

UFRRJ

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA,
TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM AGROPECUÁRIA**

TESE

**Cultivos Sucessivos de Couve, Pimenta e Quiabo em
Verdeponia Utilizando Misturas de Biomassa
Vegetal de Gliricídia e Capim Elefante**

Evandro Francisco Ferreira da Silva Souza

2025



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E
INOVAÇÃO EM AGROPECUÁRIA**

**CULTIVOS SUCESSIVOS DE COUVE, PIMENTA E QUIABO EM
VERDEPONIA UTILIZANDO MISTURAS DE BIOMASSA VEGETAL
DE GLIRICÍDIA E CAPIM ELEFANTE**

EVANDRO FRANCISCO FERREIRA DA SILVA SOUZA

*Sob a orientação do Professor
Leonardo Duarte Batista da Silva*

*e Coorientação dos Professores
Leonardo Oliveira Medici e
José Guilherme Marinho Guerra*

Tese submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Doutor**, no
Programa de Pós-Graduação em
Ciência, Tecnologia e Inovação em
Agropecuária, Área de Concentração em
Agrobiologia.

Seropédica, RJ
Maio de 2025

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

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

S719c	<p>Souza, Evandro Francisco Ferreira da Silva, 1991- Cultivos sucessivos de couve, pimenta e quiabo em Verdeponia utilizando misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante / Evandro Francisco Ferreira da Silva Souza. - Seropédica, 2025. 57 f: il.</p> <p>Orientador: Leonardo Duarte Batista da Silva.</p> <p>Tese (Doutorado). – – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária, 2025.</p> <p>1. Substrato. 2. Fonte de nutriente. 3. Berços de cultivos e fertilidade. I. Silva, Leonardo Duarte Batista da, 1971-, orient. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária. III. Título.</p>
-------	--

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

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



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA,
TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM AGROPECUÁRIA



HOMOLOGAÇÃO DE TESE DE DOUTORADO Nº 9 / 2025 - PPGCTIA (12.28.01.84)

Nº do Protocolo: **23083.027055/2025-56**

Seropédica-RJ, 27 de maio de 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM AGROPECUÁRIA

EVANDRO FRANCISCO FERREIRA DA SILVA SOUZA

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor, no Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária, Área de Concentração em Agrobiologia.

TESE APROVADA EM 27/05/2025

Leonardo Duarte Batista da Silva. Dr., UFRRJ

(Orientador)

Ednaldo da Silva Araújo. Dr., Embrapa Agrobiologia

Jhonatan Marins Goulart. Dr., Incaper

David Vilas Boas de Campos. Dr., Embrapa Solos

Leonardo da Silva Hamacher. Dr., UFF

(Assinado digitalmente em 27/05/2025 22:24)

LEONARDO DUARTE BATISTA DA SILVA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DEPTOENG (12.28.01.00.00.00.00.44)
Matrícula: 2353141

(Assinado digitalmente em 27/05/2025 20:11)

JHONATAN MARINS GOULART
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 131.896.347-85

(Assinado digitalmente em 28/05/2025 22:02)

EDNALDO DA SILVA ARAÚJO
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 750.960.133-91

(Assinado digitalmente em 28/05/2025 07:29)

DAVID VILAS BOAS DE CAMPOS
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 030.175.957-06

(Assinado digitalmente em 27/05/2025 18:24)

LEONARDO DA SILVA HAMACHER
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 046.282.547-70

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **9**, ano: **2025**, tipo: **HOMOLOGAÇÃO DE TESE DE DOUTORADO**, data de emissão: **27/05/2025** e o código de verificação: **6a50262956**

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho à minha mãe,
Maria Ferreira de Sousa e ao meu pai, Elias da Silva Souza.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, criador do céu e da terra, pela sabedoria, saúde e virtude.

À minha mãe, Maria Ferreira de Sousa, e ao meu pai, Elias da Silva Souza pelo amor, carinho, incentivo e dedicação ao longo desses anos. Por terem me permitido estudar e buscar uma formação superior.

Aos meus irmãos: Ewerton Ferreira da Silva Souza e Elias da Silva Souza Júnior pela amizade, companheirismo e carinho.

Aos meus filhos, Heitor Hugo Gonçalves de Souza, Arthur Hugo Gonçalves de Souza e Maitê Gonçalves de Souza pelo amor, carinho, incentivo e ajuda.

A minha companheira Jacqueline Gonçalves dos Anjos de Melo pelo amor, carinho, paciência e ajuda.

As minhas tias Francinete, Antônia, Alessandra, Maria Inês e Francimeire. Aos meus tios Elinaldo (*in memoriam*), Francisco, Eliezo, Elineudo e Souza. Aos meus primos Edmundo, Diego, Francielle, João Pedro e Letícia.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela qualidade e excelência de ensino.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária. Ao professor Mauro e a Renata pela ajuda e o suporte nas atividades.

Ao meu orientador professor Leonardo Duarte pelo incentivo, paciência, ajuda e dedicação ao longo desse trabalho.

Aos meus coorientadores professor Leonardo Medici e o pesquisador José Guilherme pelo incentivo, entusiasmo e ajuda.

Aos pesquisadores Ednaldo, Gabriel, Jhonatan e Janaína pela ajuda e suporte na realização deste trabalho.

Ao Grupo de Pesquisa Engenharia e Monitoramento de Biossistemas (EMBio). A todos os estagiários e estagiárias.

Aos funcionários da Embrapa Agrobiologia e da Fazendinha Agroecológica Km 47.

Aos meus professores ao longo da pós-graduação que sempre se mostram dispostos a ajudar e auxiliar.

À CAPES e FAPERJ.

A todos que de alguma forma me ajudaram na realização deste trabalho.

RESUMO GERAL

SOUZA, Evandro Francisco Ferreira da Silva. **Cultivos sucessivos de couve, pimenta e quiabo em Verdeponia utilizando misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante**. 2025. 57f. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária). Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

O trabalho foi estruturado em três capítulos que abordam os cultivos sucessivos de olerícolas em sistema de Verdeponia, sob manejo orgânico. A Verdeponia é uma técnica inovadora na qual a biomassa vegetal não compostada é usada como substrato e fonte de nutrientes em cultivos conduzidos em vasos em ambiente protegido, ou sob condições de campo em berços (covas) abertos no solo. O estudo foi realizado em área na gleba 19 do Sistema Integrado de Produção Agroecológica em Seropédica, região metropolitana do estado do Rio de Janeiro – Brasil, entre os anos de 2022 e 2025. No capítulo I, avaliaram-se dois cultivos de couve-folha (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) usando misturas de biomassa vegetal de capim elefante e gliricídia nos berços. Entre esses dois cultivos de couve, houve um cultivo com a pimenta cambuci (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) e outro de quiabo (*Abelmoschus esculents*), sempre nos mesmos berços. No capítulo II, avaliou-se essa sucessão dos cultivos de pimenta cambuci e quiabo também com misturas de gliricídia e capim elefante. No capítulo III, avaliou-se o uso de doses de cobertura morta sobre os berços de Verdeponia no cultivo do quiabeiro, que foi o último dos cultivos, após o segundo da couve. Nos capítulos I e II, os tratamentos constaram de: biomassa vegetal com 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4) e 100% de gliricídia (T5). No capítulo III, os berços foram preenchidos com a mistura contendo 50% de capim elefante + 50% de gliricídia, e essa mistura também foi utilizada com cobertura morta. Os tratamentos de cobertura morta tiveram as seguintes doses: sem cobertura morta (T1); 100 g (T2); 200 g (T3); 400 g (T4); 800 g (T5) e 1000 g (T6). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições. Em todos os cinco cultivos, foram abertos berços que funcionavam como se fossem vasos para disposição de biomassa vegetal triturada e seca ao ar. No transplantio das mudas, uma camada de solo foi adicionada sobre o material vegetal para facilitar o desenvolvimento inicial, a sustentação das plantas e facilitar a compressão da biomassa. Esse trato cultural evitava a aeração excessiva dos substratos, que ocorre devido à decomposição da biomassa dentro dos berços. Os cultivos sucessivos em berços permitiram aumentar a fertilidade localmente ao invés de toda área de cultivo. As Verdeponias sucessivas também representam um tipo de cultivo mínimo, pois o único preparo do solo entre os cultivos é a reabertura dos berços. No capítulo I, constatou-se o potencial da gliricídia para os cultivos em Verdeponia, pois os tratamentos com maiores proporções de gliricídia, não diferiram entre si e conferiram produtividade mais elevadas. No capítulo I e II, as menores produtividades observadas no T1 e T2 estão associadas, possivelmente, à imobilização de nitrogênio devido à alta relação C/N da biomassa de capim elefante, e também à menor quantidade de nitrogênio nessas misturas. No capítulo III, foi constatado que não houve efeito das doses de cobertura morta sobre a produtividade do quiabo. Recomenda-se a utilização de misturas contendo mais de 50% de gliricídia, visto que se mostraram adequadas dentro do sistema de cultivos sucessivos de olerícolas em Verdeponia, possibilitando a obtenção de elevada produtividade agronômica. Esta técnica se mostrou adequada aos sistemas orgânicos e agroecológicos de produção, por favorecer a gestão da biomassa vegetal e não depender de adubos externos.

Palavras-chave: Substrato. Fonte de nutriente. Berços de cultivos e fertilidade.

GENERAL ABSTRACT

SOUZA, Evandro Francisco Ferreira da Silva. **Successive cultivation of kale, pepper and okra in Greenponics using mixtures of plant biomass of gliricidia and elephant grass.** 2025. 57p. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária). Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

The study was structured in three chapters that address the successive cultivation of vegetables in a Greenponics system, under organic management. Greenponics is an innovative technique in which non-composted plant biomass is used as a substrate and source of nutrients in crops grown in pots in a protected environment, or under field conditions in open cradles (pits) in the soil. The study was carried out in an area in plot 19 of the Integrated Agroecological Production System in Seropédica, metropolitan region of the state of Rio de Janeiro - Brazil, between the years 2022 and 2025. In Chapter I, two kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) crops were evaluated using mixtures of plant biomass elephant grass and gliricidia in the cradles. Between these two kale crops, there was a crop with cambuci pepper (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) and another with okra (*Abelmoschus esculents*), always in the same cradles. In Chapter II, this succession of cambuci pepper and okra crops was evaluated, also with mixtures of gliricidia and elephant grass. In Chapter III, the use of mulch doses on Greenponics cradles was evaluated in the okra crop, which was the last crop, after the second of kale. In chapters I and II, the treatments consisted of: plant biomass with 100% elephant grass (T1); 75% elephant grass + 25% gliricidia (T2); 50% elephant grass + 50% gliricidia (T3); 25% elephant grass + 75% gliricidia (T4) and 100% gliricidia (T5). In chapter III, the cradles were filled with the mixture containing 50% elephant grass + 50% gliricidia, and this mixture was also used as mulch. The mulch treatments had the following doses: no mulch (T1); 100 g (T2); 200 g (T3); 400 g (T4); 800 g (T5) and 1000 g (T6). The experimental design was randomized blocks with four replicates. In all five crops, cradles were opened to act as pots for the disposition of crushed and air-dried plant biomass. When transplanting the seedlings, a layer of soil was added over the plant material to facilitate initial development, plant support and biomass compression. This cultural treatment avoided excessive aeration of the substrates, which occurs due to the decomposition of the biomass inside the cradles. Successive crops in cradles allowed for increased fertility locally rather than throughout the entire crop area. Successive Greenponics also represent a type of minimum cultivation, since the only soil preparation between crops is the reopening of the cradles. In Chapter I, the potential of gliricidia for Greenponics crops was observed, since the treatments with higher proportions of gliricidia did not differ from each other and conferred higher productivity. In Chapters I and II, the lower productivity observed in T1 and T2 are possibly associated with nitrogen immobilization due to the high C/N ratio of the elephant grass biomass, and also to the lower amount of nitrogen in these mixtures. In Chapter III, it was found that there was no effect of mulch doses on okra productivity. The use of mixtures containing more than 50% gliricidia is recommended, since they proved to be suitable within the system of successive vegetable crops in, enabling Greenponics the achievement of high agronomic productivity. This technique proved to be suitable for organic and agroecological production systems, as it favors the management of plant biomass and does not depend on external fertilizers.

Keywords: Substrate. Source of nutrients. Crop cradles and fertility.

RESUMEN EXTENDIDO

SOUZA, Evandro Francisco Ferreira da Silva. **Cultivo sucesivo de col rizada, pimiento y okra en Verdeponia utilizando mezclas de biomasa vegetal de gliricidia y pasto elefante.** 2025, 57p. Tesis (Doctorado en Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria). Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

1. Introducción

Las principales fuentes de nutrientes en la producción vegetal en un sistema orgánico son el estiércol animal, los compuestos orgánicos obtenidos por medios oxidativos o fermentativos y las plantas utilizadas para la cobertura del suelo y como abono verde (BERGSTRAND, 2021; SEDIYAMA et al., 2014).

El manejo de fitomasa in situ es una estrategia para gestionar la fertilidad del suelo en sistemas orgánicos o en transición agroecológica. Los abonos verdes son una alternativa práctica y eficaz para aportar nutrientes y materia orgánica al suelo directamente en el sitio de cultivo (LYU et al., 2024). Las leguminosas son plantas utilizadas como abonos verdes, que producen grandes cantidades de biomasa y son capaces de asociarse con bacterias que transforman el nitrógeno atmosférico en compuestos nitrogenados (ARAÚJO et al., 2024). Sin embargo, los abonos verdes se utilizan generalmente para complementar los fertilizantes de plantas, ya sea como mantillo o incorporados al suelo, y no se utilizan como fuente principal de nutrientes para los cultivos de interés.

La verdeponia es una técnica innovadora que utiliza biomasa vegetal no compostada como sustrato y fuente de nutrientes en cultivos en macetas en un entorno protegido (GENTILE et al., 2025; SOUZA et al., 2021). En la verdeponia, las plantas se enraízan en biomasa no compostada, constituyendo un sustrato biológicamente activo donde los nutrientes se liberan mediante la mineralización de la materia orgánica, y su función es similar a la del suelo (SOUZA et al., 2021). Esta técnica ya se ha probado en macetas con recortes de pasto de papa (*Paspalum notatum*) como principal fuente de nutrientes, y ha presentado resultados de producción similares a los reportados en la literatura para cultivos orgánicos de tomates de ensalada (GENTILE et al., 2025), tomates cherry (SOUZA et al., 2021) y pimientos (GENTILE et al., 2020).

Este estudio busca desarrollar un sistema agrícola sostenible donde la biomasa vegetal se genera mediante podas programadas, valorizando el componente arbóreo de las leguminosas y también las gramíneas con alto potencial de producción de biomasa. El sistema verdeponia se probó en campo, excavando fosas para disponer la biomasa vegetal no compostada de forma concentrada en la zona donde se cosecharon los sistemas radiculares del cultivo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar los cultivos sucesivos de col rizada (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), pimiento (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) y okra (*Abelmoschus esculents*) en verdeponia en campo, utilizando mezclas de biomasa vegetal de gliricidia y pasto elefante como sustrato y fuente de nutrientes bajo manejo orgánico.

2. Metodología

Los cultivos sucesivos de col rizada, pimiento cambuci y okra en verdeponia se llevaron a cabo en el Sistema Integrado de Producción Agroecológica (SIPA), denominado "Fazendinha Agroecológica km 47", entre 2022 y 2025 en la parcela 19. El SIPA representa una unidad de investigación y socialización de conocimientos y técnicas en agroecología, ubicada en el municipio de Seropédica, en el estado de Río de Janeiro, Brasil (latitud 22°45' sur, longitud

43°39' oeste y altitud aproximada de 33 m sobre el nivel del mar). El clima de la región se clasifica como AW según la clasificación de Köppen-Geiger, con veranos cálidos y lluviosos e inviernos fríos y secos.

El experimento I (col rizada) se realizó en 2022, el experimento II (pimiento) en 2023, el experimento III (okra) entre 2023 y 2024, el experimento IV (col rizada) se realizó en 2024 y el último de los cultivos (experimento V) con okra se realizó entre 2024 y 2025. La col rizada elegida fue el híbrido Hi Crop, el pimiento cambuci y el cultivar de okra Santa Cruz 47.

En todos los experimentos, se recolectó biomasa aérea fresca de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) y gliricidia (*Gliricidia sepium*) para la preparación y procesamiento de formulaciones de fertilizantes. En el campo, el material se trituró y luego se llevó a un almacén cubierto y pavimentado, donde se distribuyó en una capa fina y se removió diariamente a la sombra durante 15 días, hasta alcanzar un alto nivel de deshidratación al tacto (aproximadamente un 30 % de humedad).

En ambos experimentos (I, II, III y IV), el diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro réplicas. Los tratamientos consistieron en mezclas de biomasa vegetal de pasto elefante y gliricidia para la preparación de fertilizantes utilizados en el hoyo y en la fertilización de cobertura. Así, los tratamientos fueron: biomasa vegetal con 100% de pasto elefante (T1); 75% de pasto elefante + 25% de gliricidia (T2); 50% de pasto elefante + 50% de gliricidia (T3); 25% de pasto elefante + 75% de gliricidia (T4); 100% de gliricidia (T5).

En el experimento V (okra), los tratamientos de acolchado compuestos por 50 % de pasto elefante + 50 % de gliricidia se administraron en las siguientes dosis: sin acolchado (T1); 100 g (T2); 200 g (T3); 400 g (T4); 800 g (T5) y 1000 g (T6). El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro réplicas.

El área experimental se encontraba en barbecho, sin abono verde, pero mostró buena disponibilidad de nutrientes. El suelo se preparó previamente con un arado de discos y una grada de arrastre, utilizando un tractor Massey Ferguson modelo 275.

En ambos experimentos, las plántulas se produjeron en bandejas de poliestireno de 128 celdas con un sustrato orgánico compuesto por 83 % de humus, 15 % de carbón vegetal y 2 % de torta de ricino (OLIVEIRA et al., 2011). Las bandejas se mantuvieron en un invernadero y se regaron diariamente. Cuando alcanzaron el tamaño y las características ideales, se llevaron al campo para su trasplante.

En el estudio de cultivos sucesivos, se empleó el espaciamiento estándar de 1,0 x 0,5 m entre hileras y plantas (20.000 plantas ha^{-1}), respectivamente. Las parcelas experimentales ocupaban 8,0 m^2 y estaban compuestas por 16 plantas, siendo las cuatro centrales las que constituyan el área útil.

Para establecer los cultivos, se excavaron hoyos de 0,20 x 0,20 x 0,20 m de ancho, largo y profundidad, respectivamente. Al momento del trasplante, se aplicó biomasa triturada secada al aire a cada hoyo. Se añadió una capa de 5 cm de tierra sobre el material vegetal para facilitar el soporte inicial y mantener la humedad dentro del hoyos. Siete días después del trasplante (DDT), los hoyos se compactaron manualmente con las manos alrededor de la planta hasta que se percibió resistencia en el sustrato.

En el experimento I, cada hoyo recibió 750 g de biomasa seca triturada, según las mezclas. La primera aplicación de cobertura se realizó a los 30 días para reemplazar el material descompuesto con 1 L (200 g) de biomasa verde triturada por planta, según los tratamientos. Se realizaron cuatro aplicaciones adicionales de cobertura con el mismo fertilizante a intervalos de 30 días, totalizando 1000 g de biomasa verde triturada por planta. Todas las aplicaciones de cobertura se realizaron colocando la biomasa en un círculo alrededor del tallo, evitando el contacto directo entre el fertilizante y el tallo. Se utilizó biomasa fresca para la cobertura para simplificar el trabajo y reducir el tiempo entre la recolección y la aplicación.

En el cultivo de pimiento (experimento II), se reabrieron las hoyos y se aplicaron 750 g de biomasa triturada secada al aire a cada hoyo, según los tratamientos. La primera aplicación de abono de cobertura se realizó a los 30 días para reemplazar el material descompuesto con 1 L (200 g) de biomasa verde triturada por planta, según los tratamientos. Se realizaron tres aplicaciones adicionales de abono de cobertura con el mismo fertilizante a intervalos de 30 días, totalizando 800 g de biomasa verde triturada por planta. Las aplicaciones de abono de cobertura se realizaron como se describió previamente (experimento I).

Tras el cultivo de pimiento (experimento II), se inició el cultivo de okra (experimento III). Los hoyos utilizados en el experimento de pimiento se reabrieron para una mayor reposición de biomasa, manteniendo los tratamientos previos. En el trasplante, se aplicaron 500 g de biomasa triturada secada al aire a cada hoyo, según los tratamientos descritos anteriormente. En este experimento, no se aplicó abono de cobertura, solo fertilización del hoyos.

En el experimento IV (col rizada), se reabrieron los hoyos y se aplicaron 750 g de biomasa triturada a cada uno durante el trasplante. Se aplicó un fertilizante de cobertura a los 60 días de la siembra y 250 g de biomasa vegetal seca en una sola aplicación.

Para implementar el experimento V (okra), se reabrieron las hoyos utilizadas en cultivos anteriores para la recarga de biomasa. Cada hoyo se rellenó con 600 g de una mezcla con 50 % de pasto elefante y 50 % de gliricidia. A los 60 DDT, se aplicaron dosis de mantillo con 50 % de pasto elefante y 50 % de gliricidia.

Las necesidades hídricas de la col rizada, el pimiento y el okra se cubrieron mediante un sistema de riego por aspersión convencional, manteniendo la humedad del suelo cerca de su capacidad de campo. No se restringió el agua durante ningún experimento. El control de malezas se logró mediante deshierbe manual y con desmalezadoras motorizadas entre las hileras de cultivo.

En el experimento I, la cosecha comenzó a los 42 DDT, con 19 cosechas. En el experimento IV, la cosecha comenzó a los 30 DDT, con 11 cosechas. En ambos experimentos con col rizada, se evaluó el número de hojas, obtenido mediante el conteo de hojas mayores a 20 cm sin signos de senescencia; el rendimiento total y por cosecha; el área foliar; y la producción de materia seca.

En el experimento II, la cosecha de pimiento cambuci comenzó a los 83 DDT y se realizaron 7 cosechas. Las variables de producción analizadas en el ensayo de pimiento fueron: número total de frutos, número de frutos comerciales, productividad total, productividad comercial y materia seca.

En el experimento III, la cosecha de okra comenzó a los 51 DDT, con 30 cosechas (2 semanales). En el experimento V, la cosecha comenzó a los 47 DDT, con 25 cosechas. El punto de cosecha se definió cuando los frutos alcanzaron una longitud de entre 5 y 14 cm. Se evaluaron el número total de frutos, el número de frutos comerciales, la productividad total y la productividad comercial.

Los datos relacionados a la cuantificación de las variables fitotécnicas fueron sometidos a análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Scott-Knott al 5% de significancia y mediante el software SISVAR (FERREIRA, 2019).

Los datos relacionados con la cuantificación de macronutrientes contenidos en la hoja índice de los experimentos III y IV fueron sometidos a análisis de varianza y las medias comparadas mediante la prueba de Scott-Knott utilizando el software SISVAR (FERREIRA, 2019).

3. Resultados

En el Experimento I, las variables de producción mostraron diferencias significativas entre los tratamientos de col rizada. Los tratamientos con 50% o más de gliricidia en la composición mostraron los mejores resultados de producción y no mostraron diferencias significativas entre ellos, con una productividad comercial promedio de 47,67 Mg ha⁻¹.

En el presente trabajo, la producción comercial de col rizada (experimento I) fue superior a los valores encontrados por Alves et al., (2020) quienes al evaluar las características productivas de repollo mantecoso Georgia en consorcio con okra bajo manejo orgánico, lograron una productividad comercial promedio de 20,30 t ha⁻¹ en 147 días de cultivo después del trasplante.

En el cultivo de pimienta cambuci (experimento II), las variables fitotécnicas mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. Los tratamientos que recibieron 50% o más de gliricidia en la mezcla no mostraron diferencias significativas entre sí y presentaron los mejores resultados de producción, con una productividad comercial promedio de 13,75 Mg ha⁻¹. Los tratamientos con las proporciones más bajas de gliricidia en la mezcla (0% y 25%) tuvieron la producción promedio más baja (3,71 Mg ha⁻¹).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo (experimento II) fueron superiores a los de Santos et al. (2012), quienes, trabajando con pimiento cambuci, aplicaron 1 L de estiércol curado y 50 g de ceniza por hoyo al momento del trasplante. Los mismos fertilizantes se utilizaron en el abono de cobertura a los 30, 60 y 80 DAT. Los autores realizaron cuatro cosechas a los 97, 118, 137 y 151 DAT y obtuvieron valores de masa fresca de fruto, número de frutos y masa fresca unitaria de 535,43 g planta⁻¹, 49,14 unidad planta⁻¹ y 13,82 g planta⁻¹, respectivamente. En el presente estudio, se realizaron siete cosechas en 196 días de cultivo.

En el cultivo de okra (experimento III), no se observaron diferencias significativas entre la fertilización con diferentes mezclas de gliricidia y biomasa vegetal de pasto elefante en ninguna de las variables fitotécnicas evaluadas. El efecto residual de las fertilizaciones previas resultó en rendimientos comerciales de fruta de entre 11,87 y 14,68 Mg ha⁻¹, que no mostraron diferencias entre sí, al igual que las demás variables fitotécnicas.

Al estudiar el intercultivo de abonos verdes de crecimiento erecto y bajo en el cultivar de okra Santa Cruz 47, Tivelli et al. (2013) obtuvieron una producción promedio por planta de 190,9 y 582,0 g planta⁻¹, respectivamente, en los sistemas convencional y orgánico. En el presente trabajo, los valores de producción obtenidos en todos los tratamientos de ambos experimentos fueron superiores.

En el experimento IV (col rizada), no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con 50% o más de gliricidia en la proporción de variables de producción, como la productividad comercial promedio de 17,78 Mg ha⁻¹. Los tratamientos con 100% o 75% de pasto elefante presentaron los valores de producción más bajos y no presentaron diferencias entre sí (9,87 Mg ha⁻¹).

En este estudio, se observó una diferencia significativa en las variables de producción entre los cultivos de col rizada. El experimento I se realizó después de un período de barbecho en el área experimental, y el suelo presentó una buena disponibilidad de nutrientes. El experimento IV presentó los valores más bajos en las variables de producción. Ambos experimentos se realizaron en las mismas hoyos de cultivo.

Los tratamientos que recibieron las mayores proporciones de pasto elefante (100% y 75%) podrían haber sufrido deficiencia de nitrógeno debido a la menor cantidad de este nutriente, ya que el pasto elefante tiene una alta relación C/N. El menor contenido de calcio de estas biomassas, en comparación con la gliricidia, también podría haber generado deficiencia en las plantas. A lo largo del ciclo del cultivo, se aplicó un abono de cobertura mensual, pero esto

no fue suficiente para superar las limitaciones. El pasto triturado tenía un tallo grande, lo cual también podría haber sido un factor limitante para esta biomasa.

Para el cultivo de okra (experimento V) no se presentaron diferencias significativas con relación al mulch con diferentes dosis de biomasa vegetal en ninguna de las variables fitotécnicas evaluadas, con una productividad comercial promedio que osciló entre 18,81 y 23,72 Mg ha⁻¹.

Según Filgueira (2008), la productividad promedio de la okra es de entre 15 y 20 Mg ha⁻¹. Esta productividad varía según diversos factores, como el clima, el manejo, la fertilización y la época de cosecha. Por lo tanto, la productividad más baja obtenida en el presente estudio fue de 18,81 Mg ha⁻¹ (experimento V), muy superior a la media nacional.

La productividad de okra en el Experimento V fue significativamente mayor que en el Experimento III, y las posibles explicaciones incluyen el clima con temperaturas más altas y una distribución uniforme de las precipitaciones, así como la acumulación de nutrientes a lo largo de la sucesión antes de la siembra del cultivo final. Si bien la productividad fue alta en este último cultivo, la literatura reporta valores aún más altos en el cultivo tradicional. Esto podría abordarse mediante la verdeponía, con mayores dosis de biomasa en los semilleros y/o complementando esta fertilización con otros compuestos como la torta de ricino, yeso, termofosfatos y otros.

El enfoque propuesto en esta investigación, que consiste en cultivos sucesivos en hoyos, permitió aumentar la fertilidad localmente, en lugar de en toda la superficie cultivada. La verdeponía sucesiva también representa un tipo de labranza mínima, ya que la única preparación del suelo entre cultivos consiste en reabrir los hoyos. Esta técnica ha demostrado ser adecuada para sistemas de producción orgánicos y agroecológicos, ya que favorece la gestión de la biomasa vegetal y no depende de fertilizantes externos.

4. Conclusiones

Los resultados indican el potencial agronómico del uso de mezclas de gliricidia y pasto elefante para el cultivo orgánico de col rizada, pimientos y okra en un sistema de cultivo verdeponía. Las parcelas que recibieron las mayores proporciones de biomasa de gliricidia mostraron variables de producción superiores en ambos años de cultivo de col rizada. En el cultivo de pimiento cambuci, los tratamientos que recibieron biomasa vegetal con 50% o más de gliricidia mostraron los valores de producción más altos y no presentaron diferencias entre sí. En el cultivo de okra, los tratamientos no presentaron diferencias entre sí en ambos experimentos y proporcionaron resultados de producción dentro de los estándares orgánicos reportados en la literatura.

Palabras clave: Sustrato. Fuente de nutrientes. Cunas de crecimiento y fertilidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A) Biomassa vegetal triturada no campo; B) biomassa vegetal triturada disposta para secar ao ar. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022	13
Figura 2. A) Abertura dos berços (covas); B) adubação de transplantio; C) camada de solo para receber as mudas.....	15
Figura 3. A) Adubação de cobertura com biomassa vegetal triturada verde; B) adubação de cobertura com biomassa vegetal triturada seca ao ar.	16
Figura 4. Couves submetidas a adubação com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia. A) Couve cultivada no ano de 2022 (experimento I); B) Couve cultivada no ano de 2024 (experimento II).	16
Figura 5. Produtividade acumulada de couve-folha submetidas a adubação com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia no experimento I. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5). Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022.....	19
Figura 6. Produtividade acumulada de couve-folha submetidas a adubação com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia no experimento II. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5). Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2024.	21
Figura 7. A) Biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante verdes dispostas para secar ao ar; B) biomassas secas prontas para o preparado das misturas.....	29
Figura 8. A) Berços (covas) que foram abertos; B) Berço (cova) aberto para disposição da biomassa vegetal.....	31
Figura 9. Cultivo da pimenta cambuci em Verdeponia utilizando misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2023.	31
Figura 10. Produtividade comercial acumulada de pimenta cambuci submetidas a adubação com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5). Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2023.....	34
Figura 11. Produtividade comercial mensal do quiabeiro cultivado em Verdeponia adubado com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5). Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2023/2024.	36
Figura 12. A) Berço (cova) utilizado para disposição da biomassa vegetal; B) berços (covas) que representavam a área útil. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2024.....	45
Figura 13. A) Mistura de biomassa vegetal seca ao ar contendo 50% de gliricídia + 50% de capim elefante; B) Cobertura morta aplicada na cultura do quiabo. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2024.....	46

Figura 14. A) Gleba 19 usada em todos os experimentos de Verdeponia; B) Quiabeiro em época de colheitas. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2024. 46

Figura 15. Produtividade comercial mensal do quiabeiro cultivado em Verdeponia submetido a diferentes doses de cobertura morta. Biomassa vegetal composta por 50% de capim elefante + 50% de gliricídia: T1 (sem cobertura morta); T2 (100 g); T3 (200 g); T4 (400 g); T5 (800 g) e T6 (1000 g)..... 48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teores de N, P, K, Ca e Mg na fitomassa de parte aérea de gliricídia obtidos em diferentes estudos.	4
Tabela 2. Caracterização química dos macronutrientes presentes na biomassa vegetal composta de gliricídia, de capim elefante e da mistura de ambos usadas no experimento da couve-folha em sistema orgânico, nas condições climáticas da Baixada Fluminense. Biomassa vegetal: T1 (100% de capim elefante); T2 (75% de capim elefante + 25% de gliricídia); T3 (50% de capim elefante + 50% de gliricídia); T4 (25% de capim elefante + 75% de gliricídia) e T5 (100% de gliricídia).	14
Tabela 3. Parâmetros agronômicos (número de folhas, produtividade, matéria seca e área foliar) para couve-folha cultivada em berços preenchidos com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia. Seropédica, RJ, 2022. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5).	18
Tabela 4. Parâmetros agronômicos (número de folhas, produtividade, matéria seca e área foliar) para couve-folha cultivada em berços preenchidos com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia. Seropédica, RJ, 2024. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5).	20
Tabela 5. Teores de macronutrientes (Ca, Mg, P e K) da folha índice de couves adubadas com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia no experimento II. Seropédica, RJ, 2024. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5).	22
Tabela 6. Caracterização química dos macronutrientes presentes na biomassa vegetal composta de gliricídia, de capim elefante e da mistura de ambos usadas no experimento da pimenta cambuci e do quiabo cultivadas em sucessão em sistema orgânico, nas condições climáticas da Baixada Fluminense.	30
Tabela 7. Parâmetros agronômicos (número total de frutos, número de frutos comerciais, produtividade total, produtividade comercial e matéria seca) para pimenta cambuci cultivada em berços preenchidos com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia. Seropédica, RJ, 2023. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5).	33
Tabela 8. Parâmetros agronômicos (número total de frutos, número de frutos comerciais, produtividade total e produtividade comercial) para o quiabeiro cultivado em berços preenchidos com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia. Seropédica, RJ, 2023/2024. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5).	35
Tabela 9. Teores de macronutrientes (Ca, Mg, P e K) na folha índice do quiabeiro, cultivado sob manejo orgânico em Verdeponia no campo. Seropédica, Fazendinha Agroecológica	

Km 47, 2023. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5).....	36
Tabela 10. Parâmetros agronômicos (número total de frutos, número de frutos comercias, produtividade total e produtividade comercial) para o quiabeiro cultivado com diferentes doses de cobertura morta composta por biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia. Seropédica, RJ, 2024/2025. Biomassa vegetal composta por 50% de capim elefante + 50% de gliricídia: T1 (sem cobertura morta); T2 (100 g); T3 (200 g); T4 (400 g); T5 (800 g) e T6 (1000 g).....	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA GERAL	2
2.1. Agroecologia e Produção Orgânica	2
2.2. Plantas de Cobertura de Solo e para Adubação Verde.....	2
2.3. A Espécie Gramínea <i>Pennisetum purpureum</i>	3
2.4. A Espécie Arbórea Gliricídia	3
2.4.1. Composição química da biomassa de gliricídia.....	4
2.5. Formação de Bancos de Produção de Biomassa	4
2.6. Aplicações da Biomassa Vegetal de Gliricídia na Horticultura Orgânica	5
2.6.1. Cobertura morta no cultivo de hortaliças	5
2.6.2. Componentes em formulações de compostos	6
2.6.3. Fertilizante de leguminosa	6
2.7. Cultivo em Verdeponia	6
2.8. A Cultura da Couve-Folha	7
2.9. A Cultura da Pimenta Cambuci	7
2.10. A Cultura do Quiabo	8
3. CAPÍTULO I PRODUÇÃO ORGÂNICA DE COUVE-FOLHA EM VERDEPONIA.....	9
3.1. RESUMO.....	10
3.2. ABSTRACT.....	11
3.3. INTRODUÇÃO	12
3.4. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.4.1. Caracterização da área experimental.....	13
3.4.2. Análise e preparo das misturas.....	13
3.4.3. Delineamento experimental	14
3.4.4. Instalação	14
3.4.5. Tratos culturais.....	15
3.4.6. Variáveis de produção avaliadas	16
3.4.7. Análises estatísticas.....	17
3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.5.1. Produtividade da couve-folha em 2022	18
3.5.2. Produtividade da couve-folha em 2024	20
3.6. CONCLUSÕES	24
4. CAPÍTULO II AVALIAÇÃO DA SUCESSÃO ENTRE CULTIVOS ORGÂNICOS DE PIMENTA CAMBUCI E QUIABO EM VERDEPONIA	25
4.1. RESUMO	26
4.2. ABSTRACT	27
4.3. INTRODUÇÃO	28
4.4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.4.1. Caracterização da área experimental.....	29

4.4.2. Análise e preparo das misturas.....	29
4.4.3. Delineamento experimental	30
4.4.4. Instalação	30
4.4.5. Tratos culturais.....	32
4.4.6. Variáveis de produção avaliadas e nutricional.....	32
4.4.7. Análises estatísticas.....	32
4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.5.1. Produtividade da pimenta cambuci	33
4.5.2. Produtividade do quiabo	35
4.6. CONCLUSÕES	39
 5. CAPÍTULO III CULTIVO ORGÂNICO DE QUIABO EM VERDEPONIA AVALIANDO COBERTURAS MORTAS	40
5.1. RESUMO.....	41
5.2. ABSTRACT.....	42
5.3. INTRODUÇÃO.....	43
5.4. MATERIAL E MÉTODOS	44
5.4.1. Caracterização da área experimental.....	44
5.4.2. Análise e preparo das misturas.....	44
5.4.3. Delineamento experimental	44
5.4.4. Instalação	45
5.4.5. Tratos culturais.....	46
5.4.6. Variáveis de produção avaliadas	46
5.4.7. Análises estatísticas.....	46
5.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
5.5.1. Produtividade do quiabo	47
5.6 CONCLUSÕES	50
 6. CONCLUSÕES GERAIS	51
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1. INTRODUÇÃO GERAL

Um dos maiores desafios para a expansão da agricultura orgânica é a obtenção de fertilizantes orgânicos de origem vegetal ou animal que apresentem eficiência agronômica, especialmente aqueles com elevada concentração de nitrogênio. Os fertilizantes orgânicos frequentemente utilizados, tais como a cama de aviário e o esterco bovino, podem apresentar limitações relacionadas à aquisição em determinadas localidades (BERGSTRAND, 2021). Quando disponíveis, os estercos necessitam de prévia compostagem para atender a legislação vigente, fato que aumenta os custos desses fertilizantes em virtude da necessidade de força de trabalho para a montagem e manejo das pilhas de compostagem.

Uma alternativa aos estercos condiz com a gestão de fitomassa *in situ* de espécies utilizadas para fins de cobertura de solo e adubação verde, especialmente às de espécies fabáceas que fomentam o ingresso de nitrogênio atmosférico no sistema, por meio de associações mutualistas com bactérias fixadoras deste nutriente essencial (ARAÚJO et al., 2024; LYU et al., 2024). Durante um longo período, as recomendações acerca das espécies adubos verdes eram direcionados ao cultivo, seguido do corte com incorporação no solo ou uso como cobertura morta. No entanto, a Verdeponia é uma alternativa recente na qual a biomassa vegetal pode ser cortada e aplicada em covas ou sulcos de maneira localizada, especialmente às derivadas de espécies arbóreas, como a gliricídia (*Gliricidia sepium*) e as forrageiras como o capim elefante (*Pennisetum purpureum*), que toleram podas e produzem biomassa de maneira contínua.

Na Verdeponia as plantas estão enraizadas em um substrato biologicamente ativo, onde os nutrientes são entregues por meio da mineralização da matéria orgânica, a função do substrato é semelhante ao do solo (SOUZA et al., 2021). Esta técnica já foi testada em vasos preenchidos com aparas de grama batatais (*Paspalum notatum*) como substrato e fonte de adubo, e apresentou resultados de produção similares aos reportados pela literatura para os cultivos orgânicos de tomate salada (GENTILE et al., 2025), toma cereja (SOUZA et al., 2021) e pimentão (GENTILE et al., 2020). A Verdeponia é uma técnica inovadora e este trabalho é o primeiro com seu teste no campo e carece de informações sobre a reutilização do substrato e o aproveitamento do lixiviado gerado pela decomposição.

Este estudo busca desenvolver um sistema agrícola sustentável, onde a biomassa vegetal é gerada a partir de podas programadas, valorizando o elemento arbóreo de leguminosas e também de gramíneas com elevado potencial de produção de biomassa. O sistema de Verdeponia foi usado no campo, utilizando berços (covas) abertos para a disposição da biomassa vegetal não compostada com substrato e fonte de nutrientes.

As hipóteses formuladas no presente estudo são: a biomassa vegetal de capim elefante e gliricídia empregadas como substrato e fonte de nutrientes sustentam a produção nos cultivos sucessivos de brassicáceas, solanáceas e malvaceas; há uma proporção adequada de mistura de biomassa de capim elefante e gliricídia empregada como adubo que fornece nutrientes suficiente para atender a demanda nutricional dessas olerícolas.

O trabalho de tese foi estruturado em três capítulos cujo objetivo geral foi avaliar os cultivos sucessivos de couve-folha (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), pimenta cambuci (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) e quiabo (*Abelmoschus esculents*) em Verdeponia utilizando misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante como substrato e fonte de nutrientes sob manejo orgânico.

2. REVISÃO DE LITERATURA GERAL

2.1. Agroecologia e Produção Orgânica

A Agroecologia é uma ciência norteada em princípios de natureza ecológica, social e econômica que fortalece e fundamenta a criação e a gestão de agroecossistemas sustentáveis, com ênfase na utilização de insumos produzidos por meio de soluções baseadas na natureza (EWERT et al., 2023). Com o advento da Agroecologia, surgiram várias correntes alternativas, dentre elas, a agricultura biológica, a natural, a ecológica, a biodinâmica, a permacultura e a agricultura orgânica. Esta última, regida pela Lei 10.831 de 23 de dezembro de 2003, que se encontra em grande expansão no cenário atual.

No contexto da produção orgânica, o solo é considerado um organismo vivo, onde são adotadas práticas de manejo que além do fornecimento de nutrientes contribuem para o aumento do teor de matéria orgânica, além de propiciar a preservação e a manutenção dos microrganismos presentes no solo. A manutenção da fertilidade do solo em sistemas orgânicos de produção é fundamentada em tecnologias sustentáveis que fomentam a utilização de fertilizantes naturais, tais como os estercos, produtos oriundos de compostagem, os resíduos orgânicos de agroindústrias, adubos verdes, produtos oriundos de rochas moídas, dentre outras (SEDIYAMA et al., 2014). Nesse sistema, é fundamental a gestão da fitomassa como fonte de carbono, que associada aos fertilizantes orgânicos, contribuem para a construção da fertilidade do solo, seja por meio de processos químicos, físicos ou biológicos (LYU et al., 2024).

Os alimentos produzidos nesse sistema são isentos de organismos geneticamente modificados em todas as etapas de produção. Todo o plano de manejo, estabelecido anteriormente à instalação do sistema produtivo, busca integrar a produção de alimentos à preservação do meio ambiente e maximização dos benefícios sociais. A agricultura orgânica pode ser adotada por pequenos, médios e grandes produtores em diferentes níveis tecnológicos, com o mesmo objetivo: estabelecer áreas de produção integrando os aspectos sociais, econômicos e ambientais com vistas à sustentabilidade da unidade produtiva.

2.2. Plantas de Cobertura de Solo e para Adubação Verde

A adubação verde consiste em uma das práticas agroecológicas que contribuem substancialmente para a manutenção e a construção da fertilidade do solo nas unidades de produção agrícola (SEDIYAMA et al., 2014). As espécies utilizadas para essa finalidade possuem como característica elevado potencial de produção de fitomassa em curto intervalo de tempo, cujos cultivos podem contemplar diferentes arranjos espaciais, com destaque para os monocultivos, os consórcios simples e os consórcios múltiplos com espécies de interesse econômico (LYU et al., 2024).

As principais espécies utilizadas para fins de adubação verde pertencem a família botânica *Fabaceae* (leguminosas). A fitomassa produzida pelas leguminosas é rica em nitrogênio, cuja maior parte deste nutriente no tecido vegetal pode ser obtida pela fixação biológica do nitrogênio atmosférico (FBN), por meio de associações com bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* (LYU et al., 2024). Uma forma de visualizar a associação entre as raízes das plantas e as bactérias consiste em detectar a presença de nódulos radiculares, que se desprendem facilmente por se tratar de uma estrutura externa.

Essa prática agrícola contribui por meio de diversas maneiras para o desenvolvimento rural, pois as espécies utilizadas para tal finalidade melhoram os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, atuam na prevenção contra agentes causadores de erosão, fomentam a recuperação de áreas potencialmente degradadas, aumentam a diversidade de agentes

polinizadores e inimigos naturais de pragas, bem como interfere positivamente na paisagem local (LYU et al., 2024).

Em virtude da baixa relação Carbono/Nitrogênio (C/N) da maioria das espécies, a taxa de decomposição dos resíduos é acelerada e permite uma liberação de nutrientes em sincronismo com a maioria das espécies de interesse econômico, cultivadas em consórcio ou na sucessão. Esta técnica possui caráter multifuncional e influencia o ambiente circunvizinho. Deve-se destacar que os benefícios desta técnica nas características produtivas das espécies de interesse econômico podem não ser obtidos em um único ano agrícola, variando de curto a longo prazo, desde que o manejo seja realizado adequadamente.

2.3. A Espécie Gramínea *Pennisetum purpureum*

O capim elefante (*Pennisetum purpureum*), também conhecido como pasto elefante, é uma gramínea perene, de origem africana, com elevado potencial de produção de biomassa, sendo indicada para geração de energia, uso forrageiro e como cobertura morta em sistemas agrícolas (MARTUSCELLO et al., 2016). É considerada uma das espécies forrageiras tropicais mais importantes em função do seu elevado potencial de produção de matéria seca, com qualidade e aceitabilidade para rebanhos.

O capim-elefante está entre as espécies de alta eficiência fotossintética (metabolismo C4), que resulta na grande capacidade de acumulação de matéria seca. A cultivar de capim elefante Cameron possui colmos grossos, porte ereto, touceiras densas e folhas largas, sendo bastante utilizada como cobertura morta, em um sistema de manejo com cortes escalonados da sua biomassa (OLIVEIRA et al., 2016). Avaliando o uso de coberturas mortas nos cultivos de hortaliças Gonçalves Júnior (2017), observou que a palhada formada por 100% de capim elefante apresentou as menores constantes de decomposição e os maiores tempo de meia vida.

2.4. A Espécie Arbórea Gliricídia

A gliricídia é uma espécie perene, de porte arbóreo, nativa da América Central, que apresenta crescimento acentuado e sistema radicular profundo, podendo atingir 15 metros de altura (KUMAR & MISHRA, 2013; ARAÚJO et al., 2024), sendo tolerante a podas e com ampla plasticidade quanto ao cultivo em regiões de clima quente que apresentem altitudes de até 800 m (LATAWIEC et al., 2019). As plantas matrizes podem ser obtidas por sementes ou estacas. Optando-se pela propagação via sementes, o cultivo inicial pode ser realizado em bandejas com capacidade para 72 células, preenchidas com substrato e mantidas em estufas de produção de mudas, ou viveiros, por um período de 30 dias (ARAÚJO et al., 2024). Ainda segundo os mesmos autores, após esse período, as mudas são submetidas ao processo de rustificação em ambiente externo, permanecendo por mais 30 dias até o transplante em local definitivo. O cultivo por sementes possibilita plantas mais vigorosas em virtude da formação da raiz pivotante, fato que pode contribuir com melhor estabelecimento da planta, principalmente em áreas sujeitas a longos períodos de estiagem.

Quanto à propagação por estacas, também representa uma possibilidade para a multiplicação, pois as estacas apresentam boa capacidade de rebrota, de enraizamento, e nodulam abundantemente com rizóbios nativos do solo. A gliricídia é uma espécie que apresenta plasticidade com capacidade de se adaptar a diferentes tipos de solos e sob condições de sequeiro. Outro aspecto relevante é que a espécie pode ser inserida em diversos segmentos do setor agropecuário, destacando-se o componente arbóreo em sistemas agroflorestais (MARIN et al., 2006), fonte de fitomassa em sistema de produção de hortaliças e frutíferas (PAULINO et al., 2011), além de ser uma fonte potencial para utilização em dietas de animais (ANDRADE et al., 2015). É considerada uma árvore de múltiplos usos, dentre eles: cobertura

morta (CARVALHO et al., 2018; LIMA et al., 2009; SANTOS et al., 2011), compostagem (SOARES et al., 2020), matéria-prima para biochar (CASTRO et al., 2018; LATAWIEC et al., 2019), produção de compostos fermentados (SOUZA JÚNIOR et al., 2023), fertilizante de leguminosa (ALMEIDA, 2012; ALMEIDA et al., 2008), alimentação animal (ANDRADE et al., 2015; MUNIZ et al., 2019), tutor vivo para plantas (MENEZES et al., 2013), produção de lenha (KUMAR & MISHRA, 2013) e mourão vivo (SÁ et al., 2020).

2.4.1. Composição química da biomassa de gliricídia

A gliricídia pode aportar elevadas quantidades de nutrientes nos sistemas de cultivo, tal fato é atribuído à ciclagem de nutrientes do solo e também pela FBN. Cabe destacar que a concentração de nutrientes no tecido vegetal pode variar nas diferentes regiões de cultivo, pois a fertilidade do solo geralmente é distinta. Na Tabela 1 são apresentados os valores de macronutrientes contidos na fitomassa de gliricídia em diferentes trabalhos científicos conduzidos no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), conhecido como Fazendinha Agroecológica Km 47 situada no estado do Rio de Janeiro, território brasileiro, no período de 2008 e 2024.

O teor médio de N destacado na Tabela 1, de 29,69 g kg⁻¹, é semelhante aos encontrados em outros fertilizantes orgânicos utilizados na horticultura, como por exemplo, os estercos de aves e bovino (FREIRE et al., 2013). Tal fato evidencia a importância da fitomassa dessa espécie como fonte deste elemento na horticultura. Além do N, os teores médios de P, K, Ca e Mg, respectivamente, encontrados no tecido vegetal da gliricídia são de 2,09; 14,17; 12,95 e 4,1 g kg⁻¹. Quanto as quantidades acumuladas de nutrientes, a aplicação de uma tonelada de fitomassa seca de parte aérea dessa espécie é capaz de aportar aproximadamente 30; 2; 14; 13; e 4 kg de, respectivamente, N, P, K, Ca e Mg.

Tabela 1. Teores de N, P, K, Ca e Mg na fitomassa de parte aérea de gliricídia obtidos em diferentes estudos.

Autores	Teores de nutrientes na fitomassa de gliricídia				
	N	P	K	Ca	Mg
	g kg ⁻¹				
Souza Júnior et al. (2023)	29,3	1,8	10,8	14,5	4,4
Carvalho et al. (2018)	33,1	1,3	13,1	8,5	2,5
Gonçalves Júnior (2017)	19,5	1,28	13,18	9,3	4,49
Paula et al. (2015)	30,90	3,08	16,75	16,91	5,77
Oliveira (2015)	39,5	2,20	17,50	16,93	4,78
Almeida (2012)	28,39	2,26	15,19	6,08	3,50
Santos et al. (2011)	32,03	2,45	19,60	-	4,95
Souza et al. (2010)	18,1	2,43	12,87	16,33	0,93
Lima et al. (2009)	25,27	1,67	14,25	16,55	-
Almeida et al. (2008)	40,9	2,4	8,5	11,5	5,2
Média	29,69	2,09	14,17	12,95	4,1

Fonte: Elaborada pelo Autor.

2.5. Formação de Bancos de Produção de Biomassa

Por se tratar de uma espécie perene tolerante a podas, a gliricídia pode ser cultivada por meio da formação de bancos, ou seja, as plantas são cultivadas em espaçamentos reduzidos com intuito de fornecer fitomassa constante com diversas finalidades, como por exemplo, aplicação

direta no solo, composição em coberturas mortas, alimentação animal, abastecimento de pilhas de compostagem, produção de compostos fermentados, dentre outros (MUNIZ et al., 2019). Os bancos são formados por meio do transplante de mudas ou estacas em espaçamentos previamente determinados, ajustados de acordo com o manejo de corte, manual ou mecânico (ARAÚJO et al., 2024). Após o estabelecimento dos bancos, o manejo de corte pode ser realizado de três em três meses sem a necessidade de novos plantios, visto que, a espécie é perene. A fitomassa obtida pode ser aplicada diretamente no solo ou secada em galpão para posterior utilização. Optando-se pelo manejo de corte manual, a base das plantas pode ser estabelecida em 1,0 m de altura, com intuito de obter brotações superiores a este limite, fato que favorece a ergonomia durante o manejo. A colheita mecanizada tem como vantagem a obtenção de elevadas quantidades de fitomassa em período de tempo reduzido, fato que reduz os custos durante o processo e garante maior autonomia aos agricultores, principalmente aqueles que não dispõem ou investem em reduzida força de trabalho nas diversas atividades conduzidas nas propriedades agrícolas (ARAÚJO et al., 2024). No segmento da agricultura familiar a mecanização pode ser fortalecida por meio de associações ou cooperativas, pois a maioria dos agricultores não dispõem de tratores e implementos agrícolas.

2.6. Aplicações da Biomassa Vegetal de Gliricídia na Horticultura Orgânica

2.6.1. Cobertura morta no cultivo de hortaliças

Na composição de coberturas mortas, além dos aspectos relacionados à retenção de umidade e proteção do solo, a fitomassa de gliricídia é uma aliada para o equilíbrio da relação C/N e fornecimento de nutrientes, especialmente o nitrogênio. No caso da utilização em coberturas mortas, a fitomassa total (caule + folhas) é destinada à essa finalidade. Após a poda, que pode ser de maneira manual, com auxílio de facões ou motosserras, a fitomassa é triturada em máquinas forrageiras, secada ao ar e posteriormente misturada à fitomassa de uma outra espécie, por exemplo, o capim elefante (*Pennisetum purpureum*), de alta relação C/N (GONÇALVES JÚNIOR, 2017).

Apesar de poucos relatos na literatura, a utilização da fitomassa de gliricídia com a finalidade de cobertura morta pode contribuir para o aumento de produtividade de espécies de interesse econômico cultivadas em áreas encanteiradas, principalmente quando compõe de 50 a 100% da cobertura morta utilizada (GONÇALVES JÚNIOR, 2017). Este aumento na produção se deve ao fato da maior liberação de nitrogênio proveniente da fitomassa da fabácea, que pode ser disponibilizado de maneira acelerada, em virtude da alta taxa de decomposição dos resíduos (OLIVEIRA et al., 2008). Além deste elemento essencial, a fitomassa da gliricídia pode liberar rapidamente os demais nutrientes contidos no tecido vegetal, pois o tempo de meia vida do resíduo é relativamente curto (PAULA et al., 2015).

No cultivo orgânico de cenoura, Santos et al. (2011) constataram que a utilização de cobertura morta de gliricídia proporcionou aumento de produtividade da hortaliça, associado a maiores teores de nitrogênio, potássio e cálcio nas raízes. Resultados promissores, para mesma hortaliça, também foram relatados por Carvalho et al. (2018), cuja fitomassa de gliricídia utilizada como cobertura morta, associada à fertilização com farelo de mamona e ao uso eficiente da água proporcionaram melhores rendimentos de raízes. No cultivo de alface, a cobertura morta da fabácea também se mostrou eficiente, possibilitando a colheita de plantas com maior massa fresca e área foliar, além de postergar à necessidade de água em relação à ausência de cobertura do solo (LIMA et al., 2009).

2.6.2. Componentes em formulações de compostos

A fitomassa proveniente dos resíduos de poda pode ser processada e utilizada em formulações de compostos orgânicos fermentados do tipo bokashi. A utilização dessa espécie se justifica devido ao amplo potencial de produção de fitomassa, ciclagem de nutrientes e elevado aporte de nitrogênio proveniente da associação mutualista com bactérias fixadoras (PAULINO et al., 2009). Por se tratar de uma espécie arbórea, além dos aspectos inerentes à ciclagem de nutrientes, a gestão da fitomassa dessa espécie *in situ* fomenta outros benefícios, por exemplo, o sequestro de carbono nos ambientes tropicais.

Para a produção dos compostos fermentados, inicialmente a fitomassa é cortada por meio de podas, realizadas de maneira contínua, em bancos previamente instalados. Os bancos podem ser mantidos nas unidades agrícolas por longos períodos, desde que as podas sejam programadas, com três ou quatro cortes ao ano. Após a poda, a fitomassa é disposta sobre lonas para a secagem natural ao ar. Em seguida, as folhas (folíolos + pecíolos) que apresentam maiores concentrações de nutrientes são separadas dos caules significados e trituradas em máquinas, por exemplo, a TMC-4, contendo peneira com abertura de malha de 2 mm.

A fitomassa triturada, em formulações dos compostos fermentados, pode compor até 60% da mistura, conjugada ao complemento de 40% de uma fonte energética, por exemplo, o farelo de trigo. Após a mistura da fitomassa da gliricídia e do farelo de trigo, realiza-se a inoculação com microrganismos fermentadores, tais como o *Lactobacillus plantarum* e a *Saccharomyces cerevisiae*. Posteriormente, a mistura resultante é compactada em recipientes herméticos para o desencadeamento do processo fermentativo, que ocorre no decorrer de 21 dias (SOUZA JÚNIOR et al., 2023). Ao final do processo, o composto fermentado pode ser utilizado na fertilização de diversas culturas, fornecendo nutrientes, matéria orgânica e microrganismos ao solo.

2.6.3. Fertilizante de leguminosa

O fertilizante de leguminosa são produtos derivados do corte, desidratação e moagem da fitomassa área de leguminosas (Fabaceae) com elevado potencial de FBN e facilidade de manejo (ALMEIDA, 2012). O fertilizante de gliricídia é processado por meio da recepagem de árvores com cerca de dois anos de idade. Para a confecção os troncos são cortados a 0,5 m de altura, com auxílio de motosserra, a desidratação ocorre no campo sobre lona. O material passa por um período de secagem, onde os galhos são removidos, e o material remanescente (folíolos e pecíolos) triturado em moinho de facas com abertura de malha de 2 mm de diâmetro.

O fertilizante de gliricídia foi utilizado em cobertura para o cultivo orgânico de alface (*Lactuca sativa cv. Vera*). Nesse estudo os autores concluíram que os fertilizantes de leguminosas são fontes promissoras de nitrogênio para a produção orgânicas de olerícolas, sendo o fertilizante de gliricídia mais eficiente do que a cama de aviário no fornecimento de nitrogênio (ALMEIDA et al., 2008).

De acordo com Almeida (2012), os fertilizantes de gliricídia proporcionam aumentos significativos do pH e dos teores de carbono total e nitrogênio total do solo, assim podem substituir a ureia na provisão de nitrogênio às culturas. Para que se obtenha os mesmos níveis de produtividade, o fertilizante de gliricídia deve ser dosado com o dobro da dose de nitrogênio da ureia (ALMEIDA, 2012).

2.7. Cultivo em Verdeponia

A verdeponia é uma técnica inovadora na qual a biomassa vegetal não compostada é utilizada como substrato e fonte de nutrientes em cultivos conduzidos em vasos em ambiente

protegido (GENTILE et al., 2025; SOUZA et al., 2021). Neste sistema, os vasos são preenchidos com biomassa vegetal não compostada, uma camada de solo é adicionada sobre a biomassa e um núcleo de solo tem a função de receber as mudas e auxiliar na sustentação inicial, e a liberação de nutrientes ocorre pela mineralização da biomassa vegetal presente nos vasos (SOUZA et al., 2021).

Diversos experimentos já foram realizados em sistema de Verdeponia com aparas de grama batatais e os resultados de produção são similares aos reportados pela literatura para os cultivos orgânicos de tomate Perinha Água Branca (SOUZA et al., 2021), tomate Santa Cruz (GENTILE et al., 2025), pimentão (GENTILE et al., 2020) e alface (dados não publicados). Em sistema de Verdeponia, o tomate cereja apresentou resultados semelhantes para a produção por planta e eficiência no uso da água entre os tratamentos controle (água de irrigação) e o inoculado com água resíduária bruta (SOUZA et al., 2021). Os autores destacaram que as aparas de grama dispensam a adição de inoculante para fornecer nutrientes para planta. Em experimento com o tomate Santa Cruz do tipo Kada, Gentile et al. (2025) observou maior eficiência no uso de água para o tratamento com solo adubado com esterco curtido, pois as aparas de grama apresentam caminhos preferenciais para a drenagem da água.

2.8. A Cultura da Couve-Folha

As brassicáceas (crucíferas) instituem a família botânica que engloba o maior número de culturas oleráceas, ocupando lugar de destaque na olericultura do centro-sul do Brasil. A couve silvestre (*Brassica oleracea* var. *silvestres*) pode ser encontrada nas costas do mar Mediterrâneo e no litoral atlântico da Europa Ocidental. A couve-folha (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), também conhecida como couve comum ou simplesmente couve, é uma hortaliça arbustiva anual ou bianual, de grande importância na alimentação humana (FILGUEIRA, 2008). Dependendo da cultivar, a couve-folha pode ser propagada por sementes ou por mudas. No território brasileiro, a propagação vegetativa com a formação de mudas a partir de brotos que surgem nas axilas das folhas é o método preferido pelos agricultores (TRANI et al., 2015).

A couve apresenta caule ereto, que suporta a planta e emite novas folhas continuamente, distribuindo-se em forma de roseta, ao redor do caule (FILGUEIRA, 2008). As folhas não formam “cabeça” e apresentam limbo bem desenvolvidos, arredondados, com pecíolo longo e nervuras bem destacadas. Ainda segundo o mesmo autor, esta cultura é típica de outono-inverno, sendo bem adaptada ao frio intenso e resistente a geada. A adubação orgânica é altamente proveitosa, se usada dias antes do transplante, incorporado no sulco.

A colheita é iniciada já aos 50-60 dias do transplante, permanecendo por um período de até dois anos pelo menos. O cultivo da couve-folha é rústico, inclusive quanto as exigências nutricionais, o espaçamento de 100x50 cm tem sido bastante utilizado em plantios comerciais, objetivando uma cultura de longa duração e alta produtividade (FILGUEIRA, 2008).

2.9. A Cultura da Pimenta Cambuci

A pimenta Cambuci (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*), também conhecida como Chapéu de Frade ou Chapéu de Bispo, é de origem brasileira, considerada uma pimenta doce, pois seus frutos apresentam leve pungência (RIBEIRO et al., 2010; FILGUEIRA, 2008). A planta é perene e arbustiva, atingindo 1,20 m de altura, com caule resistente e ampla ramificação lateral (FILGUEIRA, 2008). Seus frutos possuem formato campanulado ou de sino, com cerca de 4 cm de comprimento e 7 cm de largura, pesando em torno de 40 a 50 g, na coloração verde quando imaturos e vermelhos quando maduros (RIBEIRO et al., 2010). A colheita pode ser iniciada aos 100-140 dias da semeadura, podendo durar mais de 100 dias. Os frutos muito

aromáticos podem ser usados, *in natura* ou industrializados, como condimento de mesa em saladas, recheados e cozidos.

2.10. A Cultura do Quiabo

O quiabeiro (*Abelmoschus esculents*) é planta anual, arbustiva, de caule semilenhoso e porte ereto que pode alcançar 3 m de altura. O quiabo pertence à família das malváceas, sendo originária do continente africano. É uma cultura que necessita de temperaturas elevadas para se desenvolver e produzir frutos, sendo intolerante ao frio que prejudica o crescimento, a floração e a frutificação. Em regiões baixas e quentes com inverno ameno, como a Baixada Fluminense e a Baixada Cuiabana, pode ser cultivada ao longo do ano inteiro até mesmo durante o inverno (FILGUEIRAS, 2008).

O quiabeiro é uma planta bem rústica e pouco exigente em água. A cultivar mais plantada é a Santa Cruz 47 que foi obtida por fitomelhoristas fluminenses, que apresenta porte baixo, medindo até 2 m de altura que facilita a colheita. Os frutos são cilíndricos, de coloração verde-clara, tendo a ponta ligeiramente recurvada e um menor teor de fibras em relação a outras cultivares. A colheita se inicia aos 60 -75 dias para cultura de primavera-verão e, aos 85 – 100 dias, no outono-inverno podendo prolongar-se por 5-8 meses. Geralmente a colheita é feita em dias alternados para melhor produtividade e qualidade dos frutos, pois a permanência de frutos passados na planta prejudica o desenvolvimento de novos frutos, levando a perdas de produtividade. A produtividade esperada varia em torno de 15-20 t ha⁻¹ para o cultivo convencional (FILGUEIRAS, 2008).

3. CAPÍTULO I

PRODUÇÃO ORGÂNICA DE COUVE-FOLHA EM VERDEPONIA

3.1. RESUMO

A Verdeponia é uma técnica inovadora cuja biomassa vegetal é usada como substrato e fonte de nutrientes em cultivos conduzidos em recipientes em ambiente protegido, ou sob condições de campo em berços (covas) abertos no solo. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a produção da couve-folha (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), utilizando misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante como substrato e fonte de nutrientes em Verdeponia no campo sob manejo orgânico. Para tanto, dois experimentos foram conduzidos na Fazendinha Agroecológica Km 47, em Seropédica-RJ. Em ambos os experimentos os tratamentos constaram de: biomassa vegetal com 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4) e 100% de gliricídia (T5). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições. Para o cultivo da couve em 2022, foram abertos berços (covas), que funcionavam como vasos que foram enriquecidos localmente. Por ocasião do transplantio das mudas, os berços receberam 750 g de biomassa triturada seca ao ar, conforme as misturas. Uma camada de solo (0,05 m) foi adicionada sobre o material antecedendo ao transplantio das mudas. Aos 30 dias após o transplantio procedeu-se à adubação de cobertura com 200 g de biomassa verde triturada, conforme as misturas, sendo esta operação repetida em quatro ocasiões, em intervalos de 30 dias, totalizando 1000 g de biomassa verde. No segundo experimento da couve (2024) os berços foram reabertos para uma nova recarga de biomassa (750 g) e na cobertura foram aplicados 250 g de biomassa triturada seca ao ar em uma única aplicação, conforme as misturas. No experimento I e II foram realizadas 19 e 11 colheitas respectivamente e avaliados o número de folhas comerciais, produtividade total e por colheita, área foliar e matéria seca. No experimento I, os tratamentos com maiores proporções de gliricídia T3, T4 e T5, não diferiram entre si e conferiram produtividades mais elevadas (valor médio de $47,66 \text{ Mg ha}^{-1}$) de folhas de couve do que o T1 e o T2, que também não diferiram entre si (valor médio de $36,47 \text{ Mg ha}^{-1}$). As menores produtividades de folhas observadas no T1 e no T2 estão associadas, possivelmente, à imobilização de nitrogênio devido à alta relação C/N da biomassa do capim elefante e a menor quantidade desse elemento. No experimento II, as menores produtividades para o T1 e o T2, que não diferiram entre si (valor médio de $9,87 \text{ Mg ha}^{-1}$) também podem ter ocorrido devido a imobilização de nitrogênio e menor aporte desse nutriente. Os resultados obtidos indicam potencial agronômico para o uso de gliricídia e misturas com capim elefante para o cultivo orgânico de couve-folha em sistema de Verdeponia.

Palavras-chave: Biomassa vegetal. Substrato. Fonte de nutrientes e berços.

3.2. ABSTRACT

Greenponics is an innovative technique in which plant biomass is used as a substrate and source of nutrients in crops grown in containers in a protected environment, or under field conditions in open cradles (pits) in the soil. The objective of this research was to evaluate the production of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), using mixtures of plant biomass of gliricidia and elephant grass as substrate and source of nutrients in Greenponics in the field under organic management. To this end, two experiments were conducted at the Agroecological Farm Km 47, in Seropédica-RJ. In both experiments, the treatments consisted of: plant biomass with 100% elephant grass (T1); 75% elephant grass + 25% gliricidia (T2); 50% elephant grass + 50% gliricidia (T3); 25% elephant grass + 75% gliricidia (T4) and 100% gliricidia (T5). The experimental design was randomized blocks with four replications. For the cultivation of kale in 2022, cradles (pits) were opened, which functioned as pots that were enriched locally. When transplanting the seedlings, the cradles received 750 g of air-dried crushed biomass, according to the mixtures. A layer of soil (0.05 m) was added over the material prior to transplanting the seedlings. Thirty days after transplanting, top dressing was applied with 200 g of shredded green biomass, according to the mixtures, and this operation was repeated on four occasions, at 30 day intervals, totaling 1000 g of green biomass. In the second kale experiment (2024), the cradles were reopened for a new biomass recharge (750 g) and 250 g of air-dried plant biomass were applied to the cover in a single application, according to the mixtures. In experiments I and II, 19 and 11 harvests were carried out respectively and the number of commercial leaves, total and per harvest productivity, leaf area and dry matter were evaluated. In experiment I, the treatments with higher proportions of gliricidia, T3 T4 and T5, did not differ from each other and conferred higher productivity (average value of 47.66 Mg ha^{-1}) of kale leaves than T1 and T2, which also did not differ from each other (average value of 36.47 Mg ha^{-1}). The lower leaf productivity observed in T1 and T2 is possibly associated with nitrogen immobilization due to the high C/N ratio of elephant grass biomass and the lower amount of this element. In experiment II, the lowest productivities for T1 and T2, which did not differ from each other (average value of 9.87 Mg ha^{-1}) may also have occurred due to nitrogen immobilization and lower input of this nutrient. The results obtained indicate agronomic potential for the use of gliricidia and mixtures with elephant grass for the organic cultivation of kale in a Greenponics system.

Keywords: Plant biomass. Substrate. Source of nutrients and cradles.

3.3. INTRODUÇÃO

A biomassa vegetal pode ser usada no abastecimento de pilhas de compostagem, na produção de compostos fermentados, como cobertura morta, revolvida no solo ou na alimentação animal. A fermentação e a compostagem necessitam de um tempo elevado para estabilização do material orgânico, além de levar a perda de nutrientes por volatilização ou lixiviação (COTTA et al., 2015). Os adubos orgânicos frequentemente usados, como cama de aviário e o esterco bovino, são de difícil obtenção em algumas regiões e possuem custo elevado, podendo apresentar elevada contaminação química (BERGSTRAND, 2021). Em sistemas orgânicos a biomassa vegetal é usada em complementação a adubação de plantio, seja como cobertura morta ou incorporada ao solo não sendo aplicada como única e exclusiva fonte de nutrientes para as culturas de interesse. O uso direto da biomassa vegetal como substrato e fonte de nutrientes deveria ser considerado nos sistemas agrícolas.

O uso da adubação verde nos sistemas orgânicos de produção é uma estratégia importante na conservação do solo e com elevado potencial de impacto na produtividade das culturas (SEDIYAMA et al., 2014). As leguminosas são usadas devido a sua capacidade de associação com bactérias que são fixadoras de nitrogênio atmosférico, apresentando decomposição e liberação rápida de nutrientes (LYU et al., 2024). As gramíneas são plantas capazes de acumular elevadas quantidades de biomassa vegetal, sendo utilizadas para manutenção da biomassa sobre o solo por um período elevado. Uma estratégia para otimizar a gestão da biomassa vegetal é a valorização do elemento arbóreo. Coberturas vegetais podem ser geradas de podas programadas, favorecendo a reciclagem de nutrientes na própria unidade agrícola.

Além de reduzir a demanda externa de fertilizantes, a gestão da biomassa gerada nas unidades de produção agrícola também contribui para o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis, fato que fortalece à agroecologia e incentiva os agricultores a buscarem soluções tecnológicas baseadas na natureza (LYU et al., 2024).

Este grupo de pesquisa vem desenvolvendo ao longo dos anos um sistema de cultivo de plantas, denominado de Verdeponia, que consiste no uso de biomassa vegetal não compostada como substrato e fonte de nutrientes no cultivo em vasos sem a necessidade de compostagem prévia (GENTILE et al., 2025; SOUZA et al., 2021). Os resultados obtidos nos vasos, em ambiente protegido, motivaram a levar esta técnica para o campo onde a biomassa vegetal pode ser aplicada em sulcos ou covas.

A couve-folha (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), também conhecida como couve comum ou simplesmente couve, é uma hortaliça arbustiva anual ou bianual, de grande importância na alimentação humana (FILGUEIRA, 2008). A obtenção de uma alta produtividade e boa qualidade das folhas está diretamente ligada a uma nutrição balanceada.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a produção da couve-folha, utilizando misturas de capim elefante e gliricídia como substrato e fonte de nutrientes em Verdeponia no campo sob manejo orgânico.

Os objetivos específicos deste trabalho foram avaliar: (a) a produção e a produtividade da cultura da couve em sistema orgânico em dois ciclos; e (b) avaliar o teor e o acúmulo de nutrientes nas folhas da couve-folha.

3.4. MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1. Caracterização da área experimental

Dois experimentos foram conduzidos, em área dentro da gleba 19 no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), denominado “Fazendinha Agroecológica Km 47”. O SIPA surgiu do convênio entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) – Agrobiologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e a Empresa de Pesquisa Agropecuária do estado do Rio de Janeiro (Pesagro). O SIPA representa uma unidade de pesquisa e a socialização de conhecimentos e técnicas em agroecologia, localizado no município de Seropédica, no Estado do Rio de Janeiro, Brasil (Latitude 22°45' Sul, Longitude 43°39' Oeste, e altitude de aproximadamente 33 m acima do nível do mar). O clima da região é classificado como AW segundo a classificação de Köppen-Geiger com verão quente e chuvoso e inverno frio e seco (CARVALHO et al., 2006).

3.4.2. Análise e preparo das misturas

As biomassas aéreas frescas de capim elefante e gliricídia foram coletadas na área do Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, localizado em Seropédica, para o preparo e processamento das formulações dos adubos. Na coleta da biomassa de gliricídia, foram aproveitadas as folhas (folíolos e pecíolos) e os ramos finos com diâmetro de até 16 mm, provenientes da rebrota de árvores. O corte do material foi realizado, com aproximadamente 7 meses de rebrota e se utilizou motosserra marca Stihl modelo 038 Magnum e fação. No campo o material foi triturado, posteriormente levado para um galpão coberto e pavimentado, onde foi distribuído em uma fina camada, revolvido diariamente a sombra, durante um período de 15 dias, até alcançar nível elevado de desidratação ao tato (aproximadamente 30% de umidade).

A biomassa vegetal de capim elefante foi coletada quando as plantas estavam com aproximadamente 12 meses de rebrota, manualmente com auxílio de catana, sendo os colmos e folhas posteriormente triturados, sendo postos a secar como descrito anteriormente para a gliricídia (Figura 1A e B).



Figura 1. A) Biomassa vegetal triturada no campo; B) biomassa vegetal triturada disposta para secar ao ar. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022.

Para a obtenção da matéria seca da biomassa, foi coletado uma subamostra de 500 g de cada tratamento para secagem em estufa com ventilação forçada, em temperatura de 65 °C, até o material alcançar massa constante. Posteriormente o material foi processado em moinho de facas tipo Willey, com malha de 20 mesh, a fim de proceder-se à análise química para

determinação dos teores de macronutrientes, como preconizado por Nogueira e Souza (2005), apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química dos macronutrientes presentes na biomassa vegetal composta de gliricídia, de capim elefante e da mistura de ambos usadas no experimento da couve-folha em sistema orgânico, nas condições climáticas da Baixada Fluminense. Biomassa vegetal: T1 (100% de capim elefante); T2 (75% de capim elefante + 25% de gliricídia); T3 (50% de capim elefante + 50% de gliricídia); T4 (25% de capim elefante + 75% de gliricídia) e T5 (100% de gliricídia).

Tratamento	P	K	Ca	Mg	N	C
	g kg ⁻¹					
T1	3,28	12,43	5,49	7,60	11,44	376,41
T2	3,20	15,30	9,84	6,91	13,27	369,99
T3	2,88	19,20	14,37	6,95	19,00	368,10
T4	3,28	22,45	17,29	8,28	18,86	377,40
T5	2,42	22,07	16,45	6,72	21,78	372,67

3.4.3. Delineamento experimental

Em ambos os experimentos (I e II) o delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de misturas de biomassa vegetal de capim elefante e gliricídia para o preparo dos adubos empregado no berço (cova) e na adubação de cobertura. Desta forma, os tratamentos foram: biomassa vegetal com 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5).

3.4.4. Instalação

A amostragem do solo foi realizada na camada de 0-20 cm para caracterização do estado de fertilidade química no primeiro ano agrícola, como preconizado por Nogueira e Souza (2005). Os resultados da análise revelaram os seguintes valores: pH (água) = 5,96; Ca = 4,23 cmol_c dm⁻³, (H + Al) = 1,27 cmol_c dm⁻³, Mg = 1,95 cmol_c dm⁻³, K = 86,35 mg dm⁻³ e P = 16,98 mg dm⁻³. A área experimental estava em pousio, sem adubação verde, mas apresentando boa disponibilidade de nutrientes.

O solo foi previamente preparado com arado de disco e grade de arrasto, utilizando-se trator marca Massey Ferguson, modelo 275. A separação e a demarcação das parcelas foram feitas com o auxílio de um gabarito de bambu e de trena métrica, cada parcela apresentava 4 m de comprimento por 2 de largura, distanciados 0,5 m entre eles. Em cada parcela foi colocada uma estaca de madeira numerada com sua identificação. Cada parcela possuía uma área de 8 m², num total de 24 parcelas em uma área total de 192 m².

Em ambos os experimentos a couve-folha escolhida foi o híbrido Hi Crop que foi semeado em bandejas de isopor de 128 células com substrato orgânico composto por 83% de húmus, 15 % de carvão e 2% de torta de mamona (OLIVEIRA et al., 2011). As bandejas foram mantidas em casa de vegetação e irrigadas diariamente, quando alcançarem porte e características ideias foram levadas ao campo para o transplantio.

Em cada parcela foram cultivadas quatro linhas de couve, no espaçamento de 0,50 m entre plantas e 1,0 m entre linhas (20.000 plantas ha⁻¹), totalizando 16 plantas nas parcelas, as quatro centrais compondo a área útil. Para implantação dos cultivos forma abertas berços com

o auxílio de uma cavadeira articulada e outra reta. Os berços apresentavam 0,20 x 0,20 x 0,20 m de largura, comprimento e profundidade, respectivamente (Figura 2A).

O primeiro experimento ocorreu no ano de 2022 e na ocasião do plantio da couve foram aplicados 750 g de biomassa triturada em cada berço (Figura 2B), de acordo com as misturas. Sobre o material foi adicionado uma camada de solo, sem adubação, de 0,05 m para receber as plantas, auxiliar na sustentação inicial e manter a umidade no interior da biomassa (Figura 2C). Aos 7 dias após o transplantio (DAT) foi realizado uma compressão manual dos berços, feita com as mãos ao redor da planta até sentir resistência do substrato.

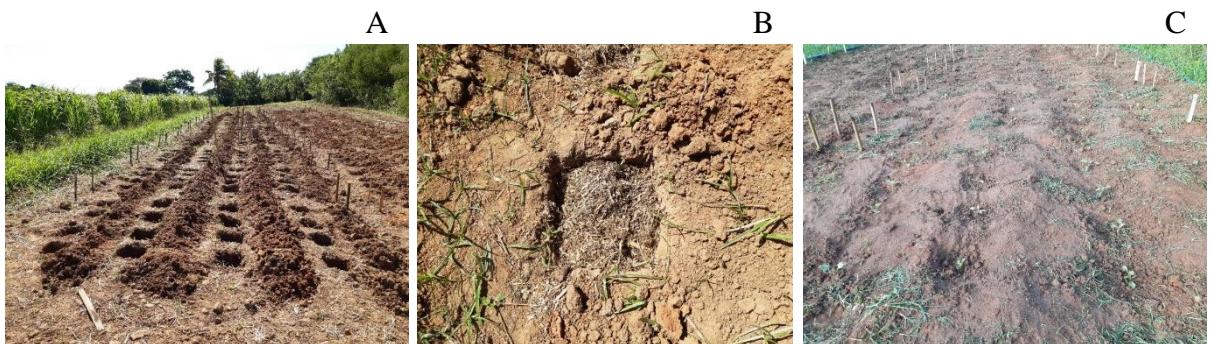


Figura 2. A) Abertura dos berços (covas); B) adubação de transplantio; C) camada de solo para receber as mudas.

Após esse experimento com couve, houve uma sucessão com mais dois experimentos realizados nos mesmos berços e com os mesmos tratamentos do primeiro experimento. O seguinte foi com a pimenta cambuci (2023) e o outro com quiabo (2023/2024). A sucessão seguiu com mais um experimento de couve que é descrito abaixo. A sucessão de pimenta cambuci e quiabo será analisada no Capítulo II.

O segundo experimento da couve foi conduzido no ano de 2024 nos mesmos berços de cultivos dos experimentos da couve (2022), pimenta (2023) e do quiabo (2023/2024), respectivamente sendo o quarto experimento em sucessão com Verdeponia. Foi adotado o mesmo procedimento para a semeadura e a produção de mudas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições como descrito anteriormente. O arranjo da parcela foi o mesmo do primeiro experimento, no espaçamento de 0,50 m entre plantas e 1,0 m entre linhas. A coleta da biomassa de capim elefante e gliricídia para o preparado dos adubos verdes, abertura dos berços foi realizado como descrito anteriormente no experimento da couve. As parcelas receberam o material com a mesma composição e misturas do experimento da couve (2022). No transplantio foram aplicados 750 g de biomassa triturada em cada berço e sobre esse material foi adicionado uma camada de solo proveniente de cada berço de cultivo.

3.4.5. Tratos culturais

No experimento I (2022), a primeira adubação em cobertura foi realizada 30 DAT para repor o material que sofreu decomposição com 1 L (200 g) de biomassa verde triturada por planta de acordo com os tratamentos (Figura 3A). Outras quatro adubações de cobertura com o mesmo adubo foram realizadas em intervalos de 30 dias, totalizando 1000 g de biomassa verde triturada por planta. Todas as adubações de cobertura foram feitas com colocação da biomassa em círculo ao redor do caule, tomando cuidado para não haver contato direto entre adubo e caule. Optou-se por biomassas frescas para a adubação de cobertura para simplificar o trabalho e exigir menos tempo entre coleta e aplicação. Não foi colocado solo sobre a adubação de cobertura.

No experimento II (2024) a adubação de cobertura ocorreu 60 DAT. Na cobertura foram aplicados 250 g de biomassa vegetal seca ao ar em uma única aplicação (Figura 3B).

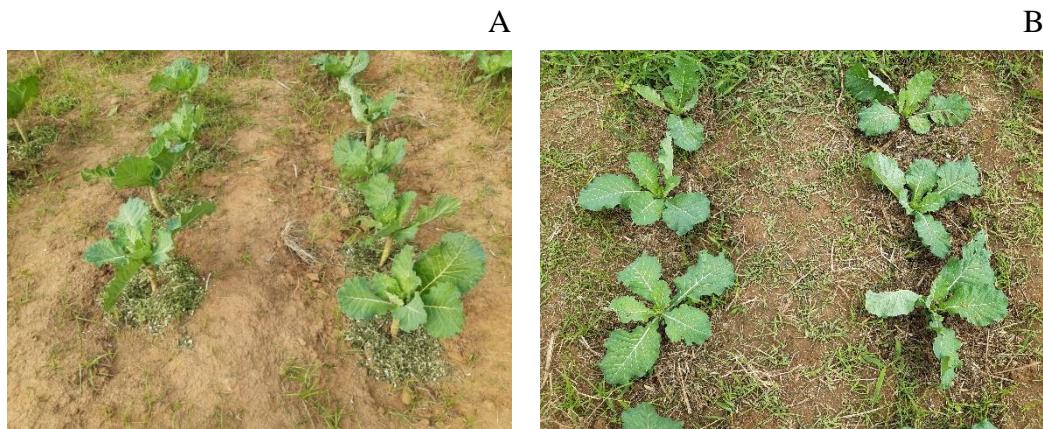


Figura 3. A) Adubação de cobertura com biomassa vegetal triturada verde; B) adubação de cobertura com biomassa vegetal triturada seca ao ar.

O controle de plantas espontâneas foi realizado por meio de capinas manuais regulares e por roçadores motorizados nas entrelinhas de cultivo. O controle de pulgões e lagartas, quando necessário, foi feito pela aplicação de óleo de Nim e Dipel, respectivamente. A irrigação do experimento foi realizada por aspersão convencional, a umidade do solo foi mantida próxima à capacidade de campo.

3.4.6. Variáveis de produção avaliadas

No experimento I, a colheita teve início aos 42 DAT, sendo realizadas 19 colheitas entre os meses de junho e novembro de 2022 (Figura 4A). No experimento II, a colheita teve início aos 30 DAT, sendo realizadas 11 colheitas entre os meses de junho e outubro de 2024 (Figura 4B). Em ambos os experimentos, foram avaliados o número de folhas, obtida pela contagem das folhas maiores que 20 cm e sem sinais de senescências; produtividade total e por colheita; área foliar e produção de matéria seca.

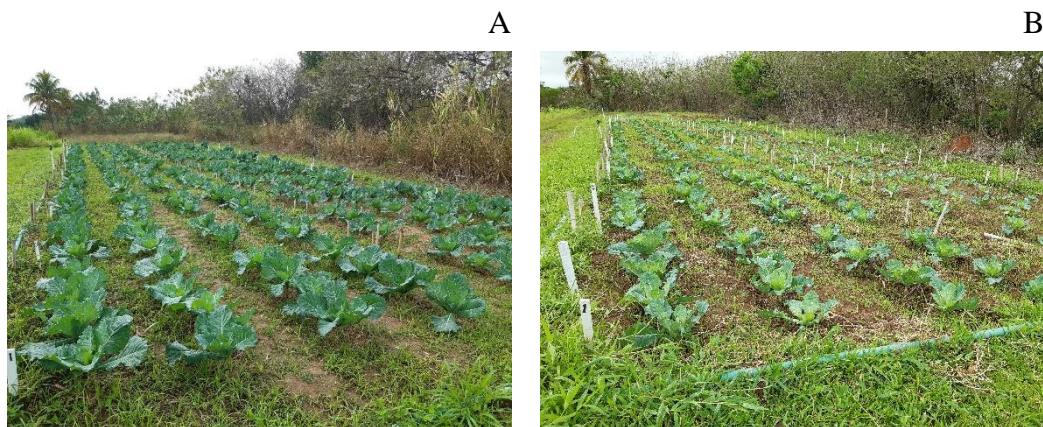


Figura 4. Couves submetidas a adubação com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia. A) Couve cultivada no ano de 2022 (experimento I); B) Couve cultivada no ano de 2024 (experimento II).

No experimento II, foram avaliados os teores de macronutrientes contidos nas folhas índice da couve. As folhas foram secas em estufa de ventilação forçada a 65°C, até alcançar

massa constante. Em seguida o material foi processado em moinho de facas tipo Willey, com malha de 20 mesh, a fim de proceder-se à análise química para determinação dos teores de macronutrientes como preconizado por Nogueira e Souza (2005). As avaliações foram nas folhas das colheitas 1 e 2; 3 e 4; 7 e 8 e 11.

3.4.7. Análises estatísticas

Os dados relativos à quantificação das variáveis fitotécnicas foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas utilizando o teste de Scott-Knott a 5 % de significância utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2019).

Os dados relativos à quantificação dos macronutrientes contidos na folha índice do experimento II foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas utilizando o teste de Scott-Knott a 5 % de significância usando o software SISVAR (FERREIRA, 2019).

3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5.1. Produtividade da couve-folha em 2022

Para o cultivo da couve-folha as variáveis de produção apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 3). Os tratamentos com 50% ou mais de gliricídia na composição apresentaram os melhores resultados de produção e não apresentaram diferenças significativas entre si.

Tabela 3. Parâmetros agronômicos (número de folhas, produtividade, matéria seca e área foliar) para couve-folha cultivada em berços preenchidos com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia. Seropédica, RJ, 2022. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5).

Tratamento	Número de folhas	Produtividade	Matéria seca	Área foliar
	un ha ⁻¹	----- Mg ha ⁻¹ -----		m ²
T1	1.925.416,67 b	34,24 b	4,55 b	54.935,79 b
T2	1.982.916,67 b	38,70 b	5,01 b	61.389,52 b
T3	2.103.750,00 a	45,29 a	5,63 a	70.500,57 a
T4	2.170.833,33 a	48,02 a	5,85 a	75.436,78 a
T5	2.226.250,00 a	49,68 a	5,92 a	78.095,95 a
CV (%)	3,37	7,87	5,11	7,74

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna (entre tratamentos), diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de significância. CV % - Coeficiente de variação.

O experimento I com a couve durou 208 dias, sendo que a primeira colheita ocorreu aos 42 DAT. O estímulo promovido pela segunda adubação de cobertura da couve após a 3^a colheita foi mantido até a 5^a colheita (Figura 5). A terceira adubação em cobertura ocorreu após a 7^º colheita, e os efeitos foram observados na 8^º colheita com o aumento na produção de folhas. A quarta adubação em cobertura foi realizada após a 11^a colheita, sendo que o aumento na taxa de emissão de folhas foi observado na 13^º colheita. A última cobertura ocorreu após a 15^a colheita, não sendo suficiente para elevar a taxa de emissão de folhas.

Em consórcio com leguminosas para fins de adubação verde, na mesma localidade do presente trabalho, Silva et al. (2011) obtiveram, sob plantio direto de outro híbrido de couve (HS 20 – F1) com os tratamentos de monocultivo, consórcio com mucuna-anã e consórcio com crotalária spectabilis, as produtividades de 37,7; 40,3 e 42,9 t ha⁻¹, respectivamente. As covas receberam aplicação de esterco bovino curtido e as leguminosas foram cortadas na época do florescimento, sendo material deixado sobre o solo. Os valores observados pelos autores foram superiores ao T1 (capim elefante) encontrado neste trabalho, mas ambos os valores com consórcio são inferiores ao T3, T4 e T5 que foram adubados com uma leguminosa que possui alto teor de nitrogênio e misturas com capim elefante (Tabela 3). Entretanto, nas três condições do trabalho de Silva et al. (2011), o número de folhas comerciais de couve foi inferior às observadas no presente trabalho.

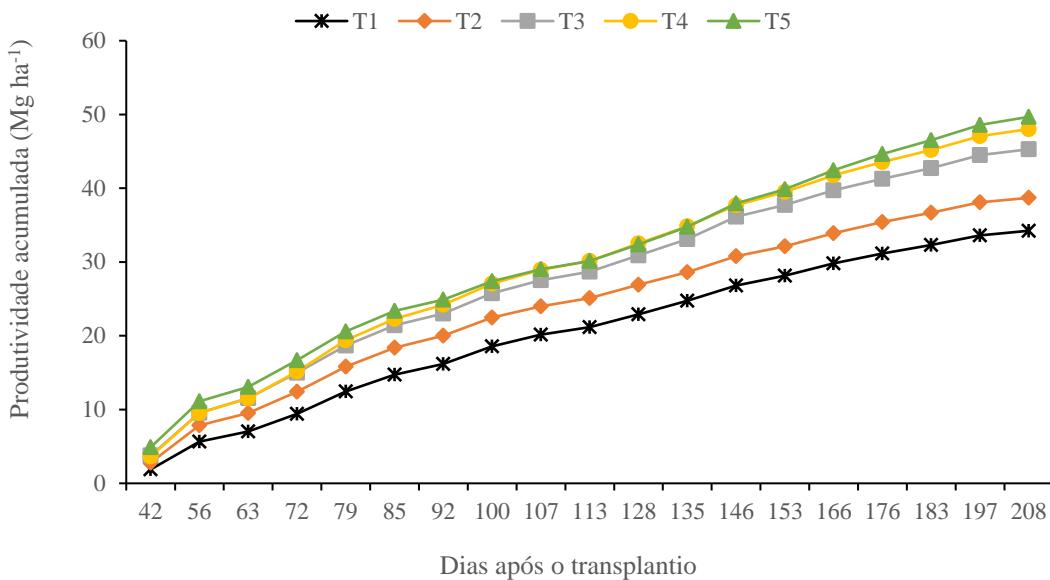


Figura 5. Produtividade acumulada de couve-folha submetidas a adubação com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia no experimento I. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5). Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2022.

Avaliando a produção de couve-folha sob manejo orgânico, Corrêa et al. (2014), alcançaram o número de folhas de 1.967.083 e 1.917.083 un ha^{-1} e produtividade de 46,03 e 42,19 Mg ha^{-1} para o plantio direto e plantio com preparo convencional do solo, respectivamente. O preparo convencional consistiu do revolvimento da palhada dos adubos verdes com enxada rotativa acoplada a um trator com abertura de covas para o plantio de mudas de couve, o plantio direto da abertura de covas sobre a palhada dos adubos verdes. A couve escolhida foi a mesma deste trabalho e cada cova recebeu 240g de esterco bovino (47,74% de umidade) e 9 g de sulfato de potássio (50% de K_2O) na ocasião do transplante. No presente trabalho foram observados 1.925.416,67 e 2.226.250,00 un ha^{-1} para o T1 e o T5, respectivamente, e apenas adubos verdes foram usados, sendo os mesmos provenientes de leguminosas arbóreas e gramíneas perenes que se encontravam próximas à área experimental, favorecendo a gestão da biomassa vegetal e prescindindo de adubos comerciais e de compostagem. A utilização de fertilizantes sustentáveis provenientes de biomassa vegetal contribui para redução na emissão de gases de efeito estufa e para proteção ambiental.

No presente trabalho a produção comercial de folhas de couve foi superior aos valores encontrados por Alves et al., (2020) que avaliando as características produtivas da couve manteiga Geórgia em consórcio com quiabeiro sob manejo orgânico, alcançaram produtividade comercial média de 20,30 t ha^{-1} em 147 dias de cultivo após o transplante.

No cultivo da couve verificou-se que as adubações de cobertura contribuíram para o aumento de produtividade, tendo proporcionado ganhos em matéria fresca, seca e número de folhas por planta. Nas adubações em cobertura, as biomassas foram trituradas e aplicadas ainda verde e os efeitos dessas aplicações poderiam ter sido otimizados se esse material tivesse sido aplicado após a moagem como ocorre com o fertilizante de leguminosa. De acordo com Almeida et al. (2008) os fertilizantes de leguminosas são produtos derivados do corte, desidratação e moagem da biomassa aérea das leguminosas mucuna-cinza (*Mucuna pruriens*) e gliricídia (*Gliricidia sepium*) sendo fontes promissoras de nitrogênio para a produção de

hortaliças. Nesse estudo o fertilizante de gliricídia utilizado em cobertura foi mais eficiente do que a cama-de-aviário na provisão de nitrogênio (ALMEIDA et al., 2008).

O capim elefante apresenta uma alta relação Carbono/Nitrogênio (C/N) em relação à gliricídia, mas no presente trabalho, a maior imobilização esperada para esse capim não foi suficiente para inviabilizar seu uso como único adubo nos berços para o cultivo da couve. As adubações de cobertura mensais permitiram criar uma camada de biomassa em constante decomposição. Uma hipótese provável para explicar, pelo menos parcialmente, a menor produtividade no tratamento com capim elefante (T1) é a imobilização de N, além da gliricídia apresentar um maior teor deste elemento e uma baixa relação C/N. Nos últimos meses de cultivo a elevação da temperatura ambiente pode ter limitado o desenvolvimento vegetativo da couve, reduzindo a expansão foliar e a produção de massa área.

3.5.2. Produtividade da couve-folha em 2024

No experimento II (couve-folha) não houve diferenças significativas para os tratamentos com 50% ou mais de gliricídia na proporção para as variáveis de produção com produtividade comercial média de 17,78 Mg ha⁻¹ (Tabela 4). Os tratamentos com 100% ou 75% de capim elefante apresentaram os menores valores de produção (Tabela 4) e não diferiram entre si (9,87 Mg ha⁻¹).

Tabela 4. Parâmetros agronômicos (número de folhas, produtividade, matéria seca e área foliar) para couve-folha cultivada em berços preenchidos com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia. Seropédica, RJ, 2024. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5).

Tratamento	Número de folhas	Produtividade	Matéria seca	Área foliar
	un ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹		m ²
T1	897.500,00 b	8,54 b	1,02 b	14.351,08 b
T2	973.750,00 b	11,20 b	1,34 b	18.828,75 b
T3	1.178.333,33 a	16,17 a	1,94 a	26.722,14 a
T4	1.312.500,00 a	20,44 a	2,45 a	33.598,69 a
T5	1.227.500,00 a	16,72 a	2,01 a	28.156,82 a
CV (%)	11,58	26,45	26,45	25,08

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna (entre tratamentos), diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de significância. CV % - Coeficiente de variação.

Os tratamentos que receberam as maiores proporções de capim elefante (100% e 75%) podem ter sofrido deficiência de nitrogênio, devido a menor quantidade recebida desse nutriente, e também da imobilização, uma vez que o capim elefante apresenta uma alta relação C/N. O menor teor de cálcio dessas biomassas em comparação a de gliricídia também pode ter gerado deficiência nas plantas. Ao longo do ciclo da cultura houve adubações de cobertura mensais, que não foram suficientes para superar as limitações (Figura 6). O capim que foi triturado apresentava bastante caule, o que também pode ter sido um fator limitante nessa biomassa. Os tratamentos que receberam 50%, 75% e 100% de gliricídia apresentavam as maiores quantidades de nitrogênio e cálcio contidos na biomassa vegetal.

Avaliando as características produtivas da couve de folha em consórcio com quiabeiro sob manejo orgânico Alves et al. (2020), obtiveram produtividade comercial média de 20,30 t ha⁻¹ para couve. Ambas as culturas foram implantadas em sistema de plantio direto, sobre a

palhada da aveia. O consórcio está relacionado a fatores que favorecem a sustentabilidade dos sistemas produtivos (ALVES et al. 2020).

Estudando o crescimento e a produtividade da couve de folhas cv. Manteiga, cultivadas em *slabs* (saco de cultivo) com diferentes misturas de substrato Moura (2018) obteve a maior produtividade (870 g planta⁻¹) e número de folhas comerciais (28,44 un planta⁻¹) para o substrato 100% de vermiculita expandida durante 90 dias após o transplantio. O cultivo em *slabs* e em Verdeponia é uma alternativa ao cultivo em solo.

Os resultados obtidos no presente estudo com as coberturas contendo altas proporções de gliricídia corroboram com o trabalho de Santos et al. (2011) que, avaliando o efeito de cobertura mortas com biomassa aérea, seca e triturada, de capim Cameroon, gliricídia, guandu e testemunha sem qualquer cobertura, obtiveram as maiores produtividades de cenoura para os tratamentos com leguminosas.

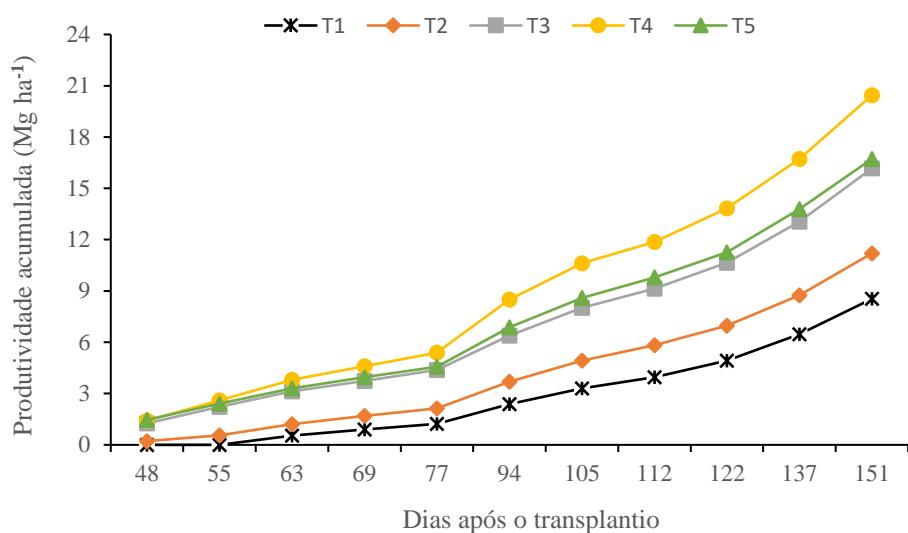


Figura 6. Produtividade acumulada de couve-folha submetidas a adubação com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia no experimento II. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5). Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2024.

Avaliando o efeito do cultivo de couve, solteira e consorciada com leguminosas anuais nas características química do solo Silva et al., (2009), observaram que o uso de leguminosa em consórcio e adubação orgânica em cobertura aumentaram os teores de carbono, Ca, P, humina e de Mg no final do ciclo da couve.

Os teores de Ca, Mg P e K da folha índice da couve (Tabela 5) adubada com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante se encontram dentro da faixa de macronutrientes considerados adequados (SILVA, 2009). Analisando o Mg nas 1º/2º colheitas o elemento possuía maior disponibilidade no tratamento adubado com mesma proporção de biomassa. Nas colheitas 3º/4º, a maior disponibilidade de Mg foi observada no tratamento adubado com 100% de capim elefante e 50% de gliricídia + 50% de capim elefante. O P não apresentou diferenças para o tipo de adubo utilizado, excetuando-se as colheitas 7º/8º e 11º, onde o seu valor era inferior no tratamento adubado com 100% de gliricídia. Observa-se, portanto, que ocorre certa complementariedade no uso conjunto das biomassas desse trabalho, pois o capim-elefante usado apresentou maior teor de P (supondo que as biomassas usadas no

experimento II tenham teores próximos dos observados na Tabela 2), enquanto que a gliricídia se destaca pelos maiores valores de N, K e Ca.

Tabela 5. Teores de macronutrientes (Ca, Mg, P e K) da folha índice de couves adubadas com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia no experimento II. Seropédica, RJ, 2024. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5).

Colheitas	Tratamento	Ca	Mg	P	K
		g kg ⁻¹			
1°/2°	T1	0	0	0	0
	T2	26,02 a	5,05 b	5,56 a	35,45 a
	T3	25,68 a	6,02 a	6,01 a	7,46 a
	T4	27,78 a	5,35 b	5,85 a	35,75 a
	T5	26,53 a	5,06 b	5,17 a	34,68 a
	CV%	17,84	11,32	3,43	10,74
3°/4°	T1	29,77 a	5,18 a	5,68 a	33,49 a
	T2	26,13 a	4,66 b	5,14 a	33,62 a
	T3	24,37 a	5,52 a	4,88 a	41,67 a
	T4	24,48 a	4,51 b	5,10 a	36,97 a
	T5	28,60 a	4,36 b	4,58 a	35,30 a
	CV%	12,41	0,40	8,73	14,32
7°/8°	T1	24,34 a	4,92 a	6,15 a	32,55 a
	T2	25,10 a	5,13 a	6,49 a	39,46 a
	T3	25,60 a	4,96 a	6,48 a	41,76 a
	T4	25,81 a	4,92 a	6,28 a	41,36 a
	T5	25,18 a	4,30 a	5,16 b	36,89 a
	CV%	13,97	11,44	8,84	11,92
11°	T1	22,09 a	5,25 a	4,18 a	31,29 a
	T2	23,46 a	5,01 a	4,47 a	30,34 a
	T3	24,52 a	5,17 a	4,61 a	34,39 a
	T4	26,49 a	4,82 a	4,75 a	33,00 a
	T5	27,94 a	5,26 a	3,24 b	32,51 a
	CV%	19,69	8,34	15,77	15,66

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna (entre tratamentos), diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de significância. CV % - Coeficiente de variação.

O capim elefante e a gliricídia também podem ser compostados para serem utilizados como adubos orgânicos. Estudando a compostagem de misturas de capim elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N, Leal et al. (2013) observaram que os compostos se estabilizaram aos 60 dias após o início da compostagem, além de apresentarem redução de cerca de 50% de sua massa e 65% de seu volume, após 90 dias de compostagem. Segundo Leal et al. (2013), a compostagem da mistura proporcionou a obtenção de um material orgânico estabilizado com elevado teor de N, sem a utilização de aditivo ou inoculante. No presente trabalho, foi observado uma possível imobilização de nitrogênio no experimento II, entretanto novos estudos poderão ser conduzidos em Verdeponia com o capim elefante seco e triturado misturado com a torta de mamona para uso direto sem passar pelo processo de compostagem. Na Verdeponia, a utilização direta da biomassa na adubação gera economia de tempo e trabalho.

Esse uso direto se apresenta como um possível novo paradigma, uma vez que a corrente preconiza estabilização do material orgânico antes do seu uso como adubo (FREIRE et al., 2013).

No SIPA os bancos de produção de biomassa vegetal de gliricídia possuem geração espontânea há décadas e são utilizadas para nutrição animal, como cobertura morta e para adubação. As capineiras de capim elefante são usadas na alimentação animal, no abastecimento de pilhas de compostagem e como cobertura morta sendo que são adubadas sempre que apresentam deficiência visual ou baixa produção de massa fresca. Na Verdeponia, a biomassa vegetal é gerada em um local da propriedade para ser utilizada em outro favorecendo gestão da biomassa vegetal.

No sistema de cultivo em berços, buscou-se aumentar a fertilidade e a matéria orgânica localmente, diminuindo a mobilização do solo e mantendo a biomassa vegetal dentro e na superfície dos berços. Nesse tipo de sistema, a biomassa foi disposta em camadas, uma parte no berço outra como cobertura. Após os cultivos, os berços foram reabertos, e não se observou a presença da biomassa vegetal, mas apenas um solo bastante escurecido nos tratamentos com prevalência de capim elefante. Novos estudos deverão ser conduzidos para verificar a eficiência da técnica em solos pobres em nutrientes e ao longo do tempo, tanto nas produtividades das lavouras quanto na fertilidade dos berços. A Verdeponia é um cultivo mínimo e também se diferencia da adubação verde tradicional, pois busca elevar a fertilidade de forma localizada nos berços.

No presente trabalho foi observado uma grande diferença nas variáveis de produção entre os cultivos. O experimento I, ocorreu após um período de pousio da área experimental e o solo apresentava uma boa disponibilidade de nutrientes. O experimento II, foi o quarto na sucessão das Verdeponias e apresentou os menores valores para as variáveis de produção. Ao longo dos experimentos os berços foram adubados com os mesmos tratamentos.

3.6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam potencial agronômico para o uso de gliricídia e misturas com capim elefante para o cultivo orgânico de couve-folha em sistema de Verdeponia. Os berços que receberam as maiores proporções de biomassa de gliricídia apresentaram superioridade para as variáveis de produção nos dois anos de cultivo da couve.

4. CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO DA SUCESSÃO ENTRE CULTIVOS ORGÂNICOS DE PIMENTA CAMBUCI E QUIABO EM VERDEPONIA

4.1. RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a sucessão entre os cultivos da pimenta cambuci (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) e do quiabo (*Abelmoschus esculents*) em Verdeponia, em condições de campo, usando misturas de biomassa vegetal de capim elefante e gliricídia como substrato e fonte de nutrientes, sob o manejo orgânico. O estudo foi realizado em área do Sistema Integrado de Produção Agroecológica em Seropédica, Região metropolitana do estado do Rio de Janeiro – Brasil, em dois anos agrícolas. Os tratamentos foram constituídos de cinco diferentes níveis de biomassa de capim elefante e gliricídia para o preparo do adubo verde empregado na adubação de berço (cova) e de cobertura. Desta forma, os tratamentos constaram de: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75 de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5). No campo foram abertos berços que funcionavam como se fossem vasos, para disposição da biomassa vegetal. Uma camada de solo (0,05 m) foi adicionada sobre a biomassa para facilitar o desenvolvimento inicial e a sustentação das plantas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os resultados mostraram que o incremento de biomassa de gliricídia no adubo verde, a partir de 50%, resulta no aumento de produtividade da pimenta cambuci. Entretanto, níveis maiores que 50% de gliricídia mantém a produtividade estabilizada. No quiabo não houve diferenças significativas nos valores totais das 30 colheitas com o aumento da gliricídia para as variáveis de produção.

Palavras-chave: Misturas. Biomassa vegetal. Substrato. Fonte de nutrientes e berços.

4.2. ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the succession between cambuci pepper (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) and okra (*Abelmoschus esculents*) crops in Greenponics, under field conditions, using mixtures of elephant grass and gliricidia plant biomass as substrate and nutrient source, under organic management. The study was carried out in an area of the Integrated Agroecological Production System in Seropédica, metropolitan region of the state of Rio de Janeiro – Brazil, in two agricultural years. The treatments consisted of five different levels of elephant grass and gliricidia biomass for the preparation of green manure used in the fertilization of the cradles (pits) and coverage. Thus, the treatments consisted of: 100% elephant grass (T1); 75% elephant grass + 25% gliricidia (T2); 50% elephant grass + 50% gliricidia (T3); 25% elephant grass + 75% gliricidia (T4); 100% gliricidia (T5). In the field, cradles were dug that functioned as pots to arrange the plant biomass. A layer of soil (0.05 m) was added over the biomass to facilitate the initial development and support of the plants. The experimental design was randomized blocks with four replications. The results showed that increasing gliricidia biomass in the green manure, starting from 50%, results in increased productivity of cambuci pepper. However, levels greater than 50% of gliricidia maintain stable productivity. In okra, there were no significant differences in the total values of the 30 harvests with the increase in gliricidia for the production variables.

Keywords: Mixtures. Plant biomass. Substrate. Source of nutrient and cradles.

4.3. INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios da agricultura moderna é aliar a produção agrícola com a preservação ambiental, e garantir os recursos para as gerações futuras. As mudanças climáticas globais têm impactado de maneira significativa os cultivos agrícolas. A principal fonte de adubo dos sistemas orgânicos de produção na atualidade são os estercos bovinos e de aves. Esses adubos são de difícil obtenção em algumas regiões e possuem custo elevado, podendo apresentar elevada contaminação química (BERGSTRAND, 2021). Em geral necessitam passar por um processo de estabilização para o posterior uso. A compostagem é uma técnica que requer um tempo elevado para produção do composto orgânico e utiliza material rico em nitrogênio (estercos) e rico em carbono (biomassa vegetal) (COTTA et al., 2015).

Os sistemas de produção devem ser conservativos, buscando a redução da mobilização do solo, a manutenção de resíduos vegetais sobre a superfície do solo, a diversificação de espécies, em sucessão, rotação ou consociação de culturas (SEDIYAMA et al., 2014). Nesse tipo de sistema o solo sempre estará coberto, seja por plantas vivas ou resíduos, e permeado por raízes. A sucessão de culturas é uma alternativa para diversificação em sistemas orgânicos de produção, e apresenta aspectos interessantes como alternância de exploração de água e nutrientes, redução nos níveis de compactação do solo, exploração e aporte de matéria orgânica diferenciada ao solo pelo sistema radicular, oferta diferenciada de produtos ao mercado e condições para o desenvolvimento de predadores ((LYU et al., 2024; SEDIYAMA et al., 2014).

A Verdeponia é uma técnica inovadora que utiliza a biomassa vegetal não compostada como substrato e fonte de nutrientes (GENTILE et al., 2025; SOUZA et al., 2021). Esta técnica já foi avaliada em vasos preenchidos com aparas de grama batatais (*Paspalum notatum*), tendo grande potencial para cultivos em campo. Para este trabalho foram escolhidas espécies de crescimento rápido, como o capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e a leguminosa arbórea gliricídia (*Gliricidia sepium*), que não necessitam de replantios anuais, mas apenas podas, podendo ser cultivadas em aleias permitindo o cultivo de outras culturas agrícolas entre as fileiras das árvores, podendo formar cordões vegetados. As misturas entre as espécies de diferentes grupos podem acelerar o processo de decomposição e aumentar a disponibilidade de nutrientes.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a sucessão entre os cultivos orgânicos de pimenta cambuci (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) e quiabo (*Abelmoschus esculents*) em Verdeponia, utilizando misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante como substrato e fonte de nutrientes sob manejo orgânico.

Os objetivos específicos foram: (a) avaliar o efeito residual da adubação em Verdeponia com biomassa vegetal na produção do quiabo (b) avaliar o teor e o acúmulo de nutrientes nas folhas do quiabeiro.

4.4. MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1. Caracterização da área experimental

A sucessão entre os cultivos orgânicos de pimenta cambuci e o quiabo Santa Cruz 47 em Verdeponia foi conduzida no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), denominado de Fazendinha Agroecológica Km 47, localizado no município de Seropédica, no Estado do Rio de Janeiro, Brasil (Latitude 22°45' Sul, Longitude 43°39' Oeste, e altitude de aproximadamente 33 m acima do nível do mar), entre os anos de 2023 e 2024. O SIPA é fruto de um convênio entre a EMPRAPA Agrobiologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RIO) e possui uma área de 59 hectares dividida em glebas destinados à experimentação agronômica e desenvolvimento da agroecologia. A gleba 19 foi escolhida para a realização dos experimentos em Verdeponia que ocorrem entre os anos de 2022 e 2025. O clima da região é classificado como Aw, segundo a classificação de Köppen-Geiger, com verão quente e chuvoso e inverno frio e seco.

4.4.2. Análise e preparo das misturas

As biomassas áreas frescas de capim elefante e gliricídia foram coletadas na área do Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, localizada em Seropédica, para o processamento e preparo das misturas que seriam usadas nos berços de cultivo. No decorrer da coleta da biomassa de gliricídia, foram aproveitadas as folhas e os ramos finos com diâmetro de até 16 mm provenientes da rebrota de árvores. O material foi cortado posteriormente triturado e posto para secar em um galpão coberto e pavimentado, durante um período de 15 dias até alcançar nível elevado de desidratação ao tato (aproximadamente 30% de umidade).

A coleta da biomassa aérea de capim elefante, cujas plantas estavam com aproximadamente 12 meses de rebrota, foi feita manualmente, sendo os colmos e folhas triturados em seguidas foram postos para secar. A seguir são apresentando as biomassas verdes que foram espalhadas para secaram ao ar (Figura 7A) e as biomassas secas prontas para o processo de mistura e preparo dos adubos verdes (Figura 7B).



Figura 7. A) Biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante verdes dispostas para secar ao ar; B) biomassas secas prontas para o preparado das misturas.

Para a obtenção da matéria seca da biomassa, foi coletado uma subamostra de 500 g de cada tratamento para secagem em estufa com ventilação forçada, em temperatura de 65 °C, até o material alcançar massa constante. Posteriormente o material foi processado em moinho de

facas tipo Willey, com malha de 20 mesh, a fim de proceder-se à análise química para determinação dos teores de macronutrientes apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Caracterização química dos macronutrientes presentes na biomassa vegetal composta de gliricídia, de capim elefante e da mistura de ambos usadas no experimento da pimenta cambuci e do quiabo cultivadas em sucessão em sistema orgânico, nas condições climáticas da Baixada Fluminense.

Tratamento	P	K	Ca	Mg	N	C
	g kg ⁻¹					
T1	2,02	8,99	5,82	6,42	9,16	393,46
T2	2,14	8,67	5,00	5,19	11,31	389,83
T3	2,01	10,95	7,30	5,49	16,40	406,79
T4	1,93	10,48	9,37	4,48	18,83	408,37
T5	2,06	15,14	12,47	6,55	26,04	422,71

Biomassa vegetal: T1 (100% de capim elefante); T2 (75% de capim elefante + 25% de gliricídia); T3 (50% de capim elefante + 50% de gliricídia); T4 (25% de capim elefante + 75% de gliricídia) e T5 (100% de gliricídia).

4.4.3. Delineamento experimental

Em ambos os experimentos o delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de misturas de biomassa de capim elefante e gliricídia para o preparo dos adubos empregado no berço (cova) e na adubação de cobertura. Desta forma, os tratamentos foram: biomassa vegetal com 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5).

4.4.4. Instalação

Foram produzidas mudas de pimenta em bandejas de isopor de 128 células com substrato orgânico composto por 83% de húmus, 15 % de carvão e 2% de torta de mamona (OLIVEIRA et al., 2011). As bandejas foram mantidas em casa de vegetação e irrigadas diariamente, quando alcançaram porte e características ideais foram levadas ao campo para o transplantio.

No estudo da sucessão foi utilizado o espaçamento padrão de 1,0 x 0,5 m entre linhas e plantas (20.000 plantas ha⁻¹), respectivamente. As parcelas experimentais ocuparam 8,0 m², sendo compostas por 16 plantas, com as quatro centrais compondo a área útil.

Após o cultivo da couve (2022) a área experimental permaneceu em pousio pelos três meses seguintes quando teve início o experimento da pimenta cambuci. Os berços foram reabertos para uma nova recarga de biomassa vegetal triturada seca ao ar (Figura 8A e B), respeitando os tratamentos utilizados para couve (2022). As Verdeponias sucessivas também representam um tipo de cultivo mínimo, pois o único preparo do solo entre os cultivos é a reabertura dos berços.

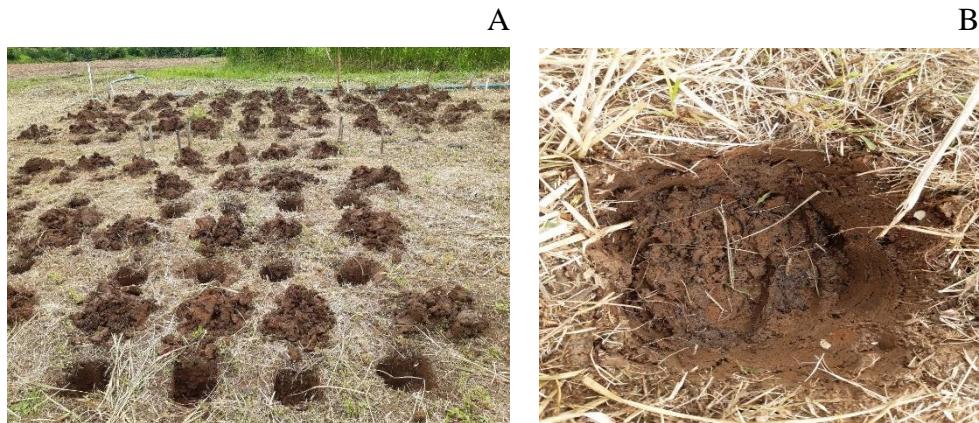


Figura 8. A) Berços (covas) que foram abertos; B) Berço (cova) aberto para disposição da biomassa vegetal.

Para implantação dos cultivos foram abertos berços de 0,20 x 0,20 x 0,20 m de largura, comprimento e profundidade, respectivamente. Na ocasião do transplantio foram aplicados a biomassa triturada seca ao ar em cada berço. Sobre o material vegetal, foi adicionada uma camada de solo de 5 cm para auxiliar na sustentação inicial e manter a umidade no interior do berço. Aos 7 dias após o transplantio (DAT) foi realizado uma compressão manual dos berços, feita com as mãos ao redor da planta até sentir resistência do substrato.

O cultivo da pimenta (Figura 9) foi conduzido em 2023 (fevereiro a setembro), e no transplantio foram aplicados 750 g de biomassa triturada seca ao ar em cada berço, de acordo com os tratamentos e repetindo em cada berço a mesma adubação dos experimentos anteriores. A primeira adubação em cobertura foi realizada 30 DAT para repor o material que sofreu decomposição com 1 L (200 g) de biomassa verde triturada por planta de acordo com os tratamentos. Outras três adubações de cobertura com o mesmo adubo foram realizadas em intervalos de 30 dias, totalizando 800 g de biomassa verde triturada por planta. Todas as adubações de cobertura foram feitas com colocação da biomassa em círculo ao redor do caule, tomando cuidado para não haver contato direto entre adubo e caule. Optou-se por biomassas frescas para a adubação de cobertura para simplificar o trabalho e exigir menos tempo entre coleta e aplicação.



Figura 9. Cultivo da pimenta cambuci em Verdeponia utilizando misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2023.

Após o cultivo da pimenta teve início o cultivo com o quiabo na sucessão entre os anos de 2023 (setembro) e 2024 (março). Adotou-se o mesmo procedimento para semeadura e produção de mudas descrito no experimento com a pimenta. Os berços usados no ensaio da

couve e da pimenta foram reabertos para uma nova recarga de biomassa, respeitando os tratamentos anteriores. No transplantio foram aplicados 500 g de biomassa triturada seca ao ar em cada berço de acordo com os tratamentos descritos anteriormente. Nesse experimento não houve adubações de cobertura apenas adubação de berço.

4.4.5. Tratos culturais

As necessidades hídricas da pimenta e do quiabeiro foram atendidas por um sistema de irrigação por aspersão convencional, a umidade do solo foi mantida próxima da capacidade de campo. Não houve restrição hídrica durante todos os experimentos.

O controle de plantas espontâneas foi realizado por meio de capinas manuais e roçadoras motorizadas nas entrelinhas de cultivo. Na pimenta não se teve-se uso de defensivos no quiabo durante a condução do experimento o controle de pragas e doenças, foram realizados de acordo com a recomendação da cultura.

4.4.6. Variáveis de produção avaliadas e nutricional

Na pimenta cambuci a colheita teve início aos 83 DAT e foram realizadas 7 colheitas entre os meses de junho e setembro de 2023. As variáveis de produção analisadas no ensaio com a pimenta foram: número total de frutos, número de frutos comerciais, produtividade total, produtividade comercial e matéria seca.

No quiabo a colheita teve início aos 51 DAT sendo realizada 30 colheitas (2 semanais) entre os meses de novembro de 2023 e março de 2024. O ponto de colheita foi definido quando os frutos alcançaram a faixa de 5 a 14 cm de comprimento. Foram avaliados o número total de frutos, número de frutos comerciais, produtividade total e produtividade comercial.

No quiabeiro aos 66 DAT foi realizado a coleta da folha índice para determinação dos teores dos macronutrientes. As folhas foram retiradas acondicionadas em sacos de papel, posteriormente levadas à estufa com ventilação forçada (mantida na temperatura de 65°C) para secagem até alcançar massa constante. Em seguida o material vegetal foi triturado em um moinho de facas e enviado para análise como preconizado por Nogueira e Souza (2005).

4.4.7. Análises estatísticas

Os dados relativos à quantificação das variáveis fitotécnicas foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas utilizando o teste de Scott-Knott a 5 % de significância utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2019).

Os dados relativos à quantificação dos macronutrientes contidos na folha índice do quiabeiro foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas utilizando o teste de Scott-Knott a 5 % de significância usando o software SISVAR (FERREIRA, 2019).

4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.5.1. Produtividade da pimenta cambuci

Para o cultivo da pimenta cambuci as variáveis fitotécnicas apresentaram diferenças significativa entre os tratamentos (Tabela 7). Os tratamentos com 50% ou mais de gliricídia não tiveram diferenças significativos entre si e apresentaram os melhores resultados de produção. Os tratamentos com as menores proporções de gliricídia 0% e 25%, tiveram as menores médias de produção.

Tabela 7. Parâmetros agronômicos (número total de frutos, número de frutos comerciais, produtividade total, produtividade comercial e matéria seca) para pimenta cambuci cultivada em berços preenchidos com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia. Seropédica, RJ, 2023. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5).

Tratamento	Número total de frutos	Número de frutos comerciais	Produtividade Total	Produtividade Comercial	Matéria seca
	----- un ha ⁻¹ -----	----- un ha ⁻¹ -----	----- Mg ha ⁻¹ -----	----- Mg ha ⁻¹ -----	-----
T1	309.583,33 b	256.250,00 b	3,31 b	2,96 b	0,24 b
T2	425.416,67 b	325.416,67 b	5,42 b	4,46 b	0,34 b
T3	1.128.750,00 a	927.500,00 a	14,33 a	12,63 a	0,93 a
T4	1.163.333,33 a	963.750,00 a	15,48 a	13,78 a	0,95 a
T5	1.250.833,33 a	1.061.250,00 a	16,77 a	14,84 a	1,09 a
CV (%)	16,12	16,30	15,06	16,40	15,02

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna (entre tratamentos), diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de significância. CV % - Coeficiente de variação.

A colheita nos tratamentos com 100% e 75% de capim elefante iniciou-se aos 113 DAT o que correspondeu a terceira colheita nos demais tratamentos (Figura 10). Foi observado ao longo do ciclo da cultura o abortamento de frutos, em todos os tratamentos, que pode ter ocorrido em virtude das baixas temperaturas.

O aumento na produção de frutos na sétima colheita pode ser explicada, pelo menos parcialmente, pelo aumento da temperatura do ar ao longo do experimento e pela liberação de nitrogênio proveniente da camada de biomassa que foi formada ao longo do experimento com as adubações de cobertura. Os berços que receberam biomassa exclusivamente de gliricídia, ou contendo alta proporção de gliricídia em misturas com capim elefante, podem ter apresentado maiores taxas de decomposição do material vegetal e de mineralização de N do que os berços que receberam apenas capim elefante.

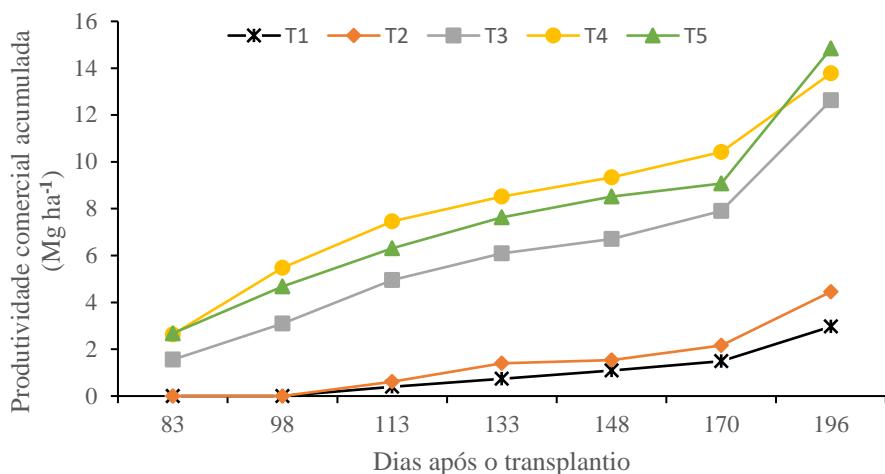


Figura 10. Produtividade comercial acumulada de pimenta cambuci submetidas a adubação com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5). Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2023.

Estudando o efeito de diferentes turnos de rega no cultivo orgânico de pimenta cambuci na mesma localidade Souza (2012), realizou o preparo convencional do solo e aplicou 0,2 L de esterco bovino no fundo do sulco, posteriormente realizou duas adubações de cobertura, aos 65 e 110 dias após o plantio, com 0,2 L de torta de mamona incorporada superficialmente. O referido autor não obteve diferenças significativas entre os turnos de rega para produtividade que teve uma média de 14 Mg ha⁻¹, similar ao máximo obtido no presente estudo. O espaçamento adotado pelo autor, 1,30 m entre linhas e 0,50 m entre as plantas, diferente do observado no presente trabalho.

Os resultados obtidos no presente trabalho foram superiores aos de Santos et al. (2012), que trabalhando com pimenta cambuci, na ocasião do transplante aplicou 1 L de esterco curtido e 50 g de cinza por cova, os mesmos adubos foram usados na adubação de cobertura aos 30, 60 e 80 DAT. Os autores realizaram quatro colheitas, aos 97, 118, 137 e 151 DAT, e obtiveram valores de massa fresca de frutos, número de frutos e massa fresca unitária de 535,43 g planta⁻¹, 49,14 un planta⁻¹ e 13,82 g planta⁻¹, respectivamente. No presente estudo foram realizadas sete colheitas em 196 dias de cultivo.

Na literatura existem poucos trabalhos que abordam a eficiência agronômica de compostos orgânicos no cultivo de pimenta cambuci.

A Verdeponia já foi avaliada em recipientes preenchidos com aparas de grama batatais (*Paspalum notatum*) como substrato e fonte de nutrientes. Nesses ensaios a biomassa vegetal foi obtida nos gramados da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, sendo utilizada diretamente nos vasos, sem ser triturada. Gentile et al. (2020) obtiveram produção média de 480 g de pimentão (*Capsicum annuum L.*) por planta cultivada em vasos com as aparas de grama, rendimento semelhante ao do cultivo em vasos com solo e esterco bovino, que foi testemunha nesse trabalho citado. Souza et al. (2021) usando inoculante de água residuária de bovinocultura de leite nos vasos preenchidos com aparas de grama para o cultivo do tomate cereja Perinha Água Branca, alcançaram produções média de 925,05 g por planta. O tratamento inoculado com água residuária tratada teve produção inferior (811,32 g por planta), essa água possui uma menor carga microbiana e menos nitrogênio.

No presente estudo, os tratamentos com 50%, 75% e 100% de gliricídia apresentaram os melhores resultados de produção. Os tratamentos com 100% e 75% de capim elefante

tiveram as menores médias de produção, possivelmente decorrente da imobilização de nitrogênio. Contudo, novos estudos poderão ser conduzidos em Verdeponia com o capim elefante seco e triturado misturado a outros materiais rico em nitrogênio como a torta de mamona. Leal et al. (2013) avaliaram as características dos produtos finais e os índices de eficiência do processo de compostagem utilizando misturas de capim elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N. Por meio da compostagem desses materiais, Leal et al. (2013) obtiveram um material orgânico estabilizado com elevado teor de N, sem o uso de aditivos ou inoculante. Trabalhos futuros poderão comparar a mesma biomassa vegetal passando por compostagem ou com uso direto na Verdeponia.

Novos ensaios deverão ser conduzidos para avaliar os efeitos dos berços pré-adubados e cobertos com solo com novos berços que foram adubados no dia do transplantio. Em berços pré-adubados a mineralização prévia da matéria orgânica pode levar ao aumento na concentração dos nutrientes que serão absorvidos pelas plantas logo após o transplantio.

No campo as raízes das plantas cultivadas em Verdeponia podem ser espalhar e explorar um volume maior de solo e o líquido resultante do processo de decomposição pode percolar pelas camadas do solo. Estudos posteriores poderão avaliar os microrganismos da meso e macro fauna que atuam no processo de decomposição da biomassa vegetal.

4.5.2. Produtividade do quiabo

Para o cultivo do quiabo não houve diferenças significativas em relação à fertilização com diferentes misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em nenhuma variável fitotécnica avaliada (Tabela 8). O quiabeiro é uma planta bem rústica, seu sistema radicular por atingir grandes profundidades.

Tabela 8. Parâmetros agronômicos (número total de frutos, número de frutos comerciais, produtividade total e produtividade comercial) para o quiabeiro cultivado em berços preenchidos com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia. Seropédica, RJ, 2023/2024. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5).

Tratamento	Número total de frutos	Número de frutos comerciais	Produtividade Total	Produtividade Comercial
	----- un ha ⁻¹ -----	----- Mg ha ⁻¹ -----		
T1	1.088.333,33 a	1.060.833,33 a	12,20 a	11,87 a
T2	1.128.611,11 a	1.068.750,00 a	13,11 a	12,43 a
T3	1.285.416,67 a	1.252.361,11 a	15,12 a	14,68 a
T4	1.264.166,67 a	1.210.000,00 a	15,20 a	14,56 a
T5	1.157.083,33 a	1.092.361,11 a	13,78 a	13,06 a
CV (%)	9,68	10,76	12,23	13,09

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna (entre tratamentos), diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de significância. CV % - Coeficiente de variação.

O experimento com o quiabo durou 157 dias, sendo que a primeira colheita ocorreu aos 51 DAT. O período de colheitas ocorreu entre os meses de novembro de 2023 e março de 2024 (Figura 11). O mês de janeiro apresentou as maiores médias de produtividade comercial. Por ser uma planta bem rústica, o sistema de irrigação por aspersão foi utilizado apenas no período de transplantio e rápido crescimento.

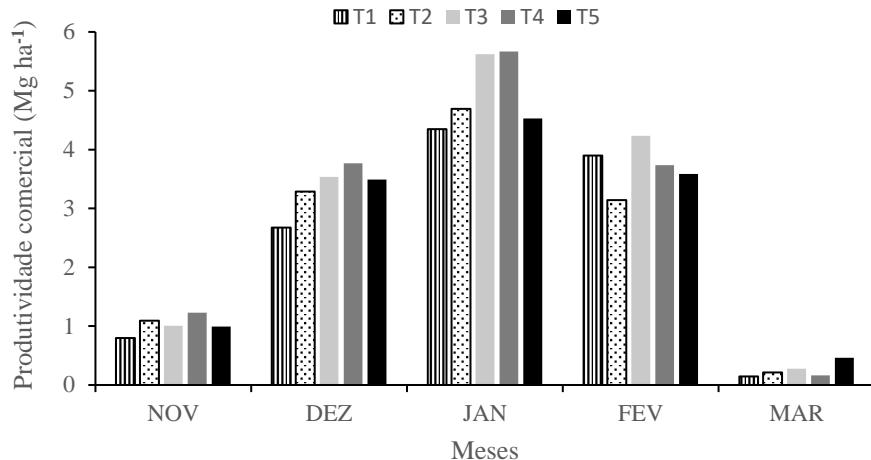


Figura 11. Produtividade comercial mensal do quiabeiro cultivado em Verdeponia adubado com misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5). Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2023/2024.

Analizando os teores de Ca, Mg, P e K nas folhas índices aos 61 DAT do quiabeiro, não foram detectadas diferenças significativas (Tabela 9) em decorrência da adubação com diferentes misturas de biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia. Os teores de Ca e K foram inferiores à faixa adequada para cultura, de acordo com o Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes (SILVA, 2009). O P apresentou valores superiores à faixa que vai de 3 – 5 g kg⁻¹. O Mg apresentou valores dentro e inferior a faixa 6-9 g kg⁻¹. Na Verdeponia os nutrientes são disponibilizados pela mineralização do material vegetal, as adubações de cobertura poderiam ter resposto os macronutrientes.

Tabela 9. Teores de macronutrientes (Ca, Mg, P e K) na folha índice do quiabeiro, cultivado sob manejo orgânico em Verdeponia no campo. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2023. Biomassa vegetal: 100% de capim elefante (T1); 75% de capim elefante + 25% de gliricídia (T2); 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (T3); 25% de capim elefante + 75% de gliricídia (T4); 100% de gliricídia (T5).

Tratamento	Ca	Mg	P	K
	g kg⁻¹			
T1	23,93 a	5,71 a	7,78 a	21,10 a
T2	26,32 a	6,46 a	7,54 a	21,19 a
T3	23,18 a	6,76 a	7,78 a	21,35 a
T4	27,53 a	5,82 a	7,78 a	22,98 a
T5	23,01 a	5,99 a	7,41 a	22,29 a
CV%	14,24	13,54	9,70	7,93

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna (entre tratamentos), diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de significância. CV % - Coeficiente de variação.

Após o cultivo da pimenta, os berços foram reabertos para uma nova recarga de biomassa, e observou-se que o solo dos berços estava bastante escurecido nos tratamentos com 100% e 75% de capim elefante e ainda havia restos da biomassa. Aparentemente, as biomassas com 50% ou mais de gliricídia foram totalmente decompostas, não gerando aumento de carbono

orgânico nos berços. Amostras dos solos dos berços foram coletadas para futuras análises de carbono orgânico e substâncias húmicas.

A biomassa de gliricídia rica em nutrientes é uma alternativa aos fertilizantes orgânicos tradicionais, tais como o esterco bovino, à cama de aviário e o farelo de mamona, insumos que não estão disponíveis em todas as localidades e, no caso dos estercos, necessitam de prévia compostagem para utilização.

Miranda (2016) avaliou o efeito de doses de nitrogênio sobre características agronômicas do quiabo em duas épocas de cultivo e obteve produtividade que variou de 6 até 16,83 t ha⁻¹ com resposta linear até a dose de 250 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Nas duas épocas de cultivo os valores mínimos de produção de frutos foram observados na dose 0 de N (testemunha) (MIRANDA, 2016). O quiabeiro necessita de grandes quantidades de nitrogênio para obter uma produtividade satisfatória. A menor produtividade obtida no presente trabalho foi com o tratamento que continha apenas capim elefante.

Avaliando o efeito da pulverização foliar com biofertilizante líquido, obtido a base de extrato de composto fermentado, e da adubação orgânica de cobertura, Oliveira (2013), obteve produtividade média próxima de 16 Mg ha⁻¹ para a cultivar Santa Cruz 47. De acordo com o referido autor, a utilização de biofertilizante não ocasionou efeitos benéficos a cultura, quando comparado ao cultivo sem a aplicação de biofertilizante (OLIVEIRA 2013).

Fortuna (2017) avaliou a produtividade, o desenvolvimento e viabilidade econômica do quiabeiro na mesma localidade do presente trabalho em três períodos. Nesses ensaios o preparo do solo foi realizado com uma escarificação a 0,30 m de profundidade, sendo feito após uma aração e uma gradagem. O espaçamento adotado foi 0,50 x 1,0 m entre plantas e na adubação de plantio utilizou-se 100 g/cova de mistura constituída de esterco bovino, cinza de lenha e farinha de ossos, na proporção 1:1:1. O sistema de cultivo em berços buscou reduzir a mobilização de solo, gerando economia e praticidade. A maior parte das raízes do quiabeiro localiza-se até 20 cm de profundidade (FIGUEIRA, 2008) o que corresponde a profundidade dos berços de cultivo. Os adubos utilizados por Fortuna (2017) são de difícil obtenção em algumas localidades, podendo apresentar preços elevados.

No quiabo um dos principais fatores para queda de produção em solos arenosos e a incidência de nematódeos. Avaliando o desempenho do consórcio entre quiabeiro e feijão-caupi Guedes et al. (2006), alcançaram para o quiabeiro produção comercial média de 12 t ha⁻¹. Nesse ensaio, as mudas de quiabeiro foram transplantadas em covas que receberam 2,0 L de esterco bovino e 100 g de farinha de osso na adubação de pré-transplantio. A baixa produtividade refletiria danos ocasionados pelos fungos de parte área e pela infestação do solo com nematoides de galhas radiculares.

Alves et al. (2020) avaliaram as características produtivas da couve de folha em consórcio com quiabeiro em manejo orgânico e obtiveram a maior produtividade comercial no tratamento constituído de quiabeiro em monocultivo (18,4 t ha⁻¹). Os valores de produtividades encontrados no presente estudo foram inferiores.

Estudando o cultivo intercalar de adubos verdes eretos e de porte baixo na cultura do quiabeiro cultivar Santa Cruz 47 Tivelli et al. (2013) obtiveram a produção média por planta de 190,9 e 582,0 g planta⁻¹, respectivamente, no sistema convencional e orgânico. No presente trabalho os valores de produção obtidos em todos os tratamentos foram superiores.

Novos estudos deverão ser conduzidos para avaliar a velocidade de liberação dos nutrientes presentes nas misturas de biomassa vegetal com as demandas da cultura principal em Verdeponia. A relação C/N e o teor de N é um importante indicativo para avaliar a taxa de mineralização de N em fertilizantes orgânicos, entretanto outros fatores devem ser levados em consideração (LEAL et al. 2010).

Uma possibilidade que poderá ser testada futuramente é o uso de gesso agrícola juntamente com a Verdeponia, pois o teor de cálcio observado foi inferior à faixa recomendada

para essa cultura. O potássio também ficou abaixo e isso sugere que complementação da biomassa com sulfato de cálcio também poderia ajudar a alcançar produtividades maiores com a Verdeponia. Outra forma de tentar superar essas deficiências minerais pode ser o aumento das doses de biomassa nos berços de Verdeponia.

Outro aspecto relevante condiz com a valorização do componente arbóreo em ambientes tropicais, permitindo que a produção de biomassa em abundância seja um veículo para o sequestro de carbono e, simultaneamente, contribua para a expansão de uma agricultura sustentável, cujos princípios estão totalmente alinhados com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas.

4.6. CONCLUSÕES

No cultivo da pimenta cambuci os tratamentos que receberam biomassa vegetal contendo 50% ou mais de gliricídia apresentaram os maiores valores de produção e não diferiram entre si.

No cultivo do quiabo ambos os tratamentos não diferiram entre si e proporcionaram resultados de produção dentro do padrão orgânico relatado pela literatura. A possível imobilização de nitrogênio observada no experimento com a pimenta pode ter sido superada pelo o acúmulo e constante decomposição da biomassa de capim elefante.

5. CAPÍTULO III

CULTIVO ORGÂNICO DE QUIABO EM VERDEPONIA AVALIANDO COBERTURAS MORTAS

5.1. RESUMO

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a produtividade do quiabo (*Abelmoschus esculents*) cultivado em Verdeponia submetidos a diferentes doses de cobertura morta composta por mistura de capim elefante e gliricídia em sistema orgânico de produção. O estudo foi realizado em área do Sistema Integrado de Produção Agroecológica em Seropédica, Região metropolitana do Rio de Janeiro – Brasil. Os tratamentos constaram de coberturas mortas composta por 50% de capim elefante + 50% de gliricídia nas seguintes doses: sem cobertura morta (T1); 100 g (T2); 200 g (T3); 400 g (T4); 800 g (T5) e 1000 g (T6). O delineamento foi em blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições. Para tanto, foram abertos berços (covas) para disposição de biomassa vegetal triturada e seca ao ar. Na ocasião do transplantio foram aplicados 600 g de biomassa vegetal composta por 50% de capim elefante + 50% de gliricídia em todos os berços. Sobre a biomassa foi adicionado uma camada de solo, para receber as mudas e auxiliar no desenvolvimento inicial das plantas. Os tratamentos foram aplicados aos 60 dias após o transplantio (DAT), em uma única aplicação. A colheita teve início 47 DAT, duas vezes por semana, sendo realizada 25 colheitas entre os meses de novembro de 2024 e fevereiro de 2025. Foram avaliados o número total e comercial frutos e a produtividade total e comercial de frutos. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis de produção com produtividade média comercial de 22 Mg ha^{-1} , superior à média nacional, considerando o sistema convencional de produção, demonstrando assim que a Verdeponia possibilita a obtenção de altas produtividades no sistema orgânico.

Palavras-chave: Capim elefante. Gliricídia. Misturas e berços.

5.2. ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the productivity of okra (*Abelmoschus esculents*) grown in Greenponics subjected to different doses of mulch composed of a mixture of elephant grass and gliricidia in an organic production system. The study was carried out in an area of the Integrated Agroecological Production System in Seropédica, metropolitan region of Rio de Janeiro – Brazil. The treatments consisted of mulch composed of 50% elephant grass + 50% gliricidia at the following doses: without mulch (T1); 100 g (T2); 200 g (T3); 400 g (T4); 800 g (T5) and 1000 g (T6). The design was randomized blocks with six treatments and four replicates. To this end, cradles (pits) were dug for the disposition of crushed and air-dried plant biomass. At the time of transplantation, 600 g of plant biomass composed of 50% elephant grass + 50% gliricidia were applied to all cradles. A layer of soil was added over the biomass to receive the seedlings and aid in the initial development of the plants. The treatments were applied 60 days after transplantation (DAT), in a single application. The harvest began 47 DAT, twice a week, with 25 harvests being carried out between november 2024 and february 2025. The total and commercial number of fruits and the total and commercial fruit productivity were evaluated. There were no significant differences between treatments for production variables with an average commercial productivity of 22 Mg ha^{-1} , higher than the national average, considering the conventional production system, thus demonstrating that Greenponics makes it possible to obtain high productivity in the organic system.

Keywords: Elephant grass. Gliricidia. Mixtures and cradles.

5.3. INTRODUÇÃO

A gestão de fitomassa *in situ* é uma estratégia para o manejo da fertilidade do solo em sistemas orgânicos ou em transição agroecológica. No contexto das plantas de cobertura de solo utilizadas para fins de adubação verde, as espécies utilizadas são predominantemente da família botânica Fabaceae, tal fato é favorecido pelo elevado número de espécies e devido a multifuncionalidade nos ambientes de cultivo, especialmente com o aporte de nitrogênio derivado da fixação biológica (LYU et al., 2024). O ingresso de nitrogênio no sistema proporciona maior autonomia aos agricultores, podendo suprir a demanda parcial ou total de uma lavoura. Uma espécie arbórea que merece destaque é a gliricídia, amplamente utilizada no território brasileiro e com amplo potencial de exploração devido à sua multifuncionalidade (ARAÚJO et al., 2024).

O uso de cobertura morta é uma das práticas de manejo empregados na agricultura orgânica que podem aumentar o rendimento das culturas sem impactar os custos de produção (SEDIYAMA et al., 2014). Para tal finalidade, a biomassa é triturada e depositada na superfície do solo, servindo como fonte de nutrientes, atuando na redução da perda de umidade e proteção contra agentes causadores de erosão.

Em sistemas agrícolas a biomassa vegetal tem o potencial de ser utilizada como substrato e fonte de nutrientes em um sistema de cultivo denominado de Verdeponia (GENTILE et al., 2025; SOUZA et al., 2021). Esse sistema consiste no cultivo de determinadas espécies de interesse econômico tendo como base o substrato exclusivo de biomassa não compostada, cuja premissa consiste na liberação gradual dos nutrientes, após a mineralização, para as espécies cultivadas (SOUZA et al., 2021). No sistema de Verdeponia o cultivo de espécies vegetais ocorre com a finalidade de transferência de nutrientes, ou seja, o adubo verde é cultivado em uma área da propriedade e sua biomassa produzida é utilizada em berços (covas) ou sulcos em condições de campo ou em vasos para o cultivo em ambiente protegido.

A produção sustentável em um agroecossistema deriva da dependência mínima de insumos agroquímicos e energéticos externos e do equilíbrio entre plantas, solo, nutrientes, e outros organismos existentes. O desenvolvimento sustentável agrícola visa garantir a produção de alimentos com qualidade nutricional e preservar os ecossistemas para as gerações atuais e futuras.

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a produtividade do quiabeiro (*Abelmoschus esculents*) cultivado em Verdeponia submetidos a diferentes doses de cobertura morta composta por misturas de capim elefante e gliricídia em sistema orgânico de produção.

5.4. MATERIAL E MÉTODOS

5.4.1. Caracterização da área experimental

O estudo foi conduzido, em área dentro da gleba 19 no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), denominado “Fazendinha Agroecológica Km 47”, no período de outubro de 2024 até fevereiro de 2025. O SIPA fica localizado no município de Seropédica, no Estado do Rio de Janeiro, Brasil (Latitude 22°45' Sul, Longitude 43°39' Oeste, e altitude de aproximadamente 33 m acima do nível do mar). O clima da região é classificado como Aw, segundo a classificação de Köppen-Geiger, com verão quente e chuvoso e inverno frio e seco.

A gleba 19 foi escolhida como local de estudo para os cultivos sucessivos em Verdeponia no campo. No ano de 2022 teve-se o cultivo da couve-folha, no ano de 2023 o cultivo da pimenta cambuci, entre os anos de 2023 e 2024 o cultivo do quiabo em 2024 teve-se a repetição do cultivo da couve-folha. Em todos esses experimentos os tratamentos eram constituídos de misturas de capim elefante e gliricídia em diferentes proporções. No presente estudo foi utilizado a mistura de biomassas que apresentaram os melhores resultados de produção.

5.4.2. Análise e preparo das misturas

As biomassas aéreas frescas de capim elefante e gliricídia foram coletadas na área do Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, localizado no mesmo município. Na coleta da biomassa de gliricídia foram aproveitadas as folhas (folíolos e pecíolos) e os ramos finos com diâmetro de até 16 mm, provenientes da rebrota de árvores. O material foi fragmentado em pedaços de 3 cm com auxílio de uma picadeira mecânica, posteriormente levado para um galpão coberto e pavimentado, onde foi distribuído em uma fina camada, revolvido diariamente a sombra, durante um período de 15 dias, até alcançar nível elevado de desidratação ao tato (aproximadamente 30% de umidade).

O capim elefante foi coletado quando as plantas apresentavam aproximadamente 12 meses de rebrota, manualmente com auxílio de catana, sendo os colmos e folhas posteriormente fragmentado em pedaços de 3 cm com picadeira mecânica, sendo postos a secar como descrito anteriormente para a gliricídia.

Após a secagem o material foi misturado na proporção 50% de capim elefante + 50% de gliricídia. Em seguida foi coletado uma subamostra de 500 g para a obtenção da matéria seca da biomassa, em estufa com ventilação forçada, em temperatura de 65 °C, até o material alcançar massa constante. Posteriormente o material foi processado em moinho de facas tipo Willey, com malha de 20 mesh, a fim de proceder-se à análise química para determinação dos teores de macronutrientes, como preconizado por Nogueira e Souza (2005) e apresentou os seguintes resultados: P = 2,45 g kg⁻¹; K = 15,1 g kg⁻¹; Ca = 10,83 g kg⁻¹; Mg = 6,22 g kg⁻¹; N = 17,7 g kg⁻¹ e C = 387,45 g kg⁻¹.

5.4.3. Delineamento experimental

Os tratamentos de cobertura morta composta por 50% de capim elefante + 50% de gliricídia tiveram as seguintes doses: sem cobertura morta (T1); 100 g (T2); 200 g (T3); 400 g (T4); 800 g (T5) e 1000g (T6). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições.

5.4.4. Instalação

Foram produzidas mudas de quiabo cultivar Santa Cruz 47 em bandejas de isopor de 128 células preenchido com substrato orgânico composto por 83% de húmus, 15 % de carvão e 2% de torta de mamona (OLIVEIRA et al., 2011). As mudas foram mantidas em casa de vegetação e irrigadas diariamente por 35 dias, e posteriormente transplantadas para o campo.

Foi utilizado o espaçamento padrão de 1,0 x 0,5 m entre linhas e plantas (20.000 plantas ha^{-1}), respectivamente. As parcelas experimentais ocuparam 8,0 m^2 , sendo compostas por 16 plantas, com as quatro centrais compondo a área útil (Figura 12B).

Para implantação dos cultivos os berços (Figura 12A e B) utilizados nos cultivos anteriores foram abertos para uma nova recarga com o auxílio de uma cavadeira articulada. Cada berço foi preenchido com 600 g da mistura contendo 50% de capim elefante + 50 % de gliricídia. Sobre o material vegetal, foi adicionada uma camada de solo de 0,05 m para auxiliar na sustentação inicial e manter a umidade no interior do berço. Aos 7 dias após o transplantio foi realizado uma compressão manual dos berços, feita com os pés ao redor da planta até sentir resistência do substrato.

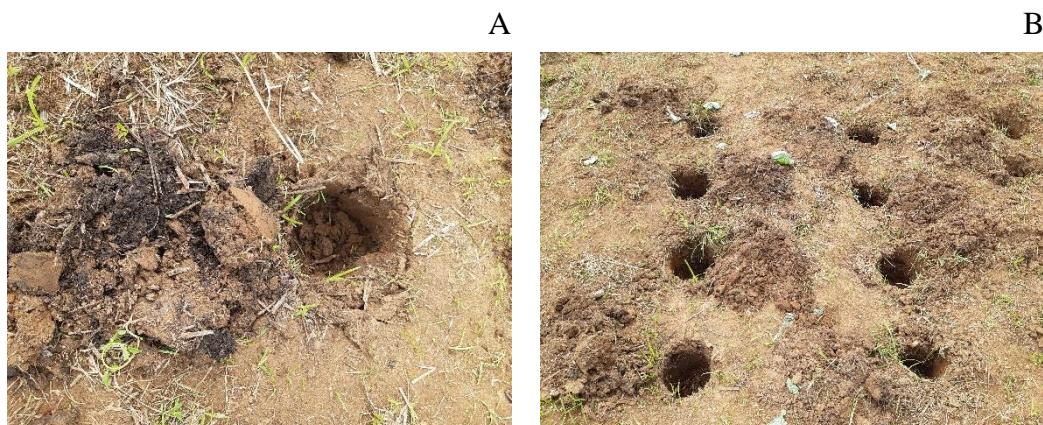


Figura 12. A) Berço (cova) utilizado para disposição da biomassa vegetal; B) berços (covas) que representavam a área útil. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2024.

Aos 60 DAT foram aplicadas as doses de cobertura morta contendo 50% de capim elefante + 50% de gliricídia (Figura 13A e B). Nesse experimento variou-se a quantidade de cobertura morta em apenas uma aplicação nas doses: sem cobertura morta (T1); 100 g (T2); 200 g (T3); 400 g (T4); 800 g (T5) e 1000g (T6).

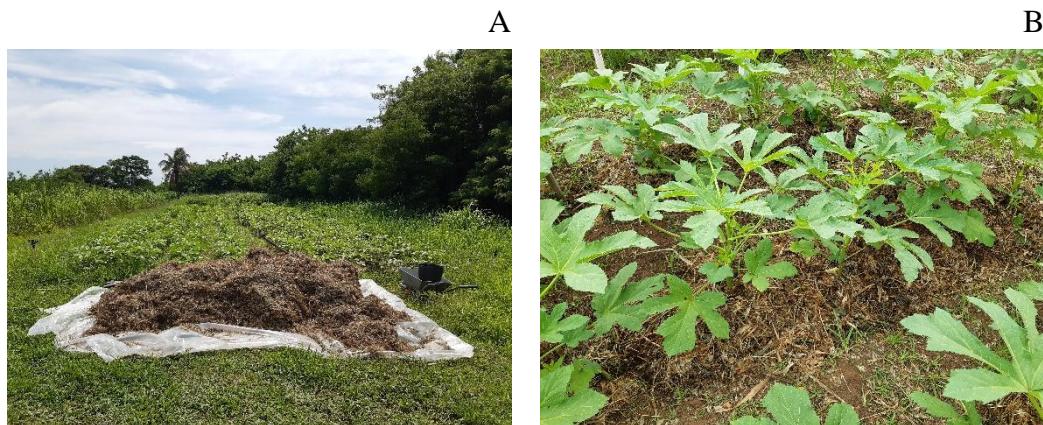


Figura 13. A) Mistura de biomassa vegetal seca ao ar contendo 50% de gliricídia + 50% de capim elefante; B) Cobertura morta aplicada na cultura do quiabo. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2024.

5.4.5. Tratos culturais

A irrigação foi realizada por aspersão convencional, a umidade do solo foi mantida próximo da capacidade de campo com irrigações diárias. O controle de plantas espontâneas foi realizado com capinas manuais e regulares. Durante a condução do experimento o controle de pragas e doenças, foram realizados de acordo com a recomendação da cultura.

5.4.6. Variáveis de produção avaliadas

A colheita teve início 47 DAT, duas vezes por semana, sendo realizada 25 colheitas entre os meses de novembro de 2024 e fevereiro de 2025 (Figura 14A e B). O ponto de colheita foi definido quando os frutos alcançaram a faixa de 5 a 14 cm de comprimento. Foram avaliados o número total e comercial de frutos, produtividade total e comercial de frutos.

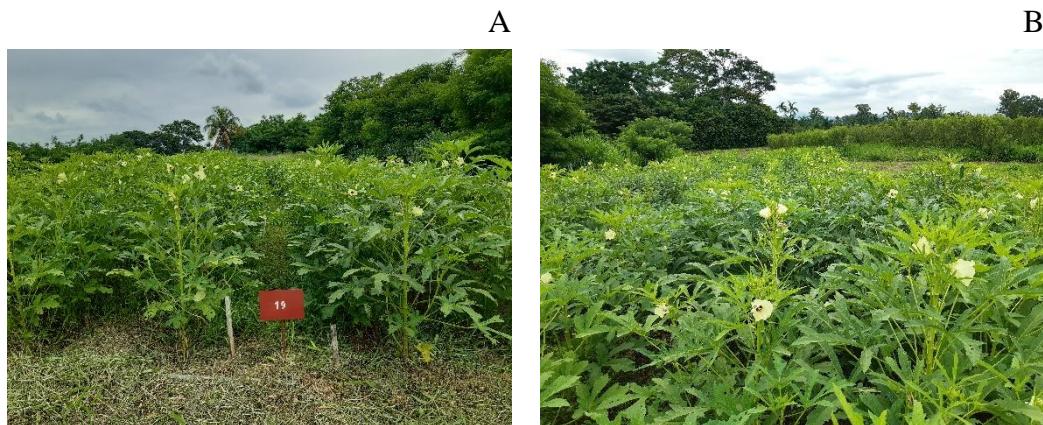


Figura 14. A) Gleba 19 usada em todos os experimentos de Verdeponia; B) Quiabeiro em época de colheitas. Seropédica, Fazendinha Agroecológica Km 47, 2024.

5.4.7. Análises estatísticas

Os dados relativos à quantificação das variáveis fitotécnicas foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas utilizando o teste de Scott-Knott a 5 % de significância utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2019).

5.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.5.1. Produtividade do quiabo

Para o cultivo do quiabo não houve diferenças significativas em relação as coberturas mortas com diferentes doses de biomassa vegetal composta por 50% de capim elefante + 50% de gliricídia em nenhuma variável fitotécnica avaliada (Tabela 10). Em todas as variáveis de produção, apesar de não ter diferenças significativas entre os tratamentos, sobressaíram-se os tratamentos com maior quantidade de biomassa vegetal como cobertura morta.

Tabela 10. Parâmetros agronômicos (número total de frutos, número de frutos comerciais, produtividade total e produtividade comercial) para o quiabeiro cultivado com diferentes doses de cobertura morta composta por biomassa vegetal de gliricídia e capim elefante em Verdeponia. Seropédica, RJ, 2024/2025. Biomassa vegetal composta por 50% de capim elefante + 50% de gliricídia: T1 (sem cobertura morta); T2 (100 g); T3 (200 g); T4 (400 g); T5 (800 g) e T6 (1000 g).

Tratamento	Número total de frutos	Número de frutos comerciais	Produtividade Total	Produtividade Comercial
	----- un ha ⁻¹ -----	----- un ha ⁻¹ -----	----- Mg ha ⁻¹ -----	----- Mg ha ⁻¹ -----
T1	1.393.888,89 a	1.308.750,00 a	20,14 a	18,81 a
T2	1.567.777,78 a	1.514.583,33 a	24,68 a	23,72 a
T3	1.686.666,67 a	1.595.138,89 a	24,65 a	23,11 a
T4	1.490.138,89 a	1.446.805,56 a	21,27 a	20,37 a
T5	1.685.000,00 a	1.660.416,67 a	24,29 a	23,41 a
T6	1.518.055,56 a	1.455.138,89 a	24,29 a	22,72 a
CV (%)	16,97	18,72	18,27	19,94

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna (entre tratamentos), diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de significância. CV % - Coeficiente de variação.

Ao comparar a produtividade total e comercial, observou-se que em média 3% do total de frutos apresentaram-se como não comercializáveis. Cultivando o quiabeiro, em sistema orgânico no período de verão, na mesma localidade Fortuna (2017) comparou as produtividades total e comercial observando que em média 5% do total de frutos encontravam-se não comercializáveis.

A gliricídia se apresenta como uma fonte importante de nitrogênio nos sistemas agrícolas. Utilizada como fonte de nutrientes no cultivo de frutíferas, a fitomassa de gliricídia no sistema de aleia corresponde à um terço da dose de nitrogênio recomendada para a cultura (BARRETO et al., 2013). No estudo conduzido por Chave et al. (2022), os autores constataram que a gliricídia, com densidade de 500 plantas ha⁻¹, pode produzir 5,81 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e 1,99 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, fitomassas fresca e seca. Segundo esses autores, os nutrientes disponibilizados em maiores quantidades são o nitrogênio e o potássio, sendo de suma importância a sincronização entre a demanda e a oferta de nutrientes. Em pomar orgânico de mangueira e gravoleira, Paulino et al. (2011) observaram que a quantidade de nitrogênio aportada no sistema foi maior que a adubação recomendada, entretanto as quantidades de potássio e fósforo não foram suficientes para suprir o recomendado para as respectivas frutíferas.

Na Figura 15 observa-se a produtividade comercial do quiabeiro em relação aos meses de colheita, de novembro de 2024 até fevereiro de 2025. Por ser uma cultura rústica que tolera altas temperaturas o mês de janeiro apresentou as maiores médias de colheitas. O sistema de

irrigação por aspersão foi utilizado apenas durante o período do transplantio das mudas e de rápido crescimento.

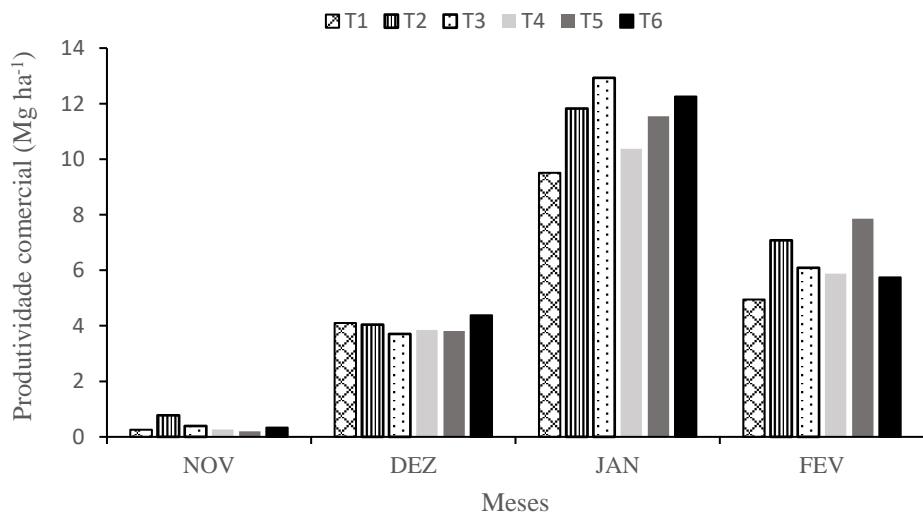


Figura 15. Produtividade comercial mensal do quiabeiro cultivado em Verdeponia submetido a diferentes doses de cobertura morta. Biomassa vegetal composta por 50% de capim elefante + 50% de gliricídia: T1 (sem cobertura morta); T2 (100 g); T3 (200 g); T4 (400 g); T5 (800 g) e T6 (1000 g).

Oliveira (2013) estudando o quiabeiro (cv. Santa Cruz 47), cultivado nas estações de outono-inverno nas condições da Baixada Fluminense, não observou diferenças no número, peso médios e produtividade de frutos em decorrência da aplicação de biofertilizante líquido, e do regime de adubação de cobertura. O referido autor obteve em média de 25,83; 434,58; 14,34 para o número (planta), peso (g planta^{-1}) e produtividade (Mg ha^{-1}) de frutos, respectivamente. Fortuna (2017), obteve produtividade comercial média de $10,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ para o cultivo de inverno na mesma localidade. Deve-se ressaltar que o quiabeiro apresentou resultados de produção satisfatórios para o cultivo que ocorreu nas estações de primavera-verão (cultivo de verão). O cultivo em outras estações do ano tende a ser menor em virtude das variáveis climáticas. Novos estudos deverão ser conduzidos para avaliar a produtividade do quiabeiro em Verdeponia em outras estações do ano e na rebrota.

Santos (2019) no cerrado goiano avaliando lâminas de irrigação no crescimento e na produtividade do quiabo obteve produtividade máxima de $20,60 \text{ t ha}^{-1}$ para a cultivar Santa Cruz 47. Nesse ensaio o preparo do solo foi realizado de maneira convencional (aração e gradagem) e na adubação de plantio foi aplicado ureia e termofosfato magnesiano. As adubações de cobertura foram realizadas com a aplicação de ureia no intervalo de 30 dias.

No cultivo de verão Fortuna (2017), obteve produtividade comercial média de $18,27 \text{ Mg ha}^{-1}$ sendo a última colheita realizada aos 152 DAT. Neste ensaio o manejo da irrigação foi realizado por um Acionador Simplificado para Irrigação (ASI) e as lâminas aplicadas não proporcionaram diferenças significativas nos índices de produção (FORTUNA, 2017). No presente estudo a produtividade comercial média foi de $22,02 \text{ Mg ha}^{-1}$ em 141 dias de cultivo sendo a irrigação realizada por aspersão convencional.

Estudando o cultivo orgânico de quiabeiro em solo coberto com leguminosas herbáceas perenes Silva et al. (2013), obtiveram a produtividade máxima de frutos ($16,23 \text{ t ha}^{-1}$) no cultivo de quiabeiro em solo coberto com soja perene. Nesse ensaio a roçada das leguminosas foi realizada na véspera da semeadura do quiabeiro, permitindo a adição de massa seca as áreas de

cultivo. As leguminosas não foram utilizadas como principal fonte de nutrientes, cada cova recebeu 400 g de esterco bovino (SILVA et al., 2013).

Silva et al. (2020), estudaram os efeitos de diferentes matérias em coberturas de canteiros, em combinação com turnos de rega, e concluíram que o crescimento e a produção dos quiabeiros foram favorecidos pelos tratamentos de cobertura dos canteiros, em comparação ao cultivo em solo sem proteção. Almeida (2015) avaliou a produtividade do quiabeiro no sistema de plantio direto utilizando diferentes plantas como cobertura morta no solo e obteve no período de verão a maior produtividade de frutos na cobertura com palhada de sorgo forrageiro ($30,35 \text{ Mg ha}^{-1}$), com $1.686.110$ frutos ha^{-1} e a menor nos tratamentos com palhada de milho e palhada com vegetal natural. O referido autor no transplantio das mudas realizou a adubação de base com superfosfato simples e composto orgânico e nas adubações de cobertura utilizou ureia em 4 aplicações. Esse tipo de adubação é o recomendado pelo Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro (FREIRE et al., 2013). A Verdeponia busca romper o paradigma vigente ao utilizar apenas adubos verdes no cultivo de plantas.

Segundo Filgueira (2008) a produtividade média do quiabeiro gira em torno de 15 a 20 Mg ha^{-1} . A produtividade do quiabeiro é variável em função de diversos fatores: como clima, manejo, adubação e o período de colheita. Portanto, a menor produtividade obtida no presente trabalho foi de $18,81 \text{ Mg ha}^{-1}$, muito superior à média nacional.

Tivelli et al. (2013) avaliaram o cultivo intercalar de adubos verdes eretos e de porte baixo na cultura do quiabeiro e obtiveram produção média de $190,9$ e $582 \text{ g planta}^{-1}$, respectivamente, no sistema convencional e orgânico. No presente trabalho foram observadas produções médias por planta superiores em todos os tratamentos analisados.

Avaliando a influência de adubos orgânicos e biofertilizantes no crescimento, rendimento e qualidade do quiabo Meena et al. (2019) obtiveram $17,63$ frutos por planta e produção de $19,56 \text{ t ha}^{-1}$ para o tratamento constituído por dose recomendada de fertilizante mais vermicomposto. O uso integrado de nutrientes pode ser utilizado para maior produtividade da cultura. Trabalhos futuros poderão avaliar a utilização de biomassa vegetal em Verdeponia associada ao uso de adubos orgânicos no cultivo de olerícolas.

Na mesma localidade do presente estudo, Ribas et al. (2003) avaliaram o desempenho do quiabeiro Santa Cruz 47, consorciado com *Crotalaria juncea* e compararam duas densidades populacionais da leguminosa como adubo verde e duas doses de esterco bovino e obtiveram produtividade médias de $29,44$ e $30,55 \text{ Mg ha}^{-1}$ para o esterco bovino e consorcio com crotalária, respectivamente.

Gonçalves Júnior (2015) observou que a utilização de coberturas mortas: reduziu as plantas de ocorrência espontâneas, aumentou a diversidade da fauna edáfica e elevou à produtividade agronômica das hortaliças folhosas. As coberturas mortas de solo com maiores proporções de gliricídia apresentaram maior decomposição de biomassa e liberação de nitrogênio influenciando positivamente a produção agrícola (GONÇALVES JÚNIOR, 2015).

Outro aspecto que merece destaque para o cultivo em Verdeponia, quanto à utilização de uma espécie arbórea como a gliricídia está relacionada ao sequestro de carbono contínuo da atmosfera, sem a necessidade de plantios anuais, fortalecendo os compromissos internacionais firmados pelo Brasil quanto as políticas de mudança do clima.

A produtividade no experimento desse Capítulo foi superior à do capítulo anterior e a possíveis explicações são: o clima com temperaturas mais elevadas e chuvas bem distribuídas além do acúmulo de nutrientes ao longo da sucessão antes do plantio do último cultivo. Apesar da produtividade ter sido elevada nesse último cultivo, a literatura reporta valores ainda maiores no cultivo tradicional e se poderia buscar isso com Verdeponia com maiores doses de biomassa nos berços e/ou complemento dessa adubação com outros compostos como torta de mamona, gesso, termofosfatos entre outros.

5.6 CONCLUSÕES

A produtividade comercial obtida em todos os tratamentos foi superior à média nacional, considerando o sistema convencional de produção, demonstrando assim que a Verdeponia possibilita a obtenção de altas produtividades no sistema orgânico.

Os resultados obtidos indicam que o uso de coberturas mortas não influenciou as variáveis de produção no cultivo orgânico de quiabo em Verdeponia.

6. CONCLUSÕES GERAIS

A abordagem proposta neste trabalho de pesquisa, de cultivos sucessivos em berços (covas) permitiu aumentar a fertilidade localmente ao invés de toda área de cultivo. As Verdeponias sucessivas também representam um tipo de cultivo mínimo, pois o único preparo do solo entre os cultivos é a reabertura dos berços. Esta técnica se mostrou adequada aos sistemas orgânicos e agroecológicos de produção, por favorecer a gestão da biomassa vegetal e não depender de adubos externos.

Recomenda-se a utilização de misturas contendo mais de 50% de gliricídia, visto que se mostraram adequadas dentro do sistema de cultivos sucessivos de olerícolas em Verdeponia, possibilitando a obtenção de elevada produtividade agronômica.

Novos estudos deverão ser conduzidos para verificar o uso de doses de biomassas nos berços de cultivos, a eficiência da técnica em solos pobres em nutrientes e em áreas com coberturas perenes de leguminosas e gramíneas ao longo do tempo, tanto nas produtividades das lavouras quanto na fertilidade dos berços.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, S. N. C. **Cultivo sustentável de quiabo utilizando diferentes espécies vegetais como cobertura do solo em sistema de plantio direto.** 2015. 122p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ. 2015.
- ALMEIDA, M. M. T. B. **Fertilizantes de Leguminosas: Autossuficiência de Nitrogênio em Sistemas Orgânicos de Produção.** 2012. 145p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2012.
- ALMEIDA, M. M. T. B.; LIXA, A. T.; SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H.; RIBEIRO, R. L. D. Fertilizantes de leguminosas como fontes alternativas de nitrogênio para produção orgânica de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 6, p. 675-682, 2008.
- ALVES, T. N.; ECHER, M. M.; SACKSER, G. A. B.; BLACK, A. V.; KLOSOWSKI, E. S.; JÚNIOR, E. K. M.; COUTINHO, P. W. R. Desempenho produtivo da couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) consorciada com quiabeiro sob manejo orgânico. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, p. 1-20, 2020.
- ANDRADE, B. M. S.; SOUZA, S. F.; SANTOS, C. M. C.; MEDEIROS, S. S.; MOTA, P. S.; CURADO, F. F. Uso da gliricídia (*Gliricidia sepium*) para alimentação animal em Sistemas Agropecuários Sustentáveis. **Scientia Plena**, v.11, n.4, 2015.
- ARAÚJO, E. S.; ARAÚJO, F. C. D.; GONÇALVES JÚNIOR, M.; PEREIRA, B. C. J.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; ALVES, B. J. R.; CORREIA, M. E. F.; RISSO, I. A. M.; SANTOS, S. S.; SILVA, C. S. R. A.; REZENDE, A. L. P. S.; MELLO, G. A. B.; SANTOS, C. M.; SILVA, F. M. B. **Sistema mecanizado de produção de biomassa de gliricídia.** Seropédica, RJ: Embrapa Agrobiologia, 2024. 10 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico 152).
- BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F.; SILVA, L. M. S.; PACHECO, E. P. **Cultivo de *Gliricidia sepium* em Entrelinhas Alternadas do Pomar Cítrico como Fonte Permanente de Adubação Verde em Solos dos Tabuleiros Costeiros.** Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2013. 17 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 77).
- BERGSTRAND, K. J. Organic fertilizers in greenhouse production systems - A review. **Scientia Horticulturae**, 295, 110855, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110855>
- BOTH, J. P. C. L.; LEMOS, O. F.; MOURÃO, M.; JUNIOR, J. A. L.; ARAÚJO, S. M. B.; DANTAS, R. C. R.; DOHARA, R. H. Arranjo espacial e adubação para formação de jardim clonal de gliricídia à produção de tutor vivo para o cultivo da pimenteira-do-reino. **Revista Contemporânea**, v. 4, n. 3, 2024.

CARVALHO, D. F.; GOMES, D. P.; NETO, D.H. O.; GUERRA, J. G. M.; ROUWS, J. R. C.; OLIVEIRA, F. L. Carrot yield and water-use efficiency under different mulching, organic fertilization and irrigation levels. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 7, p. 445-450, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n7p445-450>.

CASTRO, A.; BATISTA, N. S.; LATAWIEC, A. E.; RODRIGUES, A.; STRASSBURG, B.; SILVA, D.; ARAUJO, E.; MORAES, L.F.D de; GUERRA, J. G.; GALVÃO, G.; ALVES-PINTO, H.; MENDES, M.; SANTOS, J.S. dos; RANGEL, M. C.; FIGUEREDO, M.; CORNELISSEN, G.; HALE, S. The effects of gliricidia-derived biochar on sequential maize and bean farming. **Sustainability**, 10, 578, 2018.

CHAVES, J. S.; SILVA, L. S.; MATOS, S. M.; PEREIRA, H. R.; SILVA, A. F.; ALVES, R. N.; OLIVEIRA, C. P. Produção de biomassa vegetal de Gliricídia sepium em sistema consorciado com fruteiras. **Conjecturas**, v.22, n.16, 2022. DOI: 10.53660/CONJ-2004-MP26.

CORRÊA, A. L.; ABBOUD, A. C. S.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR, L. A.; RIBEIRO, R. L. D. Adubação verde com crotalária consorciada ao minimilho antecedendo a couve-folha sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, Viçosa, v.61, n.6, p.956-963, novembro/dezembro, 2014.

COTTA, J.A.O.; CARVALHO, N.L.C.; BRUM, T.S.; REZENDE, M.O.O. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.20, n.1, p.65-78, janeiro-março, 2015.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; LIZIEIRE, R. S. **Moirão vivo de gliricídia na confecção de cerca elétrica**. Manual Técnico 16. Niterói – RJ, Programa Rio Rural, 2009.

EWERT, F.; BAATZ, R.; FINGER, R. Agroecology for a Sustainable Agriculture and Food System: From Local Solutions to Large-Scale Adoption. **Annual Review of Resource Economics**. 15: p. 351-381, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-102422-090105>

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna da produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2008.

FILHO, O. F. L.; AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. 483 p.

FORTUNA, G. C. **Custos monetários do quiabeiro orgânico em função de lâminas de irrigação automatizada, épocas de cultivo e bombeamento solar fotovoltaico**. 2017. 57 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2017.

FREIRE, L. R.; BALIEIRO, F. C.; ZONTA, E.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; LIMA, E.; GUERRA, J. G. M.; FERREIRA, M. B. C.; LEAL, M. A. A.; CAMPOS, D. V. B.; POLIDORO, J. C. **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: EMBRAPA. Editora Universidade Rural, Seropédica, RJ, 2013. 430 p.

GENTILE, M. A. D.; MEDICI, L. O.; SOUZA, E. F. F. S.; CARVALHO, D. F. Salad tomato production in greenponics with Bahia-grass (*Paspalum notatum*) clippings. **Biological Agriculture & Horticulture**. v. 41, 2025.

DOI: <https://doi.org/10.1080/01448765.2025.2536294>

GENTILE, M. A. D.; MEDICI, L. O.; SOUZA, E. F. F. S.; CARVALHO, D. F. Produção de pimentão orgânico utilizando biomassa vegetal não-compostada como substrato. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 11., 2020, São Cristóvão. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia**. São Cristóvão: Associação Brasileira de Agroecologia, 2020. (Cadernos de Agroecologia, v.15, n. 2, 2020).

GONÇALVES JÚNIOR, M. **Manejo de poda de *Gliricidia sepium* e utilização do resíduo como cobertura morta no cultivo de hortaliças em sistema orgânico**. 2017. 151p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2017.

GUEDES, R. E.; RIBEIRO, R. L. D.; GUERRA, J. G. M.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, E. N. G. Produtividade do quiabeiro e do feijão-caupi consorciados em sistema orgânico de produção após cultivo de crotalária ou pousio. **Artigo em anais e proceedings**, 2006.

KUMAR, P.; MISHRA, P. K. Cultivation of *Gliricidia sepium* (Gliricidia) and its use for improving soil fertility. **Journal of the Kalash Science**, v. 1, n. 1, p. 131-133, 2013.

LATAWIEC, A. E.; STRASSBURG, B. B. N.; JUNQUEIRA, A. B.; ARAUJO, E.; MORAES, L. F. D.; PINTO, H. A. N.; CASTRO, A.; RANGEL, M.; MALAGUTI, G. A.; RODRIGUES, A. F.; BARIONI, L. G.; NOVOTNY, E. H.; CORNELISSEN, G.; MENDES, M.; BATISTA, N.; GUERRA, J. G.; ZONTA, E.; JAKOVAC, C.; HALE, S. E. Biochar amendment improves degraded pasturelands in Brazil: environmental and cost-benefit analysis. **Scientific Reports**, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47647-x>

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.

LIMA, M. E.; CARVALHO, D. F.; SOUZA, A. P.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D. Desempenho da alface em cultivo orgânico com e sem cobertura morta e diferentes lâminas d'água. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1503-1510, 2009.

LYU, H.; Li, Y.; Wang, Y.; Wang, P.; Shang, Y.; Yang, X.; Wang, F.; Yu, A. Drive soil nitrogen transformation and improve crop nitrogen absorption and utilization - a review of green manure applications. **Frontiers in Plant Science**, 2024.

DOI: 10.3389/fpls.2023.1305600

MARIN, A. M. P.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, E. D.; SAMPAIO, E. V. S. B. Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal no Agreste Paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30, 555-564, 2006.

MARTUSCELLO, J. A.; MAJEROWICZ, N.; DA CUNHA, D. N. F. V.; DE AMORIN, P. L.; BRAZ, T. G. S. Características produtivas e fisiológicas de capim-elefante submetido à adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**. 65 (252): 565-570, 2016.

MEENA, D. C.; MEENA, M. L.; KUMAR, S. Influence of organic manures and biofertilizers on growth, yield and quality of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). **Annals of Plant and Soil Research** 21(2): p. 130-134, 2019.

MENEZES, A. J. E. A.; HOMMA, A. K. O.; ISHIZUKA, Y.; KODAMA, N. R.; KODAMA, E. E. **Gliricídia como tutor vivo para pimenteira-do-reino**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2013. 31 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 393).

MORAES, A. J. G.; SILVA, E. S. A.; ALMEIDA, E. N.; MENEZES, A. J. E. A. Avaliação dos impactos econômico, social e ambiental do cultivo da pimenteira-do-reino com tutor vivo de gliricídia no estado do Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 7, 2018.

MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H. A.; SOUZA, S. F.; SANTOS, R. D.; FERNANDES, E. N.; PIOVEZAN, U.; OLIVEIRA, Y. S.; MAGALHAES, V. M. A. **Cultivo e manejo da gliricídia para formação de banco de proteína**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 30 p.

OLIVEIRA, A. R.; ARCANJO, A. H. M.; PEREIRA, K. A.; NASCIMENTO, A. A.; NOGUEIRA, M. A. R. Manejo do *Pennisetum purpureum* para o pastejo: revisão de literatura. **Revista Eletrônica Nutri Time**, Vol 13, n. 5, setembro e outubro de 2016.

OLIVEIRA, E. A. G. **Formulações tipo “bokashi” como fertilizantes orgânicos no cultivo de hortaliças**. 2015. 96p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2015.

OLIVEIRA, F. L. **Cultivo do quiabeiro sob manejo orgânico no período de outono-inverno, nas condições edafoclimáticas da Baixada Fluminense**. 2013. 29p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2013.

OLIVEIRA, E. A. G.; RIBEIRO, R. L. D.; GUERRA, J. G. M.; LEAL, M. A. A.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. S. **Substrato produzido a partir de fonte renováveis para a produção orgânica de mudas e hortaliças**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2011. (Comunicado Técnico, 134).

OLIVEIRA, F. F.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D.; ESPINDOLA, J. A. A.; RICCI, M. S. F.; CEDDIA, M. B. Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 216-220, 2008.

PAULA, P. D.; CAMPOLLO, E. F. C.; GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. A.; RESENDE, A. S. Decomposição das podas das leguminosas arbóreas *Gliricidia sepium* e *Acacia angustissima* em um sistema agroflorestal. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 25, n. 3, p. 791-800, 2015.

PAULINO, G. M.; BARROSO, D. G.; LAMÔNICA, K. R.; COSTA, G. S.; CARNEIRO, J. G. de A. Desempenho da gliricídia no cultivo em aleias em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.4, p.781-789, 2011.

PAULINO, G. M.; ALVES, B. J. R.; BARROSO, D. G.; URQUIAGA, S.; ESPINDOLA, J.A.A. Fixação biológica e transferência de nitrogênio por leguminosas em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n.12, p. 1598-1607, 2009.

RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; OLIVEIRA, F. L.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; ALVES, B. J. R.; RIBEIRO, R. L. D. Desempenho do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) consorciado com *Crotalaria juncea* sob manejo orgânico. **Agronomia**, v. 37, n.2, p. 80-84, 2003.

RIBEIRO, C. S. C.; CARVALHO, S. I. C.; REIFSCHEIDER, F. J. B.; BIANCHETTI, L. B.; LOPES, C. A.; LIMA, M. F. A. R.; DUVAL, A. M. Q.; PINHEIRO, J. B.; NAGATA, A. K.; RAGASSI, C. F. **Cultivares de pimentas das espécies *Capsicum* spp. Desenvolvidas pela Embrapa Hortaliças.** Circular Técnica 172, 2020.

SÁ, C. O.; SÁ, J. L.; MANOS, M. G. L.; SIQUEIRA, E. R.; DIOGO, E.; BATISTA, N. C. S.; OLIVEIRA, T. C.; ANJOS, J.; TEODORO, M. S. **Implantação e manejo da gliricídia (*Gliricidia sepium*) como mourão vivo em cercas produtivas.** Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2020. 15 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 239).

SANTOS, E. A. **Crescimento, produtividade, análise de sementes e custo de produção de quiabo sob lâminas de irrigação por gotejamento.** 2019. Dissertação (Mestrado em Irrigação no Cerrado). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. 2019.

SANTOS, C. A.; DINIZ, C. S.; REIS, C. A.; XAVIER, M. C. G.; ARAÚJO, M. L.; COSTA, E. S. P.; CARMO, M. G. F. Influência da forma de condução das plantas na produção de frutos de pimenta cambuci e bode vermelha. 2018.

https://convibra.org/congresso/res/uploads/pdf/2018_85_15001.pdf.

SANTOS, C. A. B.; ZANDONÁ, S. R.; ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D. Efeito de coberturas mortas vegetais sobre o desempenho da cenoura em cultivo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.1, p.103-107, 2011.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, I. C.; LIMA, P. C. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, Viçosa, v.61, p.829-837, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201461000008>.

SILVA, F. A.; MELO, A. R.; FERNANDES, P. D.; NETO, J. D.; COELHO, D. A.; JÚNIOR, J. B. T. Produção orgânica de quiabo variando coberturas de solo e turnos de rega. **Revista Principia** 52: 20-33, 2020.

SILVA, D. M. N.; OLIVEIRA, F. L.; GRAZZIOTTI, P. H.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Organic cultivation of okra with ground cover of perennial herbaceous legumes. **Horticultura Brasileira**, 31: 450-456, 2013.

SILVA, E. E.; POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR-MENEZES, E.L.; RESENDE, A. L. S.; OLIVEIRA, F. L.; RIBEIRO, R. L. D. Sucessão entre cultivos orgânicos de milho e couve consorciados com leguminosas em plantio direto. **Horticultura Brasileira**, 29: 57-62, 2011.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** 2^a edição revista e ampliada. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SOARES, M. S.; ANTUNES, L. F. S.; LEAL, M. A. A. Avaliação do processo de compostagem a partir da mistura de capim elefante, gliricídia e farelo de trigo. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia, 11., 2020, São Cristóvão. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia**. São Cristóvão: Associação Brasileira de Agroecologia, 2020. (Cadernos de Agroecologia, v. 15, n. 2) 2020.

SOUZA, E. F. F. S.; MEDICI, L. O.; GENTILE, M. A. D.; HASSANPOURAGHDAM, M. B.; CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. Grass (*paspalum notatum*) clippings, with and without cattle wastewater, supported production of organic cherry tomatoes in pots. **Biological Agriculture & Horticulture**. 2021. DOI:<https://doi.org/10.1080/01448765.2021.1966506>

SOUZA, D. G. **Utilização de um sistema alternativo de irrigação no cultivo orgânico da pimenta cambuci (*Capsicum baccatum* L. var. *pendulum*) no município de Seropédica – RJ**. 2012. 80p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2012.

SOUZA, A. P.; LIMA, M. E.; CARVALHO, D. F.; GUERRA, J. G. M.; ANDRADE, I. P. S.; ROCHA, H. S. Influência da decomposição de diferentes resíduos vegetais submetidos a lâminas de irrigação no comportamento da vegetação espontânea. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.32, n.2, p. 317-324, 2010.

SOUZA JÚNIOR, J. B.; GUERRA, J. G. M.; GOULART, J. M.; SILVA, L. O.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. S. Agronomic efficiency of fermented composts in organic fertilization management of butterhead lettuce and green leaf lettuce. **Horticultura Brasileira**, v. 41, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-2023-e2609>.

TIVELLI, S. W.; KANO, C.; PURQUERIO, L. F. V.; WUTKE, E. B.; ISHIMURA, I. Desempenho do quiabeiro consorciado com adubos verdes eretos de porte baixo em dois sistemas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, v.31, p. 483-488, 2013.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; BLAT, S. F.; PRELA-PANTANO, A.; TEIXEIRA, E. P.; ARAÚJO, H. S.; FELTRAN, J. C.; PASSOS, F. A.; FIGUEIREDO, G. J. B.; NOVO, M. C. S. **Couve de folha: do plantio à pós-colheita**. Instituto Agronômico (IAC), 2015.