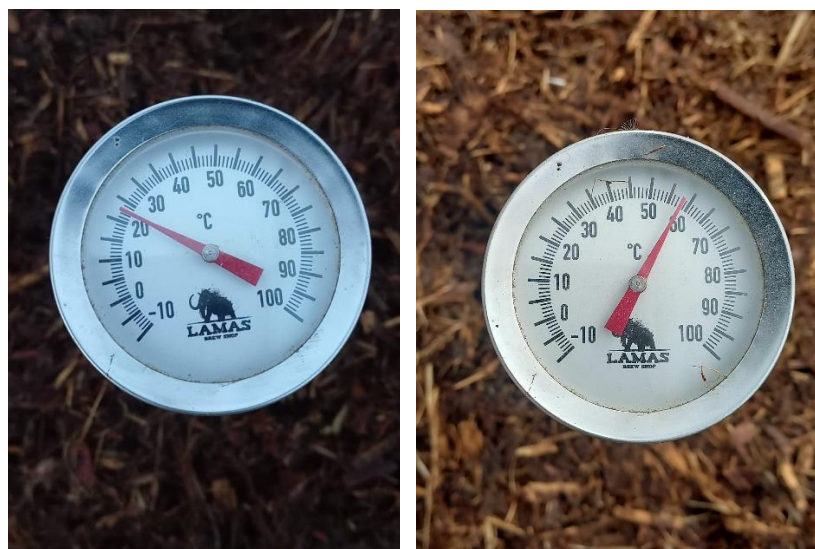


Figura 3. Temperaturas atingidas na compostagem. Foto do autor, 2024.

Por ser um processo aeróbico, outro fator significativo é a aeração. Essa, por sua vez, consiste na manutenção dos teores de oxigênio disponível na faixa de 5 a 15 %, conforme Sweeten; Auvermann (2008), podendo se dar através do revolvimento da leira de forma manual ou mecanizada. Seyedbagheri (2010), destaca que em condições de anaerobiose, os microrganismos benéficos são substituídos por outros indesejáveis e ocorrerá a fermentação anaeróbica, ocasionando produção de subprodutos indesejáveis que possuem odor forte como o metano, o amoníaco e o sulfeto de hidrogênio. A quantidade de oxigenação indicada na literatura pode variar de 0,6 a 1,8 m³ de ar/kg de sólidos voláteis conforme indicado por McKinney (1962).

Por fim, destaca-se o papel da umidade e sua importância na competição que estabelece com o oxigênio, devido ao preenchimento dos espaços vazios da leira. Em valores acima de 65% de umidade, são estimulados ambientes anaeróbicos e naqueles inferiores a 40%, pode ocorrer inibição parcial ou total das atividades microbiológicas, devido à umidade influenciar nos processos metabólicos (SOUZA; ALCÂNTARA, 2008).

2.3 *Gliricidia sepium*: Características gerais e importância no aporte de biomassa e disponibilização de nitrogênio para agricultura orgânica

A gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) (Gs) é uma leguminosa arbórea que pertence à família das fabáceas e provavelmente tem sua origem na América Central. Tem por característica ciclo de vida perene, raízes profundas de até 15 metros, diâmetros de caule que podem chegar a 4 cm, sendo considerada uma cultura persistente por alcançar água e nutrientes em camadas profundas do solo (CUERVO-JIMÉNEZ et al., 2013). Isto a torna eficiente no resgate de nutrientes lixiviados, sendo sua implementação uma boa estratégia para a ciclagem de nutrientes, em especial na agricultura orgânica.

É uma planta que aceita várias podas e possui alta capacidade de rebrota, sendo muito importante na produção de biomassa vegetal para aporte ao solo, podendo também ser disponibilizada para alimentação animal, o que lhe concede múltiplas finalidades (GOMÉZ et al., 2002; EDVAN et al., 2016).

Suas inflorescências são do tipo cacho ou racemo, cálice gamossépalo, pétalas com cor lilás-rósea ou branca, com a porção central de estandarte em tom creme, que pode funcionar como guia de néctar (HUGHES, 1987). Possuem flores zigomorfas com antese diurna, cores vistosas, plataforma de pouso e néctar abrigado na base da corola, sendo caracterizada como

uma espécie melitófila (FAEGRI e PIJL, 1980). Suas flores costumam ser muito visitadas pelo gênero *Apis*.

Já as folhas, são compostas com a presença de pecíolos que medem de 15 a 25 cm e folíolos opostos com comprimento médio de 4 a 6 cm em quantidades que variam de 3 a 17 folíolos (COSTA et al., 2009).

No Brasil, foi introduzida na década de 1970 para sombrear plantações de cacau e mais tarde, na região Nordeste do país, para servir de alimento para animais, onde aclimatou-se muito bem pelas características edafoclimáticas (ANDRADE et al., 2015).

Por possuir propagação fácil por meio de sementes e estacas, tem por característica apresentar melhor desenvolvimento em climas quentes e úmidos, tendo seu crescimento limitado quando estabelecida em condições climáticas diferentes das encontradas em regiões com características tropicais (ANDRADE et al., 2015). Pode ser encontrada em altitudes que vão desde o nível do mar até 1.500 metros, apresentando um bom crescimento em regiões com 1.500 a 2.300 mm de precipitação ao ano e em altitude de até 700 m, com temperaturas anuais entre 22 e 28°C, temperaturas máximas entre 34 e 41°C e mínimas variando entre 14 e 20°C (WEBB et al., 1984).

Conserva grande importância para agricultura por sua capacidade de aportar nitrogênio e incorporar matéria orgânica em abundância devido sua grande produção de biomassa. Esse aporte é possível pela capacidade dessa leguminosa formar associação simbiótica com rizóbios de fixação de N, conferindo a espécie alto potencial de acumulação deste nutriente em sua biomassa (KINKEMA et al., 2006). Isto contribui de maneira significativa para o fornecimento de N para outras culturas, podendo levar à autossuficiência dos agroecossistemas em relação a esse elemento (ESPINDOLA et al., 1996). Schroth; Lehmann (1995), reiteram sua alta capacidade em produzir biomassa.

Contudo, cabe destacar que algumas características são requeridas para o sucesso na escolha das espécies para uso de leguminosas na produção de adubos verdes, como fácil estabelecimento no campo, crescimento rápido, tolerância ao corte, alta capacidade de rebrota, alta produção de biomassa, potencial de fixação de N e fácil decomposição (ESPINDOLA et al., 1996).

2. Substratos

De acordo com o Artigo 1º da Instrução Normativa N° 19, de 22 de junho de 2018 (BRASIL, 2018), substrato é o produto constituído de material orgânico ou inorgânico, natural ou sintético, bem como a mistura destes, utilizado para crescimento e enraizamento de plantas, assim como para acondicionamento, sustentação ou proteção física destas durante o transporte.

Substratos para produção de mudas de hortaliças representam um dos principais insumos da cadeia produtiva da olericultura, e suas propriedades físico-químicas e biológicas determinarão a qualidade final das mudas (ANTUNES et al., 2019).

Dentre os fatores que devem ser levados em consideração para escolha de um bom substrato, Gomes et al. (2008), destacam a homogeneidade, densidade, porosidade, capacidade de retenção de água, capacidade de troca catiônica, isenção de organismos patogênicos e de sementes indesejáveis, bem como abundância, viabilidade econômica e capacidade de agregação das suas partículas às raízes, como critérios determinantes para avaliação desse insumo para produção de mudas. Por sua vez, Fermino (2014) destaca que as seguintes características físico-químicas devem ser observadas nos substratos: porosidade total, espaço de aeração e disponibilidade de água, valor de pH, condutividade elétrica, capacidade de troca catiônica e teor de nutrientes.

Materiais existentes na propriedade ou na região, que tenham reconhecida qualidade e adequação à produção orgânica (isentos de minerais ou outras substâncias em concentrações fitotóxicas, bem como de fitopatógenos, de pragas e de sementes ou estruturas de plantas indesejáveis), representam uma alternativa adequada para diminuir o custo e facilitar a produção dos substratos com qualidade desejável (SEDIYAMA et al., 2014).

Dessa forma, a busca por insumos que venham compor um substrato deve levar em consideração todos esses quesitos supracitados para obtenção de bons resultados. Dentre os insumos comumente utilizados, encontram-se materiais como perlita, vermiculita e turfa sphagnum.

Segundo Ghassabzadeh et al. (2010), perlita (Figura 4) é um mineral de origem vulcânica que possui a coloração branca e tem em sua composição o silicato de alumínio hidratado. Não é produzido com adição de produtos químicos sintéticos, não forma subproduto e não requer minimização na geração de resíduos (PERLITE INSTITUTE, 2014). Na agricultura, sua principal utilização é como condicionador de solo e em misturas na formação de substrato para melhorar a aeração.



Figura 4. Foto Perlita usada no experimento. Foto do autor, 2024.

Com relação à vermiculita (Figura 5), é possível afirmar que é um produto inerte, composto por aluminossilicato hidratado com ferro e magnésio e que faz parte dos filossilicatos obtidos através de processos metamórficos, magmáticos, hidrotermais, diagenéticos e intempéricos, conforme descrito em UNESP (2019). Por possuir grande potencial para composição de substrato, é muito utilizada na composição de fertilizantes, na preparação de solos e para condicionamento de solos ácidos na agricultura (ALVES et al., 2012). Pode também ser utilizada para deixar solos mais leves, além de auxiliar na retenção de água.



Figura 5. Foto Vermiculita usada no experimento. Foto do autor, 2024.

Já a Turfa Sphagnum (Figura 6), é descrita como uma substância fóssil organo-mineral encontrada em áreas alagadiças, que possuem consistência branda quando molhada, tenaz quando seca, de coloração variável, entre o cinza e o preto devido à presença de humina (PINTO, 2003). Por possuir grande quantidade de matéria orgânica, geralmente seu pH varia de 3,6 a 7,0 (KIEHL, 1985). Na agricultura, costuma ser utilizada como condicionador de solo, biofertilizante, substratos de mudas ou aplicação “in natura” no solo (PINTO, 2003).



Figura 6. Foto Turfa Sphagnum usada no experimento. Foto do autor, 2024.

Leal (2007) denota que a utilização de substratos formulados com compostos orgânicos, em substituição aos substratos comerciais, diminui a dependência dos produtores por insumos externos, além da escolha por substratos alternativos reduzir os custos produtivos.

Dessa forma, a produção e utilização de substratos de boa qualidade representa uma opção de uso para pequenos viveiristas, por conta de lhes proporcionar menores gastos na produção de mudas e reduzir o preço de venda, além de atenuar os efeitos da poluição ao meio ambiente.

2.4 Repolho Roxo como microverdes

Repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*), é pertencente à família Brassicaceae e possui grande importância na dieta humana, sendo fonte de vitaminas, cálcio,

ferro, proteínas (CARVALHO; NAKAGWA, 2000; CARVALHO E CLEMENTE, 2004) e magnésio (KRAUSE; MAHAN, 1991).

O repolho é uma cultura bienal, cultivada como anual, exigindo temperaturas amenas ou frias, apresentando notável tolerância a geadas. Sob temperaturas baixas, há a emissão do pendão floral. Já temperaturas elevadas ocasionam a formação de cabeças pouco compactas, ou a total ausência de cabeças, nas cultivares de outono-inverno.

Segundo Filgueira (2002), o melhor desenvolvimento vegetativo ocorre entre a faixa de temperatura de 15-20°C. Cada 100 gramas de repolho possuem em média 14,1 gramas de sódio, 0,8 miligrama de ferro, 29 miligramas de cálcio, 1,8 gramas de proteína, 0,1 grama de gordura, além de vitamina A (TIWARI et al. 2003).

Possui sistema radicular que pode ultrapassar profundidades superiores a 1,50 m, mas que mantém sua maior biomassa radicular em profundidades concentradas entre 20 e 30 cm do solo. Também possui folhas superpostas, cabeça compacta globular, globular cônica ou globular achatada, podendo ter tons de cores que vão do roxo ao verde-claro (FILGUEIRA, 2012).

As variedades de *B. oleracea* foram adaptadas ao longo do tempo para temperaturas mais elevadas, ampliando os períodos de cultivo e colheita (FILGUEIRA, 2012), mas são todas originárias de clima mais ameno e de uma mesma variedade de couve (*B. oleracea* var. *silvestres*) conforme descrito por DRAGHICI et al. (2013).

Dentre as muitas espécies de microverdes produzidos e consumidos, segundo experiência do autor, o repolho roxo possui grande aceitação e procura. Tanto por ser muito atrativo, devido à coloração dos seus cotilédones, quanto pelo sabor menos pronunciado quando comparado a maioria dos microverdes que possuem palatabilidade mais marcante.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no período de março a outubro de 2023 em estufa agrícola localizada no bairro de Santa Cruz – RJ (Figura 7), nas coordenadas -22.88706, -43.6701 e uma etapa analítica realizada em escritório. A propriedade, segundo a classificação de Koppen, está inserida no tipo de clima Aw, possuindo precipitação na faixa de 1.001 a 1.200 mm, insolação na faixa entre 1.800 h e 2.000 h por ano e temperaturas médias anuais que variam entre 22°C e 24°C.

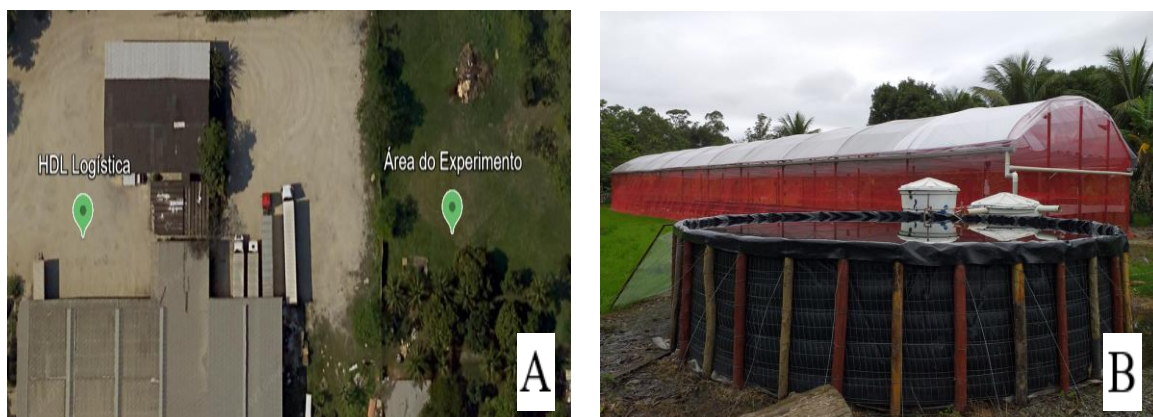


Figura 7. (A) Imagem retirada do google maps, 2024. (B) Visão geral da área de cultivo. Foto do autor, 2024.

O estudo foi dividido em três etapas, conforme apresentado na figura 8.

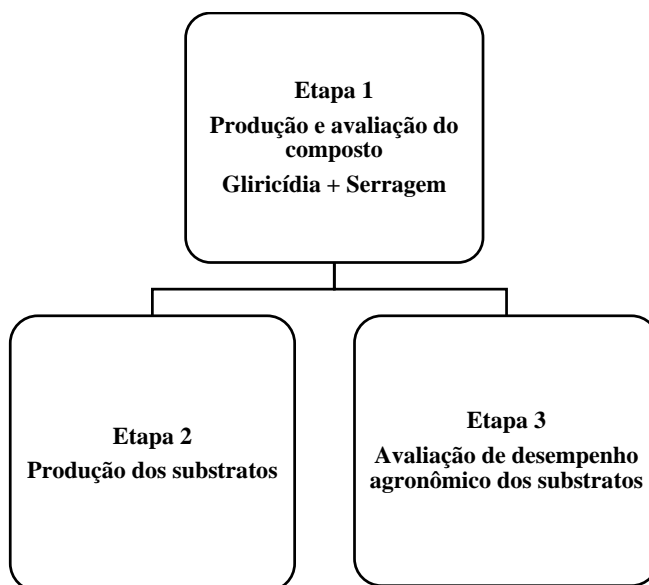


Figura 8. Esquema das atividades realizadas na dissertação de Mestrado.

3.1 Primeira Etapa – Produção e avaliação do composto

Etapa foi iniciada no dia 05 de março de 2023 e finalizada aos 180 dias pós início da compostagem. As matérias-primas empregadas no processo de compostagem foram podas de glirícidia (*Gliricidia sepium*) obtidas de árvores com idade média de quatro anos cultivadas na Fazendinha Agroecológica (Figura 9) e serragem de madeiras não tratadas compradas na madeireira Zona Oeste, localizada no bairro de Santa Cruz.



Figura 9. Visão Geral da área principal da Fazendinha Agroecológica Km 47 em Seropédica, RJ. Fonte: UFRRJ, 2024.

Foi avaliado a proporção de 1000 litros de folhas e ramos finos triturados de glirícidias oriundos de rebrotes ocorridos três meses após a poda anterior, com a mistura de 530 litros de serragem não tratadas constituídas de pequenas lascas e pó.

As proporções dos materiais utilizados foram calculadas utilizando a planilha Compost Calc Excel v 2.8p, com o intuito de se obter uma relação C:N próxima de 30, levando em consideração a densidade seca dos materiais que respectivamente apresentaram os valores de 115,3 e 118,6 kg m⁻³. O tratamento foi constituído por uma leira com dimensões de 1,20 m de largura, 2,00 m de comprimento e 0,90 m de altura, totalizando aproximadamente 1,53 m³ conforme esquematizado na figura 10.

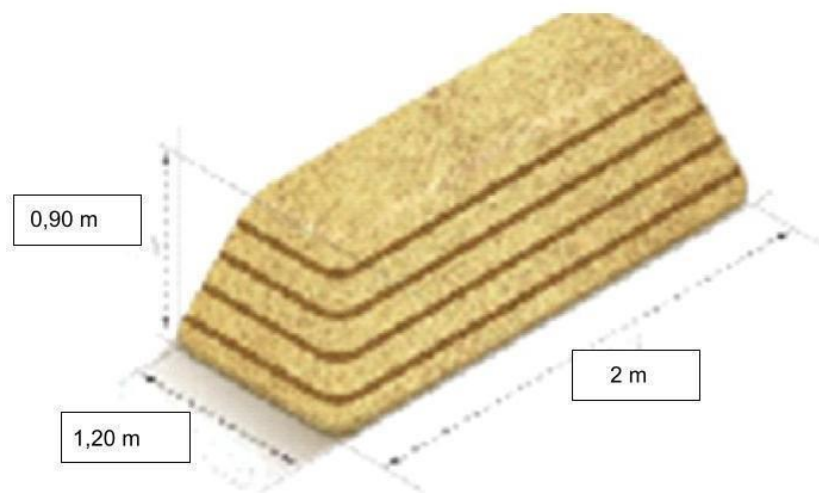


Figura 10. Dimensões da leira: 1,20 m de largura, 2 m de comprimento e 0,90 m de altura.
Fonte: Google Imagens – adaptada, 2024.

A leira foi produzida sobre lona plástica para evitar contaminação e conduzida protegida da chuva dentro da casa de vegetação agrícola conforme ilustrados nas figuras 11 e 12.



Figura 11. Estufa Agrícola onde foi realizado o experimento de compostagem. Foto do autor, 2024.

A leira foi revirada e irrigada aos 0, 30, 60 e 90 dias, visando uniformização da mistura, homogeneização da temperatura e manutenção da umidade. A temperatura da leira foi monitorada após dois dias de cada revirada com termômetro analógico de metal, tendo por objetivo monitorar seu andamento durante todo o processo e fazer intervenção caso necessário. Foi obtido ao final do processo em torno de $0,75\text{m}^3$ de composto.



Figura 12. Leira de compostagem. Foto do autor, 2024.

As amostras do composto foram coletadas a 0 (momento de montagem da leira), 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após a montagem da leira. Para coleta dos materiais, foi dividida a leira em três posições a partir do centro, entre o comprimento e largura. Foram feitos três orifícios em cada ponto e coletado os materiais de forma manual desde o topo até a base da leira, gerando três amostras simples. As amostras simples foram depositadas em balde com volume de 20 L previamente higienizado, homogeneizadas e coletadas gerando uma amostra composta.

Os materiais coletados foram acondicionados em potes plásticos de 500 ml e armazenados no freezer para processamento posterior. Foram determinados em todos os materiais o pH e a condutividade elétrica conforme método descrito por Brasil (2010), a porosidade total, macroporosidade e microporosidade conforme metodologia descrita pela Embrapa (1997), a densidade conforme metodologia descrita por Brasil (2010), o peso seco, a massa e volume da leira conforme metodologia proposta por Leal (Prelo), os teores químicos disponíveis de C, P, K Ca e Mg, conforme método descrito por Silva (2009) e as emissões de CO₂ e de NH₃, conforme metodologia descrita por Leal (2020). Para determinar os teores químicos totais de C, N, P, K Ca e Mg, amostras foram enviadas ao laboratório IBRA Megalab em São Paulo. Este laboratório adota os métodos de análise recomendados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Não houve peneiramento do composto pronto.

3.2 Segunda Etapa – Produção e avaliação dos substratos

Para produção dos substratos, foram misturados ao composto pronto vermiculita (V), perlita (P) e turfa sphagnum (T), nas proporções de 25%, 50% e 75%, gerando três formulações

finais com três proporções cada. Dessa forma, os tratamentos consistiram de 3 formulações dos substratos produzidos com três níveis de proporções, mais 3 tratamentos constituídos de 100% composto (C), 100% substrato comercial Carolina Soil® (CS) e 100% de areia lavada (A), cada um também com 3 repetições. As bandejas utilizadas no cultivo do repolho roxo são constituídas de material poliestireno leve com dimensões internas de 47,5cm x 30cm x 3cm. Foi utilizado 1320 ml de insumo em cada bandeja através da mensuração prévia com proveta plástica de 500ml.

Foram coletadas amostras de todos os tratamentos para realização posterior das análises físico-químicas dos materiais conforme descrição realizada na primeira etapa.

3.3 Terceira Etapa - Avaliação do desempenho agronômico dos substratos

Após o término da compostagem e produção dos substratos, avaliou-se o desempenho agronômico dos mesmos com a produção de microverdes pertencente a família botânica Brassicaceae, representada pela espécie *Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra* (Repolho Roxo).

O experimento foi conduzido em casa de vegetação que possui como cobertura tela filme polietileno difusor 150 micras, tela de redução de temperatura e sombreamento aluminet 50% na parte superior e tela Leno vermelho 20% nas laterais. Foram avaliados 12 tratamentos, constituídos por 75% de composto sem peneirar + 25% de vermiculita média (T1), 50% de composto sem peneirar + 50% de vermiculita média (T2), 25% de composto sem peneirar + 75% de vermiculita média (T3), 75% de composto sem peneirar + 25% de perlita média (T4), 50% de composto sem peneirar + 50% de perlita média (T5), 25% de composto sem peneirar + 75% de perlita média (T6), 75% de composto sem peneirar + 25% de turfa sphagnum (T7), 50% de composto sem peneirar + 50% de turfa sphagnum (T8), 25% de composto sem peneirar + 75% de turfa sphagnum (T9), 100% de composto (T10), 100% substrato comercial carolina soil (T11), 100% areia lavada (T12).

Para composição dos tratamentos, foram adicionados com o uso de proveta o volume de 1320 ml dos insumos a priori citados em cada bandeja, sendo imediatamente feita a semeadura e posterior transporte para armazenamento dentro de caixas de isopor simulando câmara escura; a germinação se deu em temperatura ambiente. A transferência para mesa de cultivo apresentado na figura 14, se deu após 4 dias, tempo de alongamento dos hipocótilos cerca de 2,5 cm na maioria dos tratamentos. A irrigação na mesa de cultivo foi realizada por

inundação, sendo controlada por timer analógico que ligava 15 minutos as 6, 12 e 18 horas (Figura 13).

Foram empregadas três repetições em cada tratamento, utilizando bandejas plásticas de 475 x 300 x 30 mm, com volume total de 0,0043 m³ por bandeja. Em cada bandeja foram semeados 14g de sementes nuas e sem tratamento de Repolho Roxo, cultivar "Krishna". Para semeadura foi utilizado semeadeira de mola T1 da Semeart (figura 14), projetada para sementes peletizadas. Para minimizar as influências locais, as bandejas foram movidas aleatoriamente uma vez por dia após o transporte para as bancadas de cultivo, durante todo o período experimental.

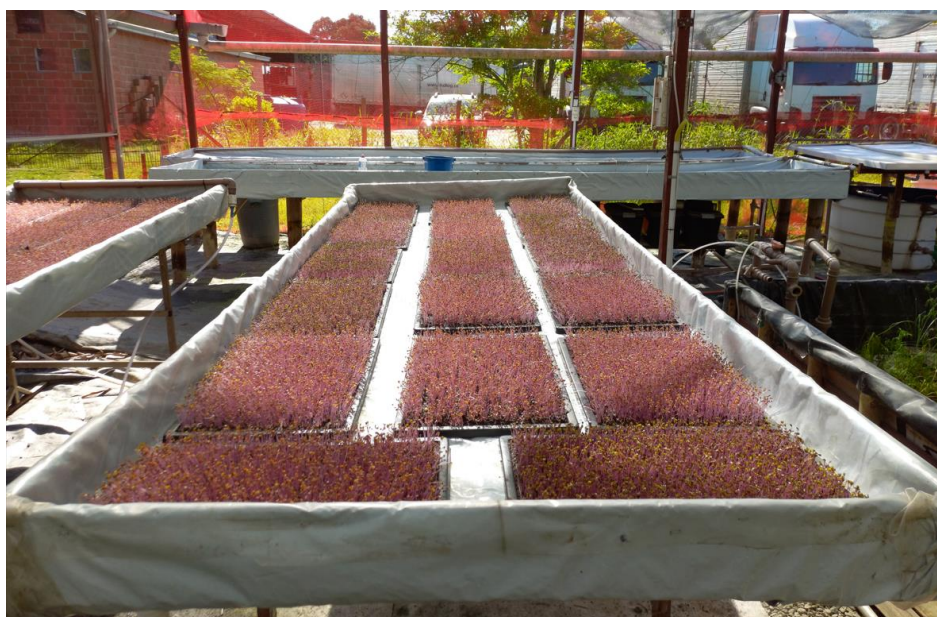


Figura 13. Bancadas de Cultivos. Foto do autor, 2024.

A avaliação dos microverdes de repolhos roxos em todas as repetições dos tratamentos ocorreu 15 dias após a semeadura. Nesse período, coletou-se 30 plântulas de cada bandeja de forma estocástica. As plântulas coletadas foram medidas quanto ao comprimento utilizando régua milimétrica. Foram mensurados o comprimento total compreendido entre o coleto e o ápice dos cotilédones. Além disso, os microverdes de todas as bandejas foram cortados para a determinação imediata do peso fresco, utilizando-se balança com precisão de uma casa decimal. Em seguida, os materiais foram armazenados em sacolas de papel com peso conhecido e transportados ao laboratório da Embrapa para determinação do peso seco da parte aérea (PSPA). Esse procedimento foi realizado em uma estufa de circulação de ar com temperatura fixa de 65°C.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado com 12 tratamentos e 3 repetições. Os dados obtidos foram analisados através do teste de normalidade e variância. Para análise de agrupamento comparativa das médias foi utilizado o teste Scott-Knott a 5% de significância ($p \leq 0,05$).



Figura 14. Semeadeira para sementes peletizadas de alface, fabricante Semeart. Foto do autor, 2024.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características Físicas e Químicas do Composto Orgânico a Base de Gliricídia e Serragem

Conforme resultados apresentados na figura 15, as variações de temperatura ao longo do processo de compostagem apresentaram o maior valor de temperatura na leira, média de 53°, no terceiro dia após início do experimento; tempo de realização da segunda medição de temperatura e início da fase termófila. A partir dessa data observa-se declínio gradual da temperatura e entrada na fase mesófila, ocorrendo uma primeira estabilização da temperatura na média de 40° entre os dias 30 e 60 e uma estabilização final na média de 23°C que se estende a partir de 90 dias, tempo em que se aproxima da temperatura ambiente, mantendo-se dessa forma até o momento de utilização do composto ocorrido aos 180 dias.

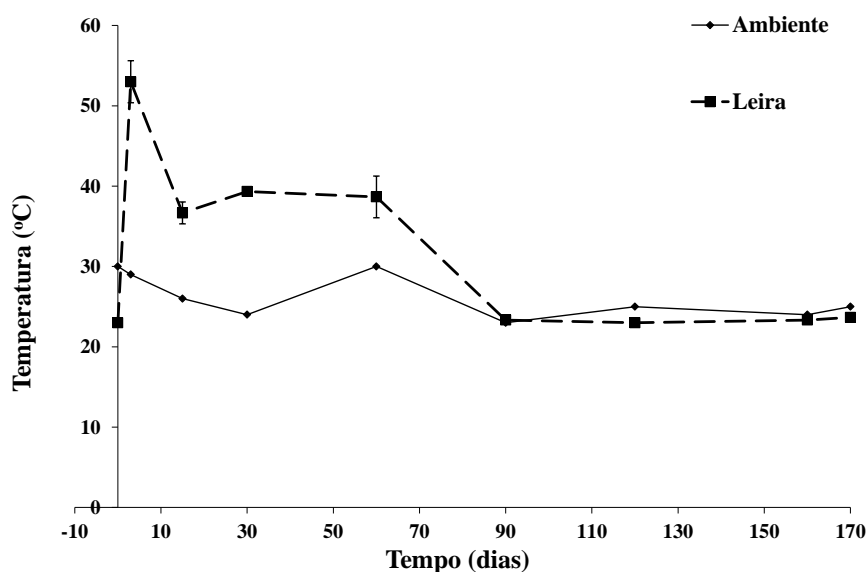


Figura 15. Temperaturas observadas nas pilhas e no ambiente (Rio de Janeiro-RJ) durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem. Média de três repetições \pm erro padrão.

Para o manual de compostagem (BRASIL 2010), a temperatura é um parâmetro essencial no processo por indicar a maturidade do composto, sendo mencionado que a biostabilização ocorre entre os dias 60 e 90 dias e a humificação entre os dias 90 e 120.

O comportamento da temperatura apresentou-se com evolução natural em todas as fases do processo e pode ser descrita através de Kiehl (2012), que aponta aumento dos valores na

fase inicial devido intensa atividade microbiológica, com posterior redução devido consumo das substâncias de fácil degradação.

A resolução CONAMA 481/2017, estabelece a temperatura mínima de 55°C durante 14 dias ou 65°C durante 3 dias como temperaturas e períodos de tempo necessários para higienização dos resíduos sólidos orgânicos, durante o processo de compostagem em sistemas abertos (BRASIL, 2017).

Segundo Orrico Junior (2012), temperaturas elevadas até a fase termófila indicam uma forma eficiente de se avaliar o processo, visto apontarem para a ocorrência de grande atividade degradativa do material orgânico utilizado e higienização do mesmo.

Mesmo a leira tendo dimensões pequenas que dificultam a manutenção da temperatura em valores elevados por mais tempo, atingiu-se com o experimento indícios de boa condução do processo de compostagem, sendo esses resultados semelhantes aos encontrados por Damatto Junior et al. (2011).

Para os valores de potencial hidrogeniônicos (pH), apresentados na figura 16, foi possível verificar aumento do pH de forma acelerada entre os primeiros 20 dias de compostagem até o valor máximo de 9,0, ocorrendo posterior redução de forma gradativa e estabilização aos 150 dias em valores próximos a 6,8.

As variações observadas no comportamento do pH, estão de acordo com a curva padrão observadas nas literaturas utilizadas como referência (KIEHL, 2012; MATOS, 2014), exceto a pequena diminuição de pH que geralmente ocorre nos primeiros dias. Kiehl (2102); Matos (2014) & Sundeberg et al. (2011), apontam que a redução inicial do pH se dá pelo desenvolvimento dos microrganismos produtores de ácidos orgânicos.

Segundo Rodrigues et al. (2006), é considerado ótimo a faixa de pH situada entre 5,5 e 8,5, uma vez que todas as enzimas necessárias ao processo de degradação se encontram ativas.

Não obstante, o aumento do pH observado no gráfico durante o processo de compostagem, ocorre devido ao consumo de prótons decorrentes da geração de compostos de reação alcalina durante a decomposição da matéria orgânica (KIEHL, 2012; MATOS, 2014).

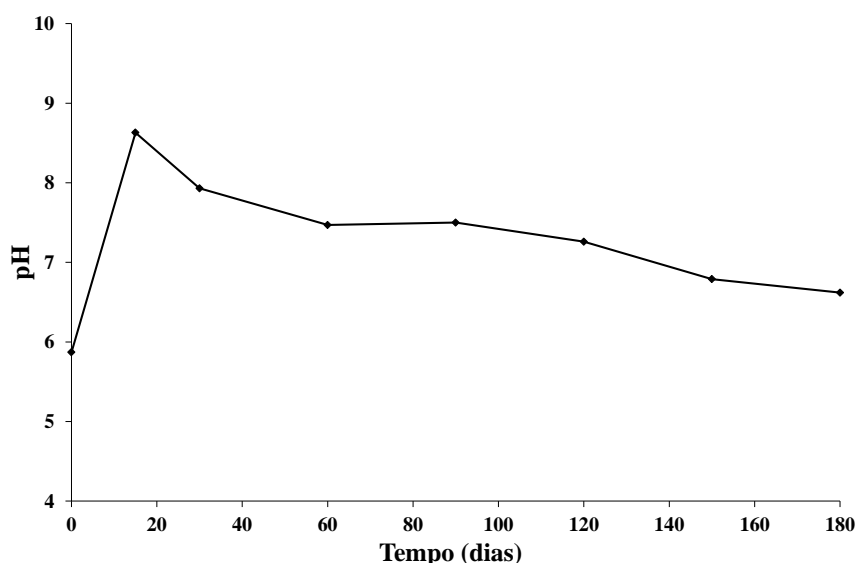


Figura 16. Valores de pH observados durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem.

A despeito da legislação, pontua-se que o valor final de pH 6,8 obtido, atende a Instrução Normativa N°25 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2009); onde fica estabelecido que os fertilizantes orgânicos de classe A para serem utilizados devem possuir valores iguais ou superiores a 6,0.

Em relação a condutividade elétrica (figura 17), observa-se elevação gradual do início da compostagem até os 120 dias, quando ocorre acelerada elevação a partir deste momento, com estabilização do valor em $1514 \mu\text{S cm}^{-1}$ entre os dias 150 e 180, data de encerramento do experimento e sua utilização.

Para Benites et al. (2004), o aumento da CE na compostagem se dá em resposta a mineralização dos sais propiciada pela degradação do material orgânico após a fase termófila.

Sendo avaliação dos valores finais de CE é um composto estabilizado um importante fator para determinar seu uso, Brito et al. (2014), aponta que os altos teores de sais podem ser responsáveis por fitotoxicidade dos vegetais, principalmente na produção de mudas.

Segundo a classificação desenvolvida por Calvin et al. (2000), que divide o CE em níveis muito baixo (0 a $250 \mu\text{S/m}$), baixo (260 a $750 \mu\text{S/m}$), normal (760 a $1.250 \mu\text{S/m}$), alto (1260 a $1750 \mu\text{S/m}$), muito alto (1760 a $2250 \mu\text{S/m}$) e extremo (acima de $2250 \mu\text{S/cm}$), o composto final do experimento realizado pode ser considerado com nível alto.

Não obstante, Kiehl (2012) aponta a importância de os valores finais do composto não ultrapassarem $4,0 \text{ mS cm}^{-1}$ para utilização adequada no cultivo de mudas, resultado alcançado no experimento.

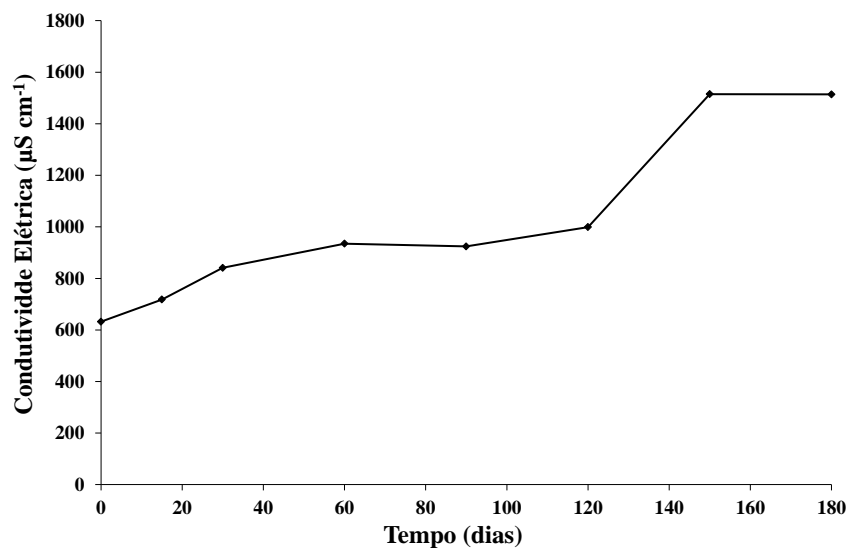


Figura 17. Valores de condutividade elétrica observados durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem.

No que tange a análise da Figura 18, a densidade sofre aumento gradual em toda condução do experimento, atingindo seu pico máximo no dia 150, quando passa a se estabilizar em torno do valor máximo de $227,99 \text{ kg m}^{-3}$. A partir desse momento verifica-se decréscimo para 218 kg m^{-3} , permanecendo com esse valor até os 180 dias.

A densidade é considerada um fator importante para auxiliar na interpretação de outras características, tais como porosidade, espaço de aeração, disponibilidade de água e também é uma importante propriedade para o manejo, além de influenciar nos custos de transporte, manipulação e infraestrutura necessária para sua utilização (PEREIRA et al., 2020).

O aumento da densidade foi relacionado por Leal et al. (2011), como sendo a ação da macrofauna fragmentadora e o incremento do processo de polimerização e humificação de substâncias orgânicas presentes no composto. Por sua vez, Silva et al. (2009), realizando a revisão de muitos trabalhos existentes na literatura, aponta a presença direta dos compostos húmicos e o seu nível de polimerização à maturidade de um composto orgânico, resultado almejado após a finalização do processo de compostagem.

Não obstante, Bunt (1973) aponta que o intervalo da densidade para o cultivo de hortaliças deve estar entre 400 e 500 kg m^{-3} . Sendo que, para Kämpf (2005), a densidade de substratos para uso em bandejas de produção deve variar entre 100 a 300 kg m^{-3} , quando essa for para utilização em mudas de hortaliças.

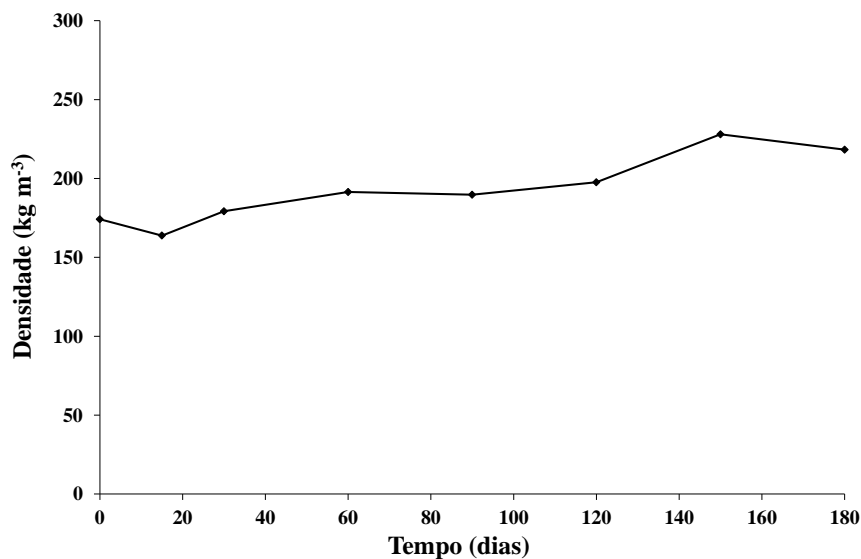


Figura 18: Valores de densidade observados durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem.

No que tange a emissão potencial de CO₂ observados na Figura 19, verificou-se decréscimo acelerado entre os primeiros 15 dias, fase que foi identificada como termófila devido aos altos valores de temperatura mensurados, ocorrendo leves alterações decrescentes após esse dia até os dias 150, tempo de retomada da ascensão para o valor final de 5,9 mg CO₂ g⁻¹ MS dia⁻¹ aos 180 dias.

A emissão de CO₂ está correlacionado ao grau de estabilidade do composto e é um fator importante de ser observado, devido suas implicações na infraestrutura e utilização. Para Leal (2020), materiais orgânicos pouco estabilizados apresentam problemas de temperatura elevada, alterações de suas características originais, emissões de gases e odores desagradáveis que dificultam o transporte e armazenamento. Ainda para o mesmo autor, a utilização de materiais instáveis no solo pode ocasionar anaerobiose, formação de substâncias tóxicas e imobilização de nutrientes, sendo fundamental por isso conhecer o nível de estabilidade dos materiais orgânicos para sua correta utilização.

Para maioria dos trabalhos que abordam as emissões de CO₂, valores acima de 4 mg CO₂ g⁻¹ MS dia⁻¹ são considerados instáveis (BERNAL et al., 2009; WICHUK e McCARTNEY, 2013).

No entanto, na tentativa de padronizar o grau de estabilidade de compostos orgânicos, CCQC (2001), criou uma classificação em função dos valores das emissões de CO₂ obtidas por dia. De acordo com a classificação desse autor, emissões de CO₂ menores que 2 indicariam

compostos orgânicos muito estáveis, emissões entre 2 e 8 indicariam compostos orgânicos estáveis e emissões maiores que 8 indicariam compostos orgânicos instáveis.

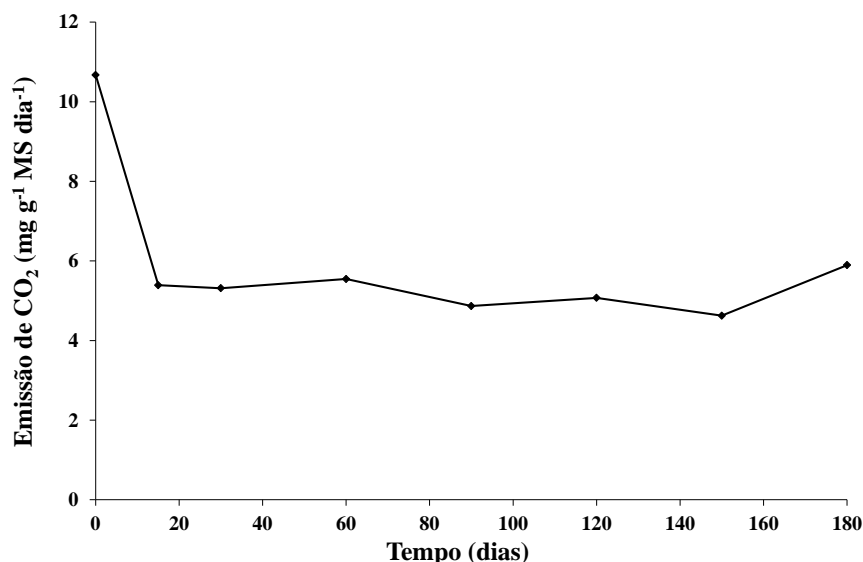


Figura 19: Emissões potenciais de CO₂ observadas durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem.

Para as emissões potenciais de NH₃, observados na figura 20, verifica-se aumento constante nos 14 primeiros dias quando o composto atinge a emissão máxima de 0,14 mg g⁻¹ de MS dia⁻¹, e queda acelerada após essa data quando inicia o processo de estabilização gradual a partir de 30 dias; mantendo a emissão constante em torno de 0,004 mg g⁻¹ de MS dia⁻¹, até o momento final do experimento.

Para Leal (2020), altas emissões de NH₃ são indicativos negativos da instabilidade do material orgânico, podendo causar problemas com odores desagradáveis atração de moscas e outros insetos, além da perda expressiva de N e poluição ambiental. Por conseguinte, o mesmo autor, aponta que apesar de ser um importante parâmetro para avaliação de materiais orgânicos, ainda não é um parâmetro bem estabelecido, com valores limites que possam assegurar a utilização como indicativo de estabilidade.

Outrossim, Giacomini et al. (2014), concluiu em um trabalho com compostagem feita com resíduos suínos, que a perda de NH₃ pelo processo de volatilização é um mecanismo significativo de perda de N no decorrer do processo de compostagem, sendo desta forma uma mensuração importante de ser avaliada durante a compostagem.

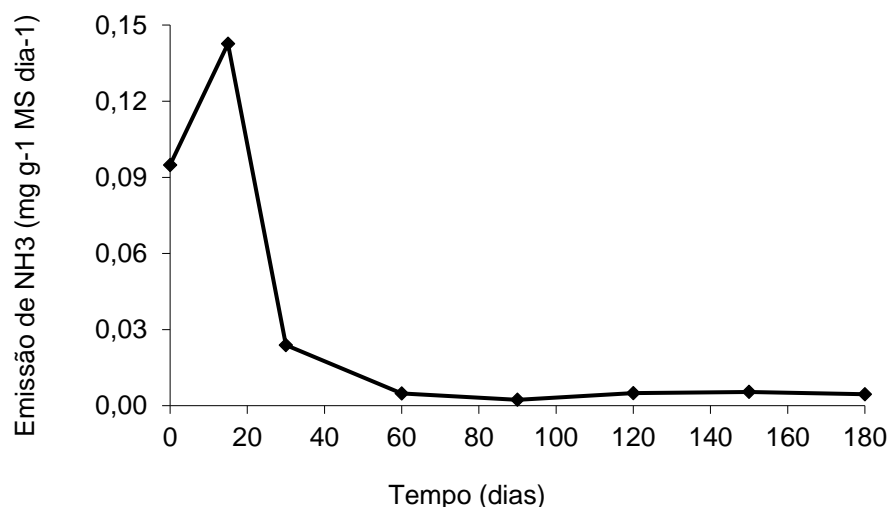


Figura 20: Emissões potenciais de NH₃ observadas durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem.

Os teores de Carbono, são discutidos a partir da observação da figura 21. Conforme pode ser visto, o experimento inicia com 449,2 g kg⁻¹, tem queda gradual durante os primeiros vinte dias, estabilizando-se a partir dessa data até os 150 dias em torno de 420 g kg⁻¹. Após essa data ocorre queda acelerada até os cento e oitenta dias para o valor de 361,8 g kg⁻¹, tempo de utilização do composto no experimento. Resultados semelhantes em relação a baixa alteração e estabilização do composto foram obtidos por Grigatti et al. (2004), Rodrigues et al. (2011) e Santos et al. (2013), nas caracterizações químicas de compostos orgânicos.

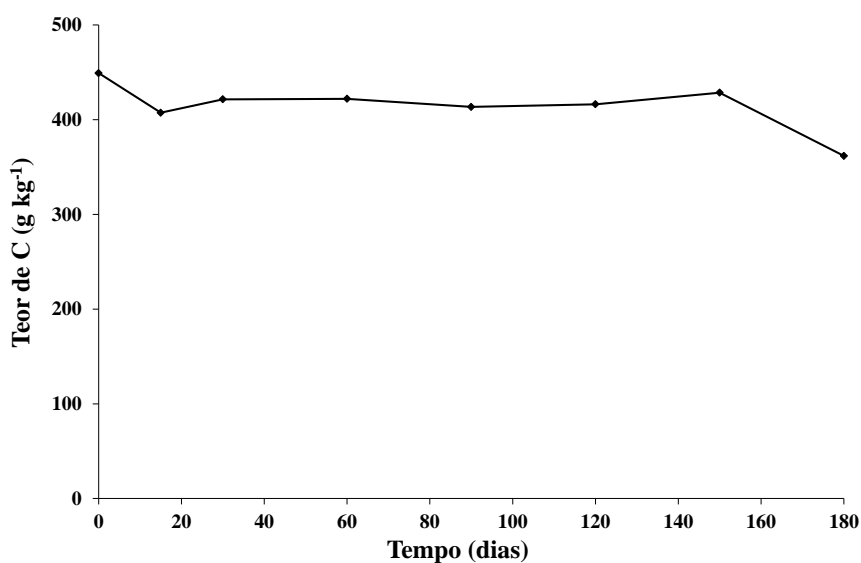


Figura 21: Teores de carbono (C) observados durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem.

Par os teores de nitrogênio apresentados na figura 22, observa-se elevação significativa e constante durante todo período do experimento, iniciando com $14,2 \text{ g kg}^{-1}$ e finalizando $26,8 \text{ g kg}^{-1}$, incremento de 88,7% em relação a sua quantidade inicial. O aumento se deve provavelmente pela perda de carbono na forma de CO_2 e reduzida perda de N durante todo o experimento. Resultados semelhantes são encontrados por Lima et al. (2009), em compostagem de resíduos da produção de biodiesel.

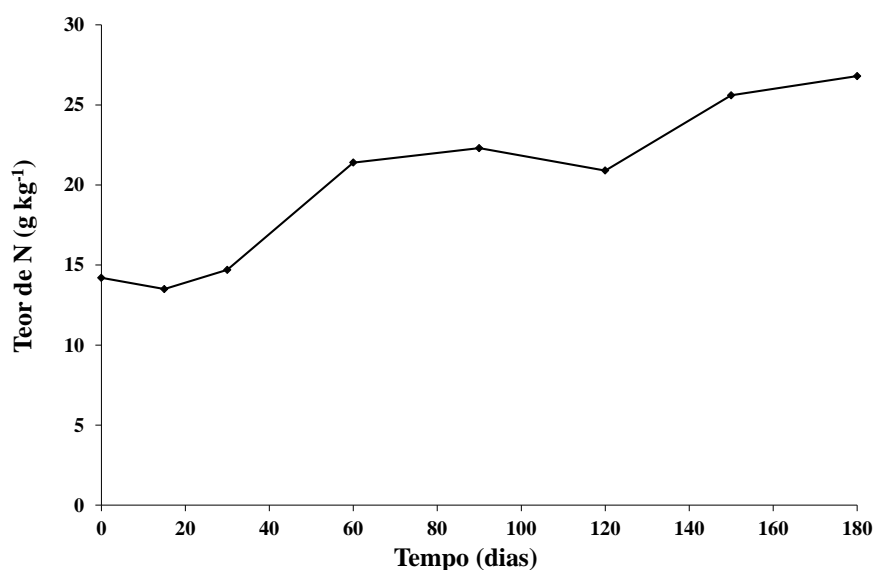


Figura 22: Teores de nitrogênio (N) observados durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem.

No que se refere a relação C:N, apresentadas na figura 23, verifica-se decréscimo constante durante todo processo de compostagem, algo que demonstra normalidade na condução do experimento, comprovação das atividades microbiológicas que utilizam os dois elementos em seu metabolismo, bem como decomposição da matéria orgânica. Resultados semelhantes são também observadas em Zhang e He (2006).

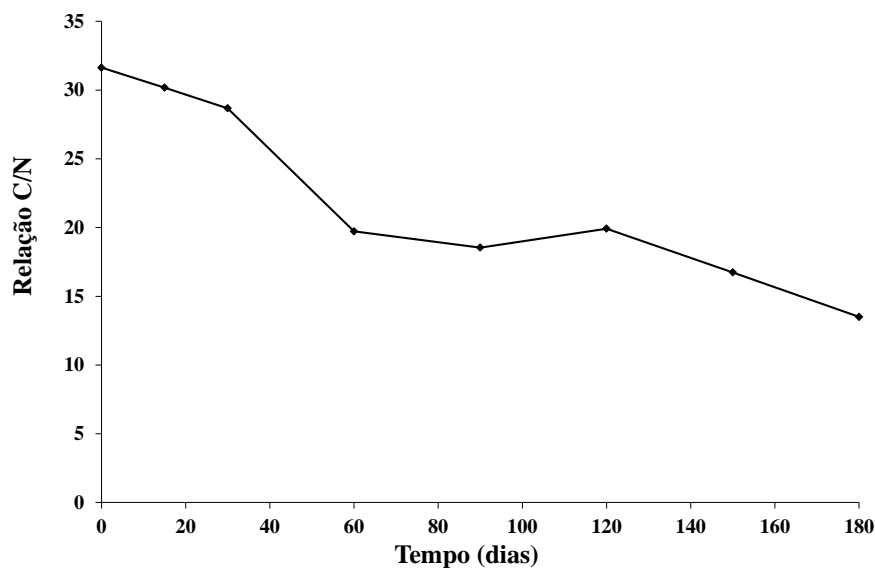


Figura 23: Valores de relação C:N observados durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem.

Em relação aos teores de cálcio, observados figura 24, verifica-se elevação constante ao longo de todo período do experimento, atingindo os valores de $14,8 \text{ g kg}^{-1}$ no momento de uso no experimento com microverdes. Dá mesma forma, os teores de magnésio, ilustrados na Figura 25, e os teores de potássio, representados na Figura 26, exibiram aumento constante ao longo do experimento. Os valores alcançados para esses elementos foram de $9,7 \text{ g kg}^{-1}$ para o magnésio e $14,3 \text{ g kg}^{-1}$ para o potássio.

Aumentos ao longo do tempo nos teores desses elementos se deve por acumulação dos mesmos, devido perda de massa do composto por evaporação de CO_2 e nenhuma perda por lixiviação devido condução do experimento ter sido realizada em casa de vegetação. Resultados semelhantes foram observados para os mesmos elementos e em experimentos de compostagem conduzidos por Resende et al. (2005) e Rodrigues et al. (2017).

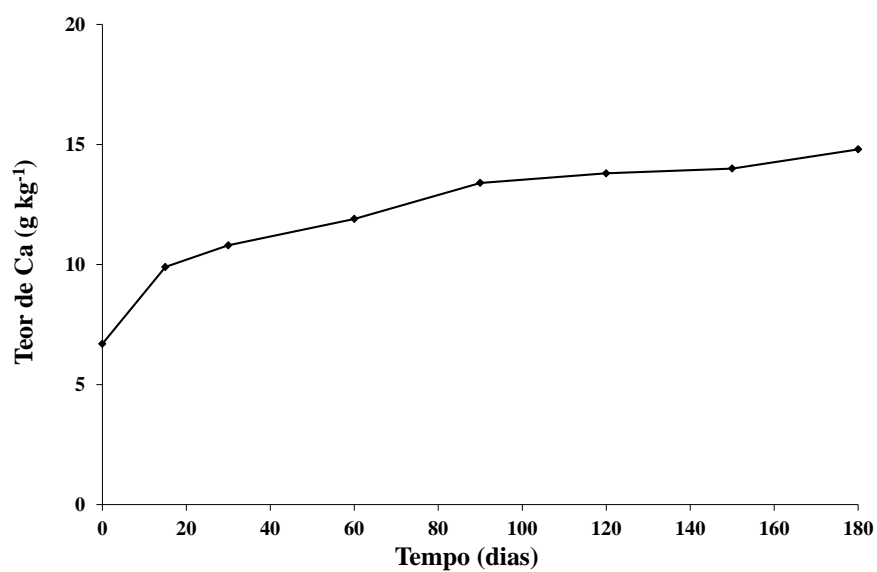


Figura 24: Teores de cálcio (Ca) densidade observados durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem.

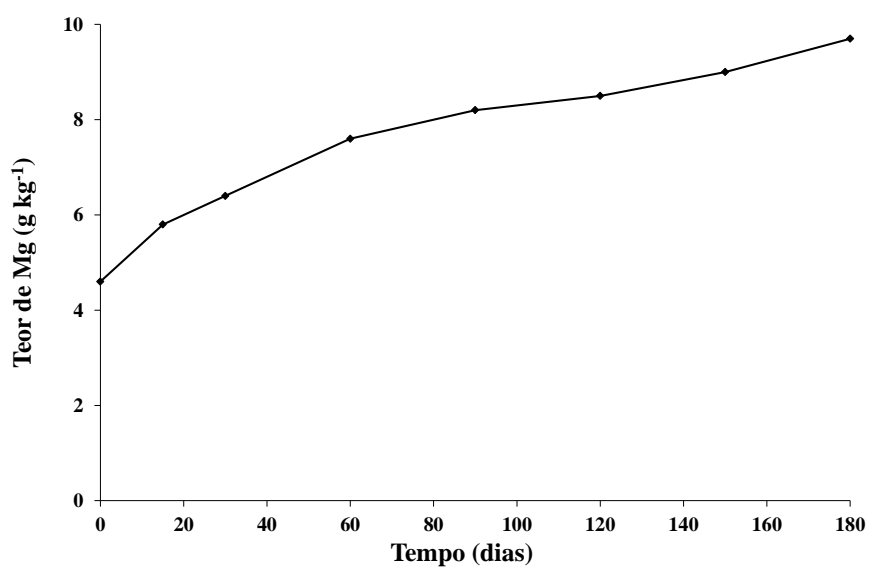


Figura 25: Teores de magnésio (Mg) densidade observados durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem.

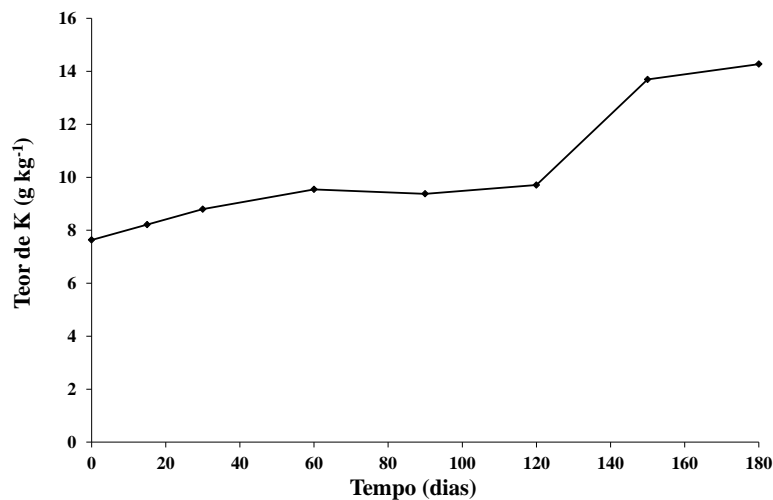


Figura 26: Teores de potássio (K) observados durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem.

No que se refere aos teores de Fósforo, apresentados na figura 27, percebe-se elevação moderada e gradual até os 120 dias, elevação acelerada nos próximos 30 dias e queda com mesma constância e velocidade nos 30 dias subsequentes, até retorno bem próximo ao valor do tempo 120 aos 180 dias. Resultados semelhantes encontrou Silva (2015) que testou diferentes proporções de resíduos urbanos. Exceto a elevação abrupta ocorrida nos 60 dias finais que não puderem ser justificadas ou inferidas.

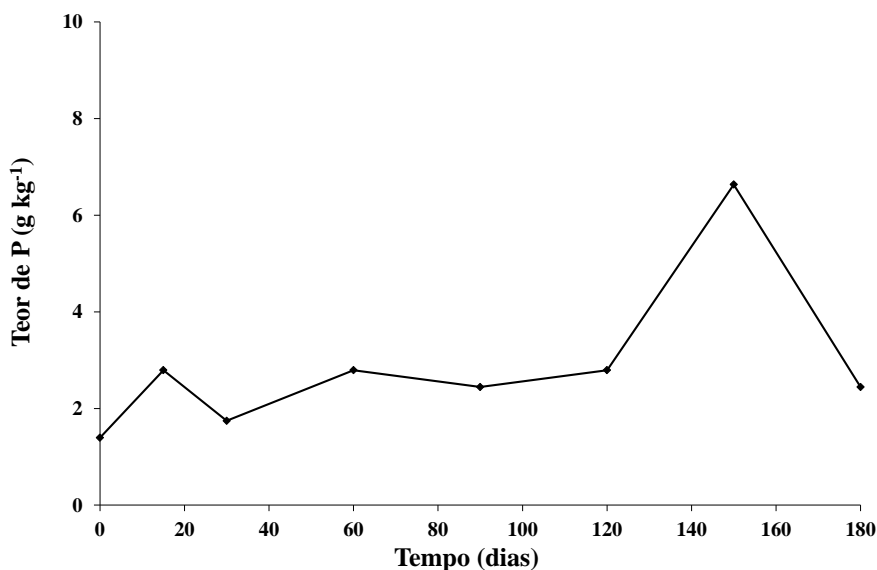


Figura 27: Teores de fósforo (P) observados durante a compostagem da mistura de gliricídia com serragem.

Na Tabela 1, são apresentados os coeficientes técnicos observados após o período de incubação do composto por 180 dias. Conforme verificado, os valores obtidos no experimento encontram-se dentro da faixa estabelecida pela Instrução Normativa N°61 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que orienta o assunto em questão (BRASIL, 2020).

Tabela 1. Características físico-químicas observadas após 180 dias de incubação do composto da mistura de gliricídia com serragem.

Característica	Valor aos 123 dias
pH	6,62
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	1514
Densidade ($\text{g massa seca dm}^{-3}$)	218,2
Emissão potencial de CO_2 ($\text{mg g}^{-1} \text{MS dia}^{-1}$)	5,9
Emissão potencial de NH_3 ($\text{mg g}^{-1} \text{MS dia}^{-1}$)	0,0045
N total (g kg^{-1}) Analisador elementar	26,8
C total (g kg^{-1}) Analisador elementar	361,8
Relação C/N	13,5
Ca total (g kg^{-1})	14,8
Mg total (g kg^{-1})	9,7
P total (g kg^{-1})	2,4
K total (g kg^{-1})	14,3

4.2 Características Físicas e Químicas dos Substratos Originados a Partir do Composto Orgânico a Base de Gliricídia e Serragem

Na tabela 2 são apresentados os teores disponíveis de nutrientes presentes nos substratos. Conforme pode ser observado, os tratamentos T1, T2, T4, T7 e T10 possuem maior abundância de todos os elementos quando comparados ao tratamento testemunha T11. Já os tratamentos T3, T5, T6, T7, T8 e T9 possuem menores teores em alguns elementos quando comparados ao mesmo tratamento testemunha. Esses resultados apresentados pelos tratamentos em relação a variação dos teores disponíveis de nutrientes, estão possivelmente relacionados mistura realizada do composto com os materiais condicionantes.

Tabela 2. Teores disponíveis de Ca, Mg, P e K dos substratos utilizados no experimento de produção de microverdes.

	Ca ¹	Mg ¹	P ²	K ²
	----- mg L ⁻¹ -----			
T1 (75%C+25%V)	1821,1	1343,3	229,4	1937,6
T2 (50%C+50%V)	1877,2	1209,2	184,9	1601,3
T3 (25%C+75%V)	1191,8	663,3	94,0	742,7
T4 (75%C+25%P)	1458,8	1135,8	187,9	1540,0
T5 (50%C+50%P)	770,3	543,3	95,4	745,9
T6 (25%C+75%P)	465,4	270,6	32,6	328,2
T7 (75%C+25%T)	2112,8	1244,8	209,6	1733,4
T8 (50%C+50%T)	2837,6	893,2	151,6	1258,3
T9 (25%C+75%T)	951,7	564,1	101,0	1877,3
T10 (100%C)	1847,8	1553,9	282,7	2552,0
T11 (substrato comercial)	806,4	890,1	177,7	580,0

1-Extrator KCl 1,0 mol L⁻¹; 2- Extrator Mehlinch 1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹).

Em relação aos teores totais de macronutrientes, contidos na tabela 3, verifica-se variação em todos os tratamentos quando comparados ao substrato T11 (substrato comercial). Essas por sua vez, assim como na tabela anterior, estão provavelmente relacionadas as misturas realizadas para composição dos substratos.

Tabela 3. Teores totais de Ca, Mg, P e K dos substratos utilizados no experimento de produção de microverde.

	Ca	Mg	P	K
	----- mg L ⁻¹ -----			

T1 (75%C+25%V)	2582,9	7483,2	1264,4	4707,7
T2 (50%C+50%V)	1809,5	12474,7	957,4	6484,5
T3 (25%C+75%V)	1310,2	19925,3	95,3	9944,0
T4 (75%C+25%P)	2041,3	1316,4	799,4	1678,2
T5 (50%C+50%P)	1000,1	614,4	598,7	948,5
T6 (25%C+75%P)	456,2	293,3	227,6	423,7
T7 (75%C+25%T)	3631,6	1623,1	1346,1	1885,7
T8 (50%C+50%T)	3943,9	1167,8	401,1	1445,8
T9 (25%C+75%T)	1053,1	623,0	725,1	2363,3
T10 (100%C)	3230,0	2117,0	533,5	3115,2
T11 (substrato comercial)	748,5	10288,4	444,9	779,8

Na Tabela 4, são verificados os teores totais de C, N e a Relação C:N de todos os substratos utilizados no experimento.

Tabela 4. Teores totais de C, de N e a relação C/N dos substratos utilizados no experimento de produção de microverde.

	C	N	C:N
	----- mg L ⁻¹ -----		

T1 (75%C+25%V)	66938,1	5696,9	11,8
T2 (50%C+50%V)	59138,5	4304,5	13,7
T3 (25%C+75%V)	24838,4	1937,9	12,8
T4 (75%C+25%V)	53990,0	3777,4	14,3
T5 (50%C+50%P)	24903,0	1885,9	13,2
T6 (25%C+75%P)	10601,3	966,7	11,0
T7 (75%C+25%T)	77481,3	4646,0	16,7
T8 (50%C+50%T)	72942,3	3369,5	21,6
T9 (25%C+75%T)	59107,3	1913,4	30,9
T10 (100%C)	78960,2	5848,9	13,5
T11 (substrato comercial)	31486,4	700,8	44,9

Os valores de pH, CE e emissões de CO₂ e NH₃ são apresentados na tabela 5.

Analisando os valores de pH, verificou-se leve acidificação para todos os tratamentos. Esses por sua vez se encontram em conformidade com a legislação para o uso em orgânicos conforme mencionado anteriormente.

Em relação a CE, todos os tratamentos demonstram valores superiores ao tratamento testemunha T11. Essa diferença provavelmente pode ser explicada por uma estratégia do fabricante em formular substratos menos ricos, mas capazes de atender várias culturas sem ocasionar impactos adversos.

Para as emissões de CO₂, observou-se que todos os tratamentos indicaram estabilização de seus materiais orgânicos, conforme preconiza índice estabelecido por CCQC (2001).

Já os baixos valores emitidos de NH₃ inferem que não somente ocorreu estabilização do composto, como baixas perda de N.

Tabela 5. Valores de pH e de condutividade elétrica e de emissões potenciais de CO₂ e de NH₃ observadas nos substratos utilizados no experimento de produção de microverdes.

	pH	CE	mg CO₂ ev gMS	mg NH₃ ev g MS
T1 (75%C+25%V)	6,68	1285	4,5	0,0014
T2 (50%C+50%V)	6,65	966	3,5	0,0013
T3 (25%C+75%V)	6,74	495	3,2	0,0000
T4 (75%C+25%V)	6,61	1150	5,2	0,0013
T5 (50%C+50%P)	6,70	735	4,1	0,0013
T6 (25%C+75%P)	6,87	303	3,6	0,0000
T7 (75%C+25%T)	6,50	1204	6,3	0,0015
T8 (50%C+50%T)	6,44	835	4,8	0,0015
T9 (25%C+75%T)	6,57	698	4,2	0,0014
T10 (100%C)	6,62	1514	5,9	0,0045
T11 (substrato comercial)	6,85	248	3,0	0,0013

Na Tabela 6 a seguir estão apresentadas todas as propriedades físicas dos substratos utilizados nos tratamentos.

Como é possível observar, ocorre grande variação na densidade aparente e particulada entre todos os tratamentos, com exceção do tratamento T2, que resultou valores muito discrepantes. Essas diferenças observadas devem-se as composições dos substratos serem oriundas de matérias-primas com características muito distintas.

No caso da areia, a densidade ficou muito elevada, possivelmente pela sua granulometria ser muito pequena e sua massa elevada. Por sua vez, essas características propiciaram dificuldades nas transferências das bandejas com risco de danificar as mesmas e podendo também ocasionar provável redução de vida útil.

Para Ferraz et al. (2005), a diminuição da densidade impõe menos restrições físicas ao sistema radicular, favorecendo seu desenvolvimento e menores restrições para o seu crescimento.

No que tange a porosidade total, observa-se valores bem próximos entre os tratamentos, quiça para o tratamento T12 que obteve resultados muito inferiores. O mesmo se dá para variável resposta microporosidade. Para a macroporosidade, todos os tratamentos elaborados a

base do composto apresentaram resultados muito superiores quando comparados aos tratamentos T11 e T12. Infere-se, assim como fez-se com a densidade, que a responsabilidade pela diferença encontrada nos resultados é propiciada pelas características das matérias-primas utilizadas na composição dos substratos.

Em conclusão, Caldeira et al. (2000) aponta que ocorre melhora na retenção de água com a elevação da microporidade, mas a diminuição da macroporidade pode comprometer a aeração do substrato.

Tabela 6. Valores de densidade aparente, densidade da partícula, porosidade total, microporosidade, macroporosidade e capacidade de retenção de água (CRA) dos substratos utilizados nos experimentos com mudas.

	Densidade		Porosidade			CRA 50ml 10cm
	Aparente	Partícula	Total	Micro	Macro	
	----- g dm ⁻³ ----- -----		----- % -----			
T1 (75%C+25%V)	253	1063	76,2	68,0	8,1	26,7
T2 (50%C+50%V)	305	1621	81,2	72,7	8,5	25,6
T3 (25%C+75%V)	290	2321	87,5	80,6	6,9	26,4
T4 (75%C+25%V)	184	604	69,5	60,8	8,7	23,0
T5 (50%C+50%P)	133	352	62,4	51,0	11,4	19,2
T6 (25%C+75%P)	116	309	62,5	45,9	16,6	17,3
T7 (75%C+25%T)	262	787	66,8	60,1	6,7	27,7
T8 (50%C+50%T)	281	910	69,1	61,7	7,4	29,6
T9 (25%C+75%T)	172	712	75,8	67,3	8,5	28,4
T10 (100%C)	258	1060	75,7	67,4	8,4	26,7
T11 (substrato comercial)	191	821	76,8	73,8	3,0	29,2
T12 (areia lavada)	1404	2169	35,3	32,0	3,3	13,9

4.3 Avaliação agronômica dos substratos

Em relação a avaliação agronômica de desempenho dos substratos, no cultivo de Repolho Roxo apresentado na tabela 7, observa-se diferença significativa em relação as variáveis-respostas analisadas.

Para os resultados observados de Peso Fresco da Parte Aérea (PFPA), verifica-se que os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T7, T8, T10 apresentaram melhor desenvolvimento em relação aos tratamentos T6, T9, T11 e T12 que não diferiram entre si. A variável resposta PFPA é um importante fator na escolha do substrato, pois mensura o peso no ato da colheita. Sendo o peso fresco a principal forma ofertada de venda dos microverdes, através dele é possível fazer inferências sobre lucratividade. Não obstante, as diferenças estatísticas apresentadas em relação a esse parâmetro não puderam ser explicadas através dos dados quantificados nesse experimento, mas infere-se que estão relacionadas as quantidades de N disponíveis que não foram mensuradas no presente trabalho.

Em relação ao Peso Seco Massa Seca da Parte Aérea (PSPA), verifica-se melhor desempenho da variável-resposta entre os tratamentos T1, T3, T8 e T10 em relação aos demais tratamentos que não diferiram entre si.

Já os resultados relacionados a altura das plântulas (Comp.), todos os tratamentos não diferiram entre si, com exceção do tratamento T12, que não apresentou resultados satisfatórios.

Ainda sobre o tratamento T12, observou-se durante a fase de germinação que as radículas tiveram dificuldades mecânicas para penetração no substrato, atrasando o desenvolvimento das mesmas e aumentando a mortandade de parte das sementes por desidratação. Também foi observado que essa barreira física imposta ao desenvolvimento radicular atrasou muito o desenvolvimento das plântulas, ocasionando mudas não estioladas durante o período estipulado para germinação.

Tabela 7. Valores de peso fresco da parte aérea (PFPA), peso seco da parte aérea (PSPA) e comprimento do cotilédone (Comp.) de microverdes de repolho roxo produzidos com diferentes substratos orgânicos, comerciais e inertes.

	PFPA	PSPA	ALTURA
	----- g -----	----- g -----	----- cm -----
T1 (75%C+25%V)	352,9 a	24,8 a	8,5 a
T2 (50%C+50%V)	334,9 a	23,4 b	8,5 a
T3 (25%C+75%V)	348,4 a	25,1 a	9,3 a
T4 (75%C+25%V)	357,8 a	21,7 b	9,0 a
T5 (50%C+50%P)	372,0 a	22,3 b	9,5 a
T6 (25%C+75%P)	314,4 b	22,0 b	9,4 a
T7 (75%C+25%T)	364,6 a	22,5 b	9,3 a
T8 (50%C+50%T)	388,5 a	24,8 a	9,4 a
T9 (25%C+75%T)	297,7 b	21,6 b	9,2 a
T10 (100%C)	358,9 a	26,5 a	9,3 a
T11 (substrato comercial)	269,5 b	21,4 b	8,6 a
T12 (areia lavada)	109,9 c	20,1 b	4,2 b
CV%	5,68	6,91	5,88

*Peso médio de 30 plântulas; Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de significância ($p \leq 0,05$).

CONCLUSÕES

Substratos produzidos com composto formulado a base de gliricídia e serragem promovem melhor desempenho agronômico quando comparado ao substrato comercial Carolina Soil e aos demais substratos avaliados.

Os tratamentos T1 (75%C+25%V), T3 (25%C+75%V), T8 (50%C+50%T) e T10 (100%C) proporcionaram melhor desempenho agronômico para os parâmetros peso fresco e peso seco da parte aérea quando comparado a todos os demais tratamentos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A. S. de.; OLIVEIRA, L. S. B. de.; ANDRADE, L. A. de.; GONSALVES, G. S.; SILVA, J. M. de. Produção de mudas de angico em diferentes tamanhos de recipientes e composição de substratos. **Revista Verde**, v. 7, n. 2, p. 39-44, 2012.
- ANDRADE, B.M.S.; SOUZA, S.F.; SANTOS, C.M.C.; MEDEIROS, S.S.; MOTA,P.S.S.; CURADO, S.S. Uso da gliricídia (*Gliricidia sepium*) para alimentação animal em Sistemas Agropecuários Sustentáveis. **Scientia Plena**, v.11, n. 4, 2015.
- ANTUNES, L. F. D. S.; SIVA, D. G. da; CORREIA, M. E. F.; LEAL, M. A. D. A. Avaliação química de substratos orgânicos armazenados e sua eficiência na produção de mudas de alface. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 2, p. 139–155, 2019.
- ARAÚJO, F. L. S. **Cultivo do jambu em canteiros com compostagens laminares realizadas com resíduos orgânicos disponíveis na Amazônia Oriental**. 2020. 41 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- BRASIL. **Instrução Normativa N° 25, de 23 de julho de 2009**. 2009.
- BRASIL. Manual para Implantação de Compostagem e de Coleta Seletiva no âmbito de consórcios públicos, **Ministério do Meio Ambiente – MMA**, Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano, Brasília – DF, 75 p., 2010.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 481, de 03 de outubro de 2017. **Diário Oficial da União**. Brasília, 04 de outubro de 2017. Seção 1, Página 51.
- BRASIL. **Instrução Normativa N° 19, de 22 de junho de 2018**. 2018.
- BRASIL. **Instrução Normativa N° 61, de 08 de julho de 2020**. 2020.
- BRASIL. **Instrução Normativa N° 52, de 08 de março de 2021**. 2021.
- BERNAL, M.P.; ALBURQUERQUE, J.A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresuorce Technology**, n. 100, p.5444-5453, 2009.
- BUNT, A. C. Some physical and chemical characteristics of loamless pot-plant substrate and theis relation to plant growth. **Plant and Soil**, v. 38, p. 1954-1954, 1973.

- CALDEIRA, M.V.W; et al. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. *Floresta*, v. 28, p. 19-30, 2000.
- CALVIN, T.J.; WHIPKER B. E.; FONTENO, W.C.; HARDEN, B.; McCALL, I.; GIBSON, J.L. Monitoring and managing pH and EC using the PourThru Extration Method. **Horticulture Informations Leaflet**, v. 590, 2000.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Semente: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jabocatibal: Funep, 2000.
- CARVALHO, P. T. C.; CLEMENTE, E. Qualidade de Brócolis (*Brassica oleracea* var. *itálica*) em embalagem com atmosfera modificada. **Maringá**, v. 26, p. 497- 502, 2004.
- COOPER, M.; ZANON, A. R.; REIA, M. Y.; MORATO, R. W. **Compostagem e reaproveitamento de resíduos orgânicos agroindustriais: Teórico e Prático**. Edição especial, Piracicaba: ESALQ, 2010. 35 p.
- CORDEIRO, N. M. **Compostagem de resíduos verdes e avaliação da qualidade dos compostos obtidos: caso de estudo da algar S.A.** 2010. 102 p. Tese (Mestrado) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- COSTA, B.M.; SANTOS, I.C.V.; OLIVEIRA, G.J.C.; PEREIRA, I.G. Avaliação de folhas de *Gliricidia sepium* (jacq.) Walp por ovinos. **Archivos de Zootecnia** v. 58, n. 221, p.33-41. 2009.
- CUERVO-JIMÉNEZ, A.; NARVÁREZ-SOLARTE, W.; VON-HESSBERG, C. Características forrajeras de la espécie *Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend, Fabaceae. **Boletín Científico**, Museo de Historia Natural, v. 17, n. 1, p. 33-45, 2013.
- DAMATTO JUNIOR, E. R.; GARCIA, V. A.; FUZITANI, E. J.; NOMURA, E. S.; SILVA, F. A. M.; CAMPOS, H. L. A. Produção de compostos orgânicos à base de resíduos gerados no Vale do Ribeira, **Pesquisa & Tecnologia**, v. 8, n. 61, 7 p., 2011.
- DI GOIA, F.; SPYRIDON, A. P.; OZORES-HAMPTON, M.; MORGAN, K.; ROSSKOPF, E. N. 2019. Zinc and iron agronomic biofortification of Brassicaceae microgreens. **Agronomy**, 9, 677.
- DRAGHICI G.A., LUPU, M.A., BOROZAN, A.B., NICA, D., ALDA, S., ALDA, L., GOGOASA, I., GERGEN, I., BORDEAN, D.M. Red cabbage, millennium's functional food. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, v.17, n. 4, 52- 55, 2013.

EDVAN, R. L.; CARNEIRO, M. D. S.; SILVA, E. B. da; ALBUQUERQUE, D. R.; PEREIRA, E. S.; BEZERRA, L. R.; ARAÚJO, M. J. Análise de crescimento da gliricídia submetida a diferentes manejos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v. 65, p.163-169, 2016.

EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, RJ. 1997. 212p.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de. **Adubação verde: estratégia para uma agricultura sustentável**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1996.

FAEGRI, K.; PIJL, L. Van Der. **The principles of pollination ecology**. Oxford: Pergamon, 244p., 1980.

FERMINO, M. H. **Substratos: composição, caracterização e métodos de análise**. Guaíba: Agrolivros, 2014. 111 p.

FIALHO, L. L.; SILVA, W. T. L.; MILORI, D. M. B. P.; SIMÕES, M. L.; MARTIN-NETO, L. Characterization of organic matter from composting of different residues by physicochemical and spectroscopic methods. **Bioresource Technology**, v.101, p. 1927-1934, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG:UFV. p. 421, 2012.

GIACOMINI, D. A.; AITA, C.; PUJOL, S. B.; GIACOMINI, S. J.; DONEDA, A.; CANTÚ, R. R.; DESSBESELL, A.; LÜDTKE, R. C.; SILVEIRA, C. A. P. Mitigação das emissões de amônia por zeólitas naturais durante a compostagem de dejetos de suínos, Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.7, p.521-530, 2014.

GHASSABZADEH, H.; MOHADESPOUR, A.; TORAB-MOSTAEDI, M.; ZAHERI, P.; MARAGHEH, M. G.; TAHERI, H. Adsorption of Ag, Cu and Hg from aqueous solutions using expanded perlite. **Journal of Hazardous Materials**, v. 177, n. 1-3, p. 950-955, 2010.

GOMES, L. A. A.; RODRIGUES, A. C.; COLLIER, L. S.; FEITOSA, S. S. Produção de mudas de alface em substrato alternativo com adubação. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 359-363, 2008.

GOMÉZ, M.E.; RODRIGUEZ, L; MURGUEITIO, E; RIOS, CL.I; MÉNDEZ, M; MOLINA, C.H; MOLINA, C.H; MOLINA, E; MOLINA, J.P. **Árboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en Alimentación Animal Como Fuente Proteica**. 3.ed. Cali, Colombia., p.1-147, 2002.

GOORA, M.; BABU, D. R.; SRIVIDYA, N. Nutrient composition, oxalate content and nutritional ranking of ten culinary microgreens. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 91, 103495, 2020.

HOLMER, R. J. **Basic principles for composting of biodegradable house hold wastes, urban vegetable gardening seminar, sundayag as Amihanang Mindanao Trade Expo.** Cagayan de Oro City, Philippines, 13 p., 2002.

HUGHES, C. E. Biological considerations in designing a seed collection strategy for *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. (Leguminosae). **Common Wealth Forestry Review**, London, v. 66, n. 1, p.31-48, 1987.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais.** Guaíba: Agrolivros, 2005. 256 p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos.** São Paulo: Ceres, 1985. 492p.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto.** Piracicaba. 2012. 171 p.

KINKEMA, M.; SCOTT, P.; GRESSHOFF, P. Legume nodulation: successful symbiosis through short- and long-distance signalling. **Functional Plant Biology**, v. 33, p. 707-721, 2006.

LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. S. Compostagem de misturas de capim-elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.11, p.1195–1200, 2013.

LEAL, M. A. A. **Método de avaliação da estabilidade de materiais orgânicos por meio de emissões potenciais de CO₂ e de NH₃.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2020. 46p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 316).

LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. G.; ALMEIDA, D. L. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.392-395, 2007.

MATOS, A. T. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos.** Viçosa: Editora UFV, 2014. 241 p.

MCKINNEY, R. E. Refuse disposal. In: _____. **Microbiology for Sanitary Engineers**, New York: McGraw-Hill Book Company, Inc., 1962. p.261-265.

ORLANDO M.; TRIVELINI, A.; INCROCCI, LUCA.; FERRANTE, A.; MENSUALI, A. The Inclusion of green light in a red and blue light background impact the growth and functional quality of vegetable and flower microgreen species. **Horticulturae**, v. 8, p. 217, 2017.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; JUNIOR, J. L.; SAMPAIO, A. A. M.; FERNANDES, A. R. M.; OLIVEIRA, E. A. Compostagem dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta, **Revista Brasileira Zootecnia**, v.41, n.5, p.1301-1307, 2012.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 538-545, 2010.

PACE, M. G.; MILLER, B. E.; FARRELL-POE, K. L. **The composting process**. Utah State University, 2 p., 1995.

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

PEREIRA, M. S. C; ANTUNES, L. F. S. AQUINO, A. M., LEAL, M. A. A. Substrato a base de esterco de coelho na produção de mudas de alface. **Nativa**, v. 8, n. 1, p. 58-65, 2020.

PEREIRA NETO, J. T.; STENTIFORD, E. I.; MARA, D. D. Sistema de compostagem por pilhas aeradas: uma alternativa de baixo custo ao tratamento e reciclagem do lixo urbano e lodos de esgotos domésticos. **Revista Informação Apesb**, v. n 29, p. 3-19, 1987.

PERLITE INSTITUTE. **Perlite Aggregate for Lightweight Insulating Concrete**. EUA, 2014. Disponível em : <https://www.perlite.org/>. Acessado em 30 de julho de 2022.

PINTO, P. A. C. **Sedimentos orgânicos utilizados como fertilizantes na agricultura**. 2003. Disponível em: <https://docplayer.com.br/15053647-Sedimentos-organicos-utilizados-como-fertilizantes-na-agricultura.html>. Acessado em 29 de julho de 2022.

RESENDE, F. A. de; LIMA, J. S.; CAMBUÍ, R. A. P. A. Compostagem e seus inúmeros benefícios: uma visão da complexidade do tema. IN: 23º Congresso Brasileiro De Engenharia Sanitária e Ambiental, **Anais...**, Campo Grande: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, 2005.

RODRIGUES, A. C.; BAUM, C. A.; FORMENTINI, J.; BOZZETTO, C.; RITTER, L. G.; ROS, C. Atributos químicos de resíduos orgânicos compostados. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 6, n. 1, p.193 - 208, abr./set. 2017.

RODRIGUES, P.N.F.; ROLIM, M.M.; BEZERRA NETO, E.; COSTA, R.N.T.; PEDROSA, V.S.O. Efeito do composto orgânico e compactação do solo no milho e nutrientes do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n. 8, p.788 - 793, Ago. 2011.

RODRIGUES, M. S.; SILVA, F. C. da., BARREIRA, L.P.; KOVACS, A. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: Spadotto, C.A.; Ribeiro, W. **Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria**. FEPAF. Botucatu. p. 63-94. 2006.

RUSSO, M. A. T. **Tratamentos de resíduos sólidos**. 2003. Disponível em: http://www.uc.pt/mhidro/Tratamento_Resíduos Sólidos.pdf. Acessado em 29 de julho de 2022.

SANCHES, S. M.; SILVA C. H. T. P.; VESPA, I. C. G.; VIEIRA, E. M. A importância da compostagem para a educação ambiental nas escolas. **Química Nova na Escola**, n. 23, maio de 2006. (Seção Relatos de Sala de Aula). Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc23/a03.pdf>. Acesso em 25/07/2022.

SCHROTH, G.; LEHMANN, J. Constrasting effects of roots and mulch form three agroforestry tree species on yield of alley cropepp maize. **Agriculture, Ecosystems Environment**, v. 54, p. 89-101, 1995.

SEYEDBAGHERI, M.-M. Influence of humic products on soil health and potato production. **Potato Research**, v.53, p.341-349, 2010.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, I. C.; LIMA, P. C. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, v. 61, Suplemento, p. 829-837, 2014.

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

SILVA, H.A. **Avaliação da adubação orgânica e química na recuperação de áreas degradadas oriundas da exploração mineral**. 2015. 40 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Meio Ambiente/PPGCMA do Instituto de Ciências Exatas e Naturais/ICEN). Universidade Federal do Pará/UFPA, Belém PA. 2015.

SILVA, F.A.M.; GUERREIRO, L.F.; VILAS BOAS, R.L.; SILVA, R.B. Transformação da matéria orgânica em substâncias húmicas durante a compostagem de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, p. 59-66, 2009.

SWEETEN, J. M.; AUVERMANN, B. W. **Composting manure and sludge**. (Major revision.) Bulletin E-479 (formerly L-2289), Texas AgriLife Extension Service, College Station, TX 2008.

WICHUK, K.M. & McCARTNEY, D. Compost stability and mature evaluation – a literature review. **Journal of Environmental Engineering and Science**, v.8. n 5, p. 601-620, 2013.

WEBB, D. B.; WOOD, P. J.; SMITH, J. P.; HENMAN, G. S. **A guide to species selection for tropical and subtropical plantations**. 2. ed. Oxford: Common Wealth Forestry Institute, 1984. 256p. (Tropical Forestry Papers, 15).

TIWARI, K. M.; MAL, P. K. Effect of irrigation on yield of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) under mulch and non-mulch conditions. **Agricultural Water Management**, v. 58, p. 19-28, 2003.

UNESP. **Vermiculita**. 2019. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/museudpm/banco/silicatos/filossilicatos/vermiculita.html>. Acessado em 30 de julho de 2022.

WANGEN, D. R. B.; FREITAS, I. C. V. Compostagem doméstica: alternativa de aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, p. 81-88, 2010.

XIAO, Z.; LESTER, G.; LUO, Y.; WANG, K. 2012. Assessment of Vitamin and Carotenoid Concentrations of Emerging Food Products: Edible Microgreens. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 7644–7651, 2012.

ZANINI, A. P.; OLIVEIRA, J. A. C.; COUTINHO, G. S. M.; ARAÚJO, A. B. S.; BARROS, H. E. A.; ABREU, D. J. M.; VILAS BOAS, E. V. B.; CARVALHO, E. E. N. Bioactive compounds present in kale (*Brassica oleracea* L.) at three stages of development and comparison of their antioxidant capacities. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 1-17, 2020, e391974242.

ZHANG, Y.; HE, Y. Co-composting solid swine manure with pine sawdust as organic substrate. **Bioresource Technology**, v. 97, p. 2024-2031, 2006.

ZHANG, X.; BIAN, Z.; YUAN, X.; CHEN, X.; LU, C. 2020. A review on the effects of light-emitting diode (LED) light on the nutrients of sprouts and microgreens, **Trends in Food Science & Technology**. Disponível em: doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.031>.