

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

FABIANO TRAMUNTINN SOARES

PRODUÇÃO DE *Vigna subterranea* (L.) Verdc. E COMPOSIÇÃO
NUTRICIONAL SOB DIFERENTES DOSES DE CAMA DE AVIÁRIO

Manaus
2026

FABIANO TRAMUNTINN SOARES

**PRODUÇÃO DE *Vigna subterranea* (L.) Verdc. E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL
SOB DIFERENTES DOSES DE CAMA DE AVIÁRIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, como requisito para para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientadora: Profa. Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino

Coorientador: Prof. Dr. Lin Chau Ming

Manaus

2026

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S676p Soares, Fabiano Tramuntinn
Produção de *Vigna subterranea* (L.) Verdc. e composição
nutricional sob diferentes doses de cama de aviário / Fabiano
Tramuntinn Soares. - 2026.
68 f. : il., color. ; 31 cm.

Orientador(a): Sônia Maria Figueiredo Albertino.
Coorientador(a): Lin Chau Ming.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, Manaus,
2026.

1. Adubação orgânica. 2. Composição centesimal. 3. Feijão-
bambara. 4. Produção vegetal. 5. Leguminosa. I. Albertino, Sônia
Maria Figueiredo. II. Ming, Lin Chau. III. Universidade Federal do
Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical.
IV. Título

FABIANO TRAMUNTINN SOARES

PRODUÇÃO DE *VIGNA SUBTERRANEA* (L.) VERDC. E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL SOB
DIFERENTES DOSES DE CAMA DE AVIÁRIO

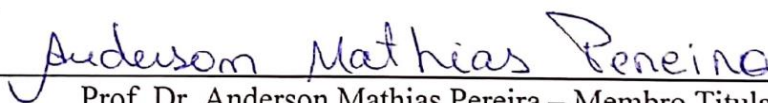
Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Agronomia Tropical
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Agronomia Tropical,
área de concentração Produção Vegetal.

Aprovado em 09 de junho de 2026.

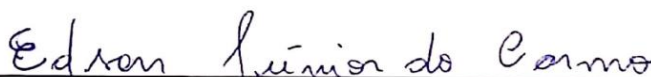
BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Dr.^a Sônia Maria Figueiredo Albertino – Presidente
Universidade Federal do Amazonas



Prof. Dr. Anderson Mathias Pereira – Membro Titular
Universidade Federal do Amazonas



Prof. Dr. Edson Júnior do Carmo – Membro Titular
Universidade Federal do Amazonas

Dedico este trabalho aos meus pais *Marli* e *Laercio*,
aos meus avós, *Wilson*, *José*, *Antônia* e *Maria*, como forma de homenagem,
aos sobrinhos, *Victor*, *Mirella* e *Melinda*, como forma de incentivo,
aos meus irmãos, *Raquel*, *Fabricio* e *Vanessa*, como forma de motivação,
e principalmente,
à minha mãe *Marli* e à minha namorada *Eliane*,
pelo apoio e incentivo.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder o dom da vida, saúde e a oportunidade de chegar até aqui, pois sem Ele nada disso seria possível.

Sou profundamente grato aos meus pais pela criação que me proporcionaram, pautada na educação, na bondade e em bons valores. Em especial, agradeço à minha mãe, Marli Tramuntinn, por ser uma mulher guerreira, por nunca ter me desamparado e por sempre ter me apoiado desde o início da minha trajetória acadêmica. Obrigado pelo incentivo constante, pela motivação e por não me permitir desistir, independentemente das dificuldades financeiras ou pessoais. Grande parte desta conquista também é sua. Um dos meus maiores objetivos sempre foi retribuir, por meio dos estudos e do trabalho, tudo o que você fez e continua fazendo por mim.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Sônia Maria Figueiredo Albertino, e ao meu coorientador, Prof. Dr. Lin Chau Ming, expresso minha sincera gratidão pelo acolhimento, pela confiança depositada em meu trabalho, pela orientação dedicada, pela paciência e por todo o suporte oferecido ao longo desta trajetória.

Agradeço aos colegas do grupo de pesquisa coordenado pela minha orientadora pelo acolhimento no Laboratório de Ciência de Plantas Daninhas da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA/UFAM), bem como ao senhor Gil, pelos ensinamentos e orientações compartilhados durante esse período.

Registro também meus agradecimentos ao Prof. Dr. Anderson Mathias Pereira, à sua orientanda Gabrielle dos Santos Picanço e à Prof.^a Dr.^a Leiliane do Socorro Sodré de Souza, pelo suporte nos Labor rios de Processos de Separação e de Análises Físico-Químicas de Alimentos, fundamentais para a realização das análises laboratoriais e para o desenvolvimento desta pesquisa.

  minha namorada, Eliane, agradeço por todo apoio, incentivo e motivação desde antes do ingresso no mestrado, ainda durante a graduação, quando  ramos apenas amigos. Obrigado, de coração, por estar ao meu lado e fazer parte deste momento tão importante da minha vida.

  Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas (FCA/UFAM), agradeço pela disponibilização da área experimental e pelo suporte dos labor rios de Ciência de Plantas Daninhas, Solos, Sementes, Plantas Industriais e Medicinais, Processos de Separação e Análises Físico-Químicas de Alimentos, além do apoio do Sítio PANC, fundamentais para a execução desta pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical (PPGATR/UFAM), deixo meus sinceros agradecimentos pela oportunidade de continuidade dos estudos, pelos conhecimentos adquiridos nas disciplinas cursadas, pelas trocas de experiências com docentes e discentes e pelos eventos acadêmicos que contribuíram significativamente para minha formação acadêmica e profissional.

Agradeço, igualmente, às agências de fomento que contribuíram para a realização desta pesquisa. Este trabalho foi desenvolvido com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Expresso, ainda, minha gratidão à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento científico na região.

RESUMO

O feijão-bambara (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) destaca-se entre as leguminosas pelo elevado valor nutricional dos grãos e pela adaptação a ambientes com condições edafoclimáticas restritivas. Entretanto, o desempenho da cultura depende, entre outros fatores, do adequado suprimento de nutrientes. Nesse contexto, a utilização de cama de aviário como fertilizante orgânico representa uma alternativa sustentável aos fertilizantes minerais, por promover o aproveitamento de resíduos agropecuários, melhorar a fertilidade do solo e disponibilizar nutrientes de forma gradual às plantas. Dessa forma, objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes doses de cama de aviário sobre a produção e a composição nutricional de *V. subterranea*. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com cinco níveis de cama de aviário e cinco repetições. As adubações foram 0 kg, 1,4 kg, 2,8 kg, 4,2 kg e 5,6 kg de cama de aviário. As doses de 4,2 e 5,6 kg proporcionaram as melhores respostas para a maioria das variáveis agrônômicas relacionadas ao rendimento e ao acúmulo de biomassa. Na composição nutricional, observou-se influência da adubação sobre algumas variáveis da parte aérea mais raiz e sobre o teor de proteína bruta dos grãos, destacando-se a dose de 2,8 kg para essa última variável. Conclui-se que a cama de aviário apresenta potencial como alternativa de adubação orgânica para o cultivo de feijão-bambara em ambiente amazônico, contribuindo para o desempenho agrônômico da cultura e para a melhoria de atributos específicos da qualidade nutricional.

Palavras chaves: adubação orgânica; composição centesimal; feijão-bambara.

ABSTRACT

Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) stands out among legumes due to the high nutritional value of its grains and its adaptation to environments with restrictive edaphoclimatic conditions. However, crop performance depends, among other factors, on an adequate nutrient supply. In this context, the use of poultry litter as an organic fertilizer represents a sustainable alternative to mineral fertilizers, as it promotes the recycling of agricultural residues, improves soil fertility, and gradually supplies nutrients to plants. Thus, the objective of this study was to evaluate the effects of different poultry litter rates on the production and nutritional composition of *V. subterranea*. The experiment was conducted in a completely randomized design, with five poultry litter levels and five replications. The fertilizer rates were 0 kg, 1.4 kg, 2.8 kg, 4.2 kg, and 5.6 kg of poultry litter. The rates of 4.2 and 5.6 kg provided the best responses for most agronomic variables related to yield and biomass accumulation. Regarding nutritional composition, fertilization influenced some variables of the shoot plus root and the crude protein content of the grains, with the 2.8 kg rate standing out for the latter variable. It was concluded that poultry litter has potential as an alternative organic fertilizer for Bambara groundnut cultivation under Amazonian conditions, contributing to the agronomic performance of the crop and to the improvement of specific attributes of its nutritional quality.

Keywords: organic fertilization; centesimal composition; bambara bean.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Local do experimento, área experimental da FCA, UFAM. Manaus, AM, 2024.	24
Figura 2. Análise de proteína – etapa de digestão. A – Preparo da amostra com procedimento de pesagem em balança analítica de precisão, B – Bloco digestor para recebimento das amostras, C – Controlador de temperatura do bloco digestor. Manaus, AM, 2025.	31
Figura 3. Análise de proteína – etapa de destilação. A – Tubo contendo a amostra acoplado ao destilador de nitrogênio e erlenmeyer contendo solução de ácido bórico, B – Amostra apresentando coloração azulada em decorrência da reação com ácido bórico. Manaus, AM, 2025.....	32
Figura 4. Análise de proteína – etapa de titulação. A – Processo de titulação da amostra com solução de HCl em agitador magnético, B – Alteração da coloração da amostra indicativa do ponto final da titulação. Manaus, AM, 2025.	33
Figura 5. Análise de cinzas. A – Pesagem da amostra em cadinho de porcelana, B – Processo de incineração em mufla, C – Resfriamento do material em dessecador, D – Pesagem após a incineração da amostra. Manaus, AM, 2025.	35
Figura 6. Número de sementes por planta (NSP) de <i>V. subterranea</i> em função de doses de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.....	38
Figura 7. Número de sementes por quilo (NSQ) de <i>V. subterranea</i> em função de doses crescentes de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.	39
Figura 8. Peso de mil sementes (PMS) de <i>V. subterranea</i> em função de doses crescentes de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.	40
Figura 9. Matéria seca da parte aérea mais raiz (MSPAR) de <i>V. subterranea</i> em função de doses crescentes de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.....	42
Figura 10. Matéria seca dos grãos (MSG) de <i>V. subterranea</i> em função de doses crescentes de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.	43
Figura 11. Umidade da parte aérea mais raiz de <i>V. subterranea</i> em função de doses crescentes de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.	46
Figura 12. Lipídios totais da parte aérea mais raiz de <i>V. subterranea</i> em função de doses crescentes de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.	48
Figura 13. Proteína bruta da parte aérea mais raiz de <i>V. subterranea</i> em função de doses crescentes de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.	49

Figura 14. Valor calórico da parte aérea mais raiz de <i>V. subterranea</i> em função de doses crescentes de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.	51
Figura 15. Proteína bruta dos grãos de <i>V. subterranea</i> em função de doses crescentes de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica do terriço de floresta e do composto orgânico. Manaus, AM, 2024.	25
Tabela 2. Caracterização química e granulométrica da cama de aviário. Manaus, AM, 2024.	26
Tabela 3. Doses de cama de aviário (CA) aplicadas por unidade experimental. Manaus, AM, 2024.	27
Tabela 4. Análise de variância para as variáveis de rendimento de <i>V. subterranea</i> . Manaus, AM, 2025.	37
Tabela 5. Análise de variância para as variáveis da composição centesimal da parte aérea mais raiz de <i>V. subterranea</i> . Manaus, AM, 2025.	45
Tabela 6. Análise de variância para as variáveis da composição centesimal dos grãos de <i>V. subterranea</i> . Manaus, AM, 2025.	53

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Peso de mil sementes	28
Equação 2. Número de sementes por planta	29
Equação 3. Massa de uma semente	29
Equação 4. Número de sementes por quilo.....	29
Equação 5. Lipídio extraído	30
Equação 6. Teor de lipídios totais	30
Equação 7. Teor de nitrogênio total.....	32
Equação 8. Teor de proteína bruta	33
Equação 9. Massa de cinzas.....	34
Equação 10. Teor de cinzas	34
Equação 11. Carboidratos totais	35
Equação 12. Valor calórico	36

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
2.	OBJETIVOS	17
2.1.	OBJETIVO GERAL	17
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3.	REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1.	CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS E ASPECTOS AGRONÔMICOS	17
3.2.	IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA.....	19
3.3.	RESTRIÇÕES À PRODUÇÃO DE FEIJÃO-BAMBARA.....	20
3.4.	ADUBAÇÃO ORGÂNICA.....	22
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5.1.	NÚMERO DE SEMENTES POR PLANTA, NÚMERO DE SEMENTES POR QUILO E PESO DE MIL SEMENTES EM <i>Vigna subterranea</i>	36
5.2.	MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA MAIS RAIZ E DOS GRÃOS.....	41
5.3.	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE <i>V. subterranea</i>	44
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
7.	CONCLUSÃO.....	58
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm provocado impactos significativos na agricultura mundial, ocasionando perdas substanciais e, em alguns casos, irreversíveis em ecossistemas terrestres, de água doce e marinhos, além de afetarem diretamente os sistemas de produção agrícola, os solos e a pecuária (Hatfield *et al.*, 2020; Aakko-Saksa *et al.*, 2023; Bibi; Rahman, 2023). Paralelamente, o crescimento populacional global intensifica os desafios relacionados à produção de alimentos. Estima-se que a população mundial, que alcançou aproximadamente 7 bilhões de habitantes em 2020, possa atingir cerca de 10 bilhões até 2050 (Bottrel *et al.*, 2023). Nesse cenário, a demanda alimentar per capita tende a aumentar significativamente, exigindo sistemas agroalimentares mais eficientes, resilientes e sustentáveis para garantir o abastecimento alimentar mundial (Sands *et al.*, 2023).

Diante desse contexto, o fortalecimento da produção de culturas alimentares adaptadas a condições adversas torna-se estratégico para o enfrentamento da fome, da pobreza e da insegurança alimentar, além de contribuir para a melhoria da saúde e nutrição da população mundial (FAO, 2023). Entre essas culturas, destacam-se as leguminosas, que apresentam elevado valor nutricional por serem fontes importantes de proteínas, fibras, vitaminas e minerais, além de possuírem compostos bioativos benéficos à saúde humana (Lam *et al.*, 2019; Takahashi *et al.*, 2019; Ku *et al.*, 2020).

Além da relevância alimentar, essas espécies contribuem para a melhoria da fertilidade do solo e apresentam ampla diversidade genética, favorecendo o desenvolvimento de cultivares mais resilientes às mudanças climáticas e aos eventos de seca (FAO, 2023).

Nesse cenário, *Vigna subterranea* (L.) Verdc., popularmente conhecida como feijão-bambara, destaca-se como uma espécie promissora para sistemas agrícolas mais resilientes e sustentáveis. A cultura é amplamente cultivada em regiões da África Subsaariana, especialmente por sua elevada tolerância ao déficit hídrico e pela capacidade de manter produtividade satisfatória em condições de baixa disponibilidade de água (Feldman *et al.*, 2019; Majola *et al.*, 2021). Além disso, apresenta resistência a pragas e doenças, boa adaptação a solos de baixa fertilidade e capacidade de fixação biológica de nitrogênio, aspectos que favorecem sua inserção em sistemas de produção de baixo custo e menor dependência de insumos externos (Obidiebube *et al.*, 2020; Soumare *et al.*, 2022). Essas características tornam a

espécie estratégica para o fortalecimento da agricultura sustentável, especialmente em regiões vulneráveis às mudanças climáticas.

Do ponto de vista nutricional e socioeconômico, os grãos de *V. subterranea* apresentam composição nutricional relevante, sendo ricos em carboidratos, lipídios, proteínas, fibras e minerais essenciais à alimentação humana (Oyeyinka *et al.*, 2018; Hasan *et al.*, 2019). Seus grãos podem ser consumidos in natura, processados para diferentes produtos alimentícios e também utilizados na formulação de rações animais, ampliando suas possibilidades de aproveitamento e agregação de valor (Muhammad *et al.*, 2020). Em função dessas características, a cultura tem sido apontada como alternativa importante para o fortalecimento da segurança alimentar e nutricional em países em desenvolvimento (Khan *et al.*, 2024), além de contribuir para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, especialmente o ODS 2, relacionado à fome zero e agricultura sustentável (UNIC Rio, 2015; Cruz *et al.*, 2022; FAO, 2025).

Embora a espécie apresente adaptação a ambientes de baixa fertilidade, o manejo adequado da nutrição mineral é fundamental para maximizar seu desempenho produtivo e a qualidade nutricional dos grãos.

Nesse contexto, os elevados custos dos fertilizantes sintéticos, aliados às dificuldades logísticas de transporte e distribuição, representam importantes entraves para produtores de regiões mais isoladas, como a Amazônia brasileira. Dessa forma, torna-se necessário buscar alternativas de fertilização mais acessíveis, sustentáveis e economicamente viáveis.

Entre essas alternativas, destaca-se a utilização da cama de aviário, um resíduo orgânico proveniente da avicultura que apresenta potencial para melhorar a fertilidade do solo, promover a liberação gradual de nutrientes e reduzir custos de produção agrícola (Nobre *et al.*, 2011). Além disso, o uso desse insumo contribui para o reaproveitamento de resíduos agropecuários, alinhando-se aos princípios da agricultura sustentável e da economia circular.

Considerando o potencial produtivo e nutricional de *V. subterranea* e a necessidade de práticas agrícolas mais sustentáveis em condições edafoclimáticas da Amazônia, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de cama de aviário sobre a produção e a composição nutricional do feijão-bambara.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos de diferentes doses de cama de aviário sobre o desempenho produtivo e composição nutricional de *Vigna subterranea* (L.) Verdc.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o substrato, o composto orgânico e a cama de aviário utilizados no cultivo quanto aos atributos químicos relevantes para a produção de *V. subterranea*.
- Avaliar o efeito das doses de cama de aviário na matéria seca da parte aérea mais raízes e nos grãos.
- Avaliar os componentes de rendimento da cultura (número de sementes por planta, número de sementes por quilo e peso de mil sementes) em resposta às doses crescentes de adubação orgânica.
- Determinar a composição centesimal da parte aérea mais raízes e dos grãos em função das doses de cama de aviário.
- Identificar a dose de cama de aviário que proporciona melhor desempenho produtivo e qualidade nutricional das sementes.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS E ASPECTOS AGRONÔMICOS

Vigna subterranea (L.) Verdc. é uma espécie pertencente ao gênero *Vigna*, o mesmo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), e integra a família Fabaceae. A espécie é conhecida por diferentes nomes populares em distintas regiões do mundo, destacando-se feijão-bambara (Maxted *et al.*, 2004), feijão-de-bambara (FAO, 2025), castanha-de-bambara (National Research Council, 2006), amendoim-bambara (Mubaiwa, 2017) e amendoim-de-bambara (Panzeri, 2022). Em países de língua inglesa, também é denominada Bambara groundnut, Congo goober e earth pea (USDA, 2025). Segundo Mubaiwa (2017), a denominação “amendoim-bambara” está relacionada ao desenvolvimento hipógeo das vagens, característica semelhante à

observada no amendoim (*Arachis hypogaea* L.), embora ambas pertençam a gêneros distintos. O termo “Bambara”, por sua vez, faz referência ao povo Bambara, originário do Mali.

A espécie é nativa do continente africano, com ocorrência natural registrada desde a Nigéria até o Sudão do Sul (Kew Science, 2025). Embora exista consenso quanto à origem africana da cultura (Dalziel, 1937; Hepper, 1963; Goli, 1995), a área exata de sua domesticação ainda permanece incerta. Basu *et al.* (2007) destacam que esse processo ainda é amplamente discutido, enquanto Cheng *et al.* (2019) sugerem que o corredor entre Nigéria e Camarões concentra elevada diversidade genética e pode representar uma importante região de dispersão. Embora Majola *et al.* (2021) apontem Timbuktu, no Mali, como possível centro de origem, o Kew Science (2025) classifica o país como área de introdução e dispersão. Atualmente, *V. subterranea* encontra-se amplamente distribuída em diversos países africanos e foi introduzida com sucesso em regiões da Ásia, como Malásia, Índia, Indonésia, Filipinas e Sri Lanka (Khan *et al.*, 2022; National Research Council, 2022). Na América do Sul, a introdução da cultura ocorreu principalmente no Brasil, possivelmente por meio do tráfico transatlântico de pessoas escravizadas durante o período colonial (National Research Council, 2022).

Do ponto de vista morfoagronômico, *V. subterranea* é uma leguminosa herbácea anual, de porte rasteiro a semiereto, com rápido crescimento vegetativo e ramificação precoce (Heller *et al.*, 1995). A cultura apresenta sistema radicular bem desenvolvido e capacidade de estabelecer associação simbiótica com rizóbios, promovendo a fixação biológica de nitrogênio (Heller *et al.*, 1997; Majola *et al.*, 2021), característica que representa importante vantagem agronômica, especialmente em solos de baixa fertilidade e em sistemas com menor dependência de fertilizantes nitrogenados.

Um dos aspectos agronômicos mais relevantes do feijão-bambara é o seu hábito geocárpico, no qual, após a fecundação, ocorre o desenvolvimento das vagens no interior do solo, característica semelhante à observada no amendoim (*Arachis hypogaea* L.) (Heller *et al.*, 1997). Em razão dessa particularidade, atributos físicos e químicos do solo, como aeração, estrutura, umidade e disponibilidade de nutrientes, tornam-se determinantes para o adequado desenvolvimento das vagens e para o rendimento produtivo da cultura. Embora a leguminosa apresente adaptação a solos de baixa fertilidade natural (Bottrel *et al.*, 2023), o fósforo destaca-se como nutriente

essencial para o crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura (Nyau *et al.*, 2015), evidenciando a importância do manejo adequado da fertilidade do solo.

O ciclo da cultura varia entre 90 e 170 dias, dependendo do genótipo e das condições ambientais, sendo que, em condições adequadas, a maturação das vagens ocorre entre 120 e 150 dias (FAO, 2025). Em relação às exigências climáticas, estima-se que o requerimento hídrico mínimo seja de aproximadamente 300 mm durante o ciclo (Azam-Ali, 2014). Entretanto, precipitações excessivas, especialmente durante a colheita, podem causar perdas significativas de rendimento (Majola *et al.*, 2021). A faixa ideal de temperatura para o desenvolvimento da cultura situa-se entre 19 °C e 30 °C, enquanto temperaturas superiores podem ocasionar estresse térmico e comprometer a produtividade (Majola *et al.*, 2021). A espécie apresenta bom desenvolvimento em regiões localizadas entre 20° e 30° de latitude, abrangendo zonas tropicais úmidas, secas e subtropicais de verão seco (FAO, 2025).

O feijão-bambara pode ser cultivado tanto em sistema solteiro quanto em consórcio com culturas como amendoim (*A. hypogaea*), inhame (*Dioscorea* spp.), mandioca (*Manihot esculenta*), milheto (*Panicum miliaceum*), milho (*Zea mays*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) (FAO, 2025). Essa versatilidade produtiva, aliada à rusticidade da espécie e à sua adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, amplia seu potencial em sistemas agrícolas sustentáveis, especialmente em pequenas propriedades rurais. Além disso, essas características ajudam a explicar a crescente importância socioeconômica da cultura, particularmente em regiões onde contribui para a geração de renda e para a segurança alimentar.

3.2. IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA

As espécies do gênero *Vigna* apresentam crescente relevância social, econômica e nutricional em diversas regiões do mundo, especialmente no continente africano, onde representam importante fonte de alimento para populações com acesso limitado a proteínas de origem animal (Tomooka *et al.*, 2014). Nesse contexto, El Bilali *et al.* (2024) destacam o aumento do interesse científico e tecnológico sobre *Vigna subterranea*, evidenciado pelo crescimento de estudos voltados à produção, segurança alimentar e aproveitamento industrial dessa leguminosa.

No continente africano, o feijão-bambara ocupa a terceira posição em importância socioeconômica entre as leguminosas alimentares, ficando atrás apenas do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

(Temegne *et al.*, 2018). Seu cultivo é realizado predominantemente por mulheres, que desempenham papel central na produção, processamento e comercialização dos grãos, tornando essa cultura particularmente importante para agricultoras familiares e sistemas de produção de subsistência (Azman *et al.*, 2019). Além disso, a cultura constitui uma importante fonte de renda para pequenos produtores rurais (Hasan *et al.*, 2019).

Do ponto de vista alimentar e nutricional, *V. subterranea* destaca-se pelo elevado valor nutricional de seus grãos, que apresentam teores de 61 a 70% de carboidratos, 17 a 27% de proteínas, 3,3 a 6,4% de fibras, 3,1 a 4,4% de cinzas e 1,4 a 12% de lipídios (Mahmudul *et al.*, 2018; Oyeyinka *et al.*, 2018; Maphosa *et al.*, 2022). Essas características tornam a espécie uma importante alternativa para a segurança alimentar e nutricional, especialmente em regiões vulneráveis economicamente, onde alimentos ricos em proteínas de origem animal apresentam custos elevados (Ndidi *et al.*, 2014).

Além dos macronutrientes, os grãos apresentam concentrações relevantes de minerais, como cálcio, potássio, sódio e zinco (Mazahib *et al.*, 2013), bem como elevados teores de aminoácidos essenciais, incluindo arginina, leucina, valina, metionina e lisina. Segundo Mazahib *et al.* (2013), o teor de aminoácidos essenciais em *V. subterranea* pode ser superior ao observado em culturas como soja, amendoim e feijão-caupi, reforçando seu potencial como complemento nutricional em dietas humanas.

O feijão-bambara também apresenta versatilidade de uso na alimentação humana. As vagens recém-colhidas podem ser consumidas cozidas, grelhadas ou como petiscos (Bamshaiye, 2011), enquanto os grãos secos podem ser processados para diferentes produtos alimentícios, ampliando seu potencial de inserção em mercados locais e contribuindo para a geração de renda e valorização da cultura (Muhammad *et al.*, 2020).

3.3. RESTRIÇÕES À PRODUÇÃO DE FEIJÃO-BAMBARA

De acordo com Alake e Ayo-Vaughan (2017), a produção de *Vigna subterranea* enfrenta diversas limitações agronômicas, fitossanitárias e socioeconômicas. Entre os principais fatores restritivos destacam-se doenças causadas por fungos, bactérias, vírus e nematoides, ataques de insetos-praga, estresses abióticos, como seca e temperaturas extremas, além de limitações relacionadas ao manejo e ao acesso a

insumos agrícolas (Khan *et al.*, 2020).

Embora as vagens do feijão-bambara se desenvolvam no solo, característica que oferece certa proteção contra pragas e doenças da parte aérea quando comparado a outras leguminosas, a cultura ainda apresenta suscetibilidade a diversos patógenos e organismos nocivos (Majola *et al.*, 2021). Entre as principais doenças fúngicas relatadas destacam-se a mancha foliar causada por *Cercospora canescens*, a murcha de *Fusarium oxysporum*, ferrugens, antracnose e oídio, além de fungos associados à transmissão por sementes, como espécies do gênero *Aspergillus* (Sesay *et al.*, 2018; Asiwe, 2018; Zongo *et al.*, 2018). Esses patógenos podem comprometer o desenvolvimento vegetativo e reduzir significativamente a produtividade da cultura.

As doenças virais também representam importantes limitações à produção do feijão-caupi. Dentre os principais vírus associados à cultura destacam-se o *cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV), o *cowpea yellow mosaic virus* (CYMV), o *peanut mottle virus* e o *black-eye cowpea mosaic virus*, os quais podem comprometer o desenvolvimento das plantas e reduzir significativamente a produtividade. Nesse contexto, Konate *et al.* (2019), em estudo realizado em Burkina Faso, identificaram genótipos com diferentes níveis de resistência ao CABMV, evidenciando o potencial do melhoramento genético como estratégia promissora para minimizar os impactos dessas viroses.

Entre os insetos-praga, destaca-se o gorgulho do feijão (*Callosobruchus maculatus*), considerado uma das principais pragas pós-colheita, podendo causar perdas expressivas durante o armazenamento dos grãos (Hasan *et al.*, 2018). Outras pragas importantes incluem cigarrinhas, pulgões, jassídeos e besouros desfolhadores, que afetam diretamente o desenvolvimento e a produtividade das plantas (Duodu *et al.*, 2017).

Os nematoides também representam importantes limitações ao cultivo de *V. subterranea*, especialmente espécies do gênero *Meloidogyne*, que causam danos ao sistema radicular, clorose foliar, redução do crescimento e diminuição do peso das vagens (Majola *et al.*, 2021). Ayeni *et al.* (2022) observaram que alguns acessos da cultura apresentam resistência a *Meloidogyne incognita*, indicando potencial para programas de melhoramento genético.

O controle fitossanitário da cultura ainda enfrenta desafios significativos, principalmente em regiões da África Subsaariana, onde muitos agricultores possuem acesso limitado a defensivos agrícolas devido ao alto custo desses insumos (Majola

et al., 2021). Nesse contexto, práticas culturais como rotação de culturas, eliminação de resíduos vegetais e uso de cinzas no armazenamento têm sido adotadas como estratégias alternativas de manejo (Keller, 2014).

Além das restrições fitossanitárias, fatores climáticos também limitam a produção de feijão-bambara. Apesar de apresentar elevada tolerância à seca e adaptação a diferentes zonas agroecológicas (Obidiebube, 2019), períodos prolongados de déficit hídrico, especialmente durante a fase de floração, podem reduzir a produção de vagens e o rendimento de grãos (Olayide *et al.*, 2018).

Outro fator limitante importante refere-se às condições edáficas, especialmente em solos tropicais com baixa fertilidade natural (Ronquim, 2021). Embora *V. subterranea* apresente capacidade de crescimento nessas condições, baixos níveis de nutrientes podem comprometer o rendimento produtivo (Bottrel *et al.*, 2023). Nesse contexto, a adubação orgânica surge como alternativa promissora para minimizar essas limitações, promovendo o fornecimento de nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, e contribuindo para o aumento da produtividade da cultura (Hussin *et al.*, 2020).

3.4. ADUBAÇÃO ORGÂNICA

A cama de aviário é um fertilizante orgânico amplamente utilizado na agricultura e considerada um dos principais subprodutos gerados pela avicultura de corte (Garcês *et al.*, 2017; Bortolini *et al.*, 2020). Trata-se de um resíduo de baixo custo, composto por excretas das aves associadas a materiais de origem vegetal, como serragem, maravalha, casca de arroz, palha de trigo, espigas de milho, bagaço de cana-de-açúcar e resíduos de soja, além de materiais inorgânicos, como argila e areia. Esses materiais são utilizados nos aviários com a finalidade de absorver a umidade, reduzir o calor e proporcionar melhores condições para o desenvolvimento das aves (Regmi *et al.*, 2018; Munir *et al.*, 2019).

A utilização da cama de aviário na agricultura está associada aos princípios da economia circular, uma vez que promove o reaproveitamento de resíduos orgânicos e reduz o desperdício de recursos, contribuindo para sistemas produtivos mais sustentáveis (Lacy; Rutqvist, 2016). Além disso, esse insumo pode representar uma alternativa viável à adubação mineral, especialmente para pequenos produtores, devido ao seu menor custo e ampla disponibilidade em determinadas regiões.

De acordo com Freitas *et al.* (2012), a adubação com cama de aviário pode

proporcionar resultados agronômicos superiores aos fertilizantes sintéticos (USDA, 2022), em razão da liberação gradual de nutrientes essenciais, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), ao longo do ciclo das culturas. Essa liberação gradual reduz perdas por lixiviação e promove efeito residual no solo, podendo beneficiar cultivos subsequentes (Manteli *et al.*, 2017).

Quando manejada adequadamente, a cama de aviário também promove melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, aumentando os teores de matéria orgânica, a capacidade de retenção de água, a capacidade de troca catiônica e a estabilidade estrutural do solo, além de favorecer o desenvolvimento da microbiota edáfica (Silva *et al.*, 2020). Tais características são especialmente relevantes para *Vigna subterranea*, uma vez que a espécie apresenta desenvolvimento geocárpico, formando suas vagens em estruturas subterrâneas, o que exige condições adequadas de aeração e estrutura física do solo.

Nascimento *et al.* (2020), em estudo conduzido com feijão-caupi, evidenciaram o potencial da cama de aviário para promover incrementos no desenvolvimento morfológico e no desempenho produtivo das plantas. Contudo, os autores ressaltam que doses elevadas ou a utilização de compostos orgânicos inadequadamente curtidos podem causar efeitos fitotóxicos e comprometer o crescimento vegetal.

Segundo Cerri *et al.* (2008), compostos orgânicos imaturos podem conter substâncias tóxicas às plantas e apresentar elevada atividade microbiológica, o que pode comprometer a disponibilidade de oxigênio no solo e afetar negativamente a germinação e o desenvolvimento vegetal. Esses aspectos reforçam a necessidade de determinar doses adequadas de cama de aviário, visando maximizar os benefícios agronômicos sem comprometer o crescimento das plantas.

Embora *V. subterranea* seja reconhecida por sua capacidade de adaptação a solos de baixa fertilidade natural, o suprimento adequado de nutrientes pode favorecer o crescimento vegetativo, a formação de vagens, o rendimento e a qualidade nutricional dos grãos (Mahmudul *et al.*, 2018). Além disso, os grãos dessa espécie apresentam elevado valor nutricional, com teores expressivos de proteínas, carboidratos e lipídios, o que reforça seu potencial para a segurança alimentar e nutricional. Nesse contexto, avaliar diferentes doses de cama de aviário torna-se fundamental para compreender seus efeitos tanto na produtividade quanto na composição nutricional de *V. subterranea*.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em ambiente controlado, em casa de vegetação, na área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus – AM, (coordenadas 3° 6' 3,978" S 59° 58' 40,753" W) (Figura 1).



Figura 1. Local do experimento, área experimental da FCA, UFAM. Manaus, AM, 2024.

As sementes utilizadas no experimento foram obtidas na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Clima Temperado, em Pelotas, RS. Um teste prévio de germinação foi realizado com 4 repetições de 25 sementes. Nesse teste a taxa de germinação das sementes foi de 85%, expresso em porcentagem de plântulas normais (Brasil, 2009).

Os substrato utilizado foi formado pela mistura do terriço de floresta e do composto orgânico e adição de composto organico, conforme tratamento empregado, de cama de aviário. O composto orgânico foi incorporado ao substrato na proporção de 4:1 (kg kg^{-1}), correspondente a quatro partes de substrato para uma parte de composto orgânico. Os materiais foram homogeneizados manualmente até a obtenção de uma mistura uniforme.

O terriço foi retirado do estrato superficial de um solo da área experimental da FCA, o qual foi peneirado em malha de 4,0 mm. Em seguida, uma amostra foi retirada

para análises químicas e granulométricas, seguindo metodologias de Raij *et al.* (1997), Ribeiro *et al.* (1999) e EMBRAPA (2025). A matéria orgânica (MO) foi determinada via colorimetria (Raij *et al.*, 1997) . As classes de interpretação e metodologias de pH e soma de base (SB) seguem Raij *et al.* (1997). Já a classe textural foi estabelecida de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (EMBRAPA, 2025).

O composto orgânico, foi coletado em área de criação de patos e gansos, no Sítio PANC, localizado na Estrada do Brasileirinho, Distrito Industrial II, Manaus - AM, (coordenadas 3° 02' 186'' 59° 87' 825''). Esse composto encontrava-se em processo de compostagem com restos vegetais e resíduos animais do local. Foi feito a análise química desse material, conforme metodologia anterior.

Os resultados da caracterização química e granulométrica do terriço de floresta e do composto orgânico estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica do terriço de floresta e do composto orgânico. Manaus, AM, 2024.

Terriço de floresta												
pH _{CaCl2}	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	t	P	K	M.O.	V	M
-	-----cmol _c dm ⁻³ -----						---mg dm ⁻³ ---			g.dm ⁻³	----%----	
4,3	0,15	0,05	0,76	4,22	0,24	4,46	1	2	15	19,40	5,38	76
Argila				Silte				Areia				
-----%-----												
20,40				0,60				79,00				
Composto orgânico												
pH _{CaCl2}	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	t	P	K	M.O.	V	M
-	-----cmol _c dm ⁻³ -----						---mg dm ⁻³ ---			g.dm ⁻³	----%----	
6,2	4,85	5,1	0,25	2,49	30,31	32,8	30,56	2156,0	5635,0	100,6	92,41	0,82
Argila				Silte				Areia				
-----%-----												
19,60				2,10				78,30				

Nota: pH - acidez ativa; Ca - cálcio; Mg - magnésio; Al – alumínio; H+Al - acidez potencial (SMP); SB - soma de bases; T - capacidade de troca catiônica a pH a 7,0.; t: capacidade de troca catiônica efetiva; P – fósforo; K – potássio; M.O. - matéria orgânica V - porcentagem de saturação por bases; m - saturação por alumínio.

O terriço de floresta apresentou textura média, conforme a classificação da EMBRAPA (2025). Quimicamente, apresentou baixa fertilidade natural, caracterizada pelos baixos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, matéria orgânica e soma de bases. Observou-se ainda elevada acidez do material, evidenciadas pela faixa muito baixa de pH encontrada, alta saturação por alumínio e baixos valores de saturação por bases, conforme os critérios de interpretação propostos por Raij *et al.* (1997) e Ribeiro *et al.* (1999). Já o composto apresentou elevada fertilidade, refletida pelos altos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, matéria orgânica e soma de bases. Também apresentou elevada capacidade de troca catiônica, alta saturação por bases e baixa saturação por alumínio, evidenciadas pela acidez muito baixa da faixa de pH encontrada.

A cama de aviário utilizada no experimento foi obtida no setor de avicultura da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas (FCA/UFAM), apresentando-se em estágio avançado de decomposição. Foi feito a análise química desse esterco, seguindo metodologias anteriores.

Os resultados da caracterização química da cama de aviário estão apresentados na tabela 2. A cama de aviário apresentou elevada fertilidade, oriunda dos altos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, matéria orgânica e soma de bases. Também apresentou elevada capacidade de troca catiônica, alta saturação por bases e baixa saturação por alumínio, evidenciadas pela acidez muito baixa da faixa de pH encontrada, conforme metodologias anteriores.

Tabela 2. Caracterização química e granulométrica da cama de aviário. Manaus, AM, 2024.

pH _{CaCl2}	Ca ¹	Mg ¹	Al ¹	H+Al	SB	T	t	P ²	K ²	M.O.	V	M
-	-----cmol _c dm ⁻³ -----							---mg dm ⁻³ ---		g.dm ⁻³	----%----	
7,1	4,65	8,6	0,02	1,47	37,53	39	37,55	4108	7162	145,3	96,23	0,05
Argila					Silte				Areia			
-----%-----												
28,4					14,5				57,1			

Nota: pH - acidez ativa; ¹KCl; ²Melich-1; Ca - cálcio; Mg - magnésio; Al – alumínio; H+Al - acidez potencial (SMP); SB - soma de bases; T - capacidade de troca catiônica a pH a 7,0.; t: capacidade de troca catiônica efetiva; P – fósforo; K – potássio; M.O. - matéria orgânica V - porcentagem de saturação por bases; m - saturação por alumínio.

Posteriormente, a cama de aviário foi pesada em balança digital e incorporada a mistura de terriço de floresta com composto orgânico de acordo com os tratamentos

estabelecidos para produção de *Vigna subterranea*. As doses de cama de aviário (CA) foram definidas com base em estudos realizados com soja (Ragagnin *et al.*, 2013; Manteli *et al.*, 2017), adotando-se doses superiores as que foram testadas por esses autores no intuito de maximar a produção de *V. subterranea*.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto por cinco tratamentos: T0 (testemunha – 0 kg de CA), T1 (1,4 kg de CA), T2 (2,8 kg de CA), T3 (4,2 kg de CA) e T4 (5,6 kg de CA), com cinco repetições, totalizando 25 parcelas experimentais, com cinco sacos, cada. Cada unidade experimental foi composta por sacos de polietileno (0,40 × 0,50 × 0,030 m), com capacidade para 15 L da mistura final com substrato e cama de aviário. As doses aplicadas e suas respectivas proporções estão descritas na tabela 3.

Tabela 3. Doses de cama de aviário (CA) aplicadas por unidade experimental. Manaus, AM, 2024.

Tratamento	Dose de CA (kg Tratamento ⁻¹)	Dose de CA (kg saco ⁻¹)
T0	0	0
T1	1,4	0,28
T2	2,8	0,56
T3	4,2	0,84
T4	5,6	1,12

A semeadura foi realizada a 5 cm de profundidade, utilizando-se quatro sementes por saco. Após a emergência, realizou-se o desbaste, mantendo-se as três plantas mais vigorosas. A irrigação foi realizada conforme a necessidade da cultura. Aos 60 dias após a semeadura (DAS), procedeu-se à amontoa, conforme Paula *et al.* (2024), visando favorecer o desenvolvimento dos órgãos subterrâneos, aumentar a produtividade e facilitar a colheita. O material utilizado na amontoa foi terriço de floresta, retirado do estrato superficial de um solo da área experimental da FCA, na quantidade de 3,5 L, aplicado de forma uniforme sobre as plantas de *V. subterranea*.

As variáveis avaliadas foram: matéria seca da parte aérea mais das raízes (MSPAR), matéria seca dos grãos (MSG), número de sementes por planta (NSP), número de sementes por quilograma (NSQ), peso de mil sementes (PMS), teor de umidade, lipídios totais, proteína bruta, carboidratos totais, cinzas e valor calórico.

MATÉRIA SECA

As avaliações da matéria seca foram realizadas após a colheita 140 dias após a semeadura, manualmente, com a retirada das plantas dos sacos, do excesso de substrato de parte do caule e do sistema radicular das plantas de *V. subterranea*, neste último, através de lavagem e secagem com o auxílio de peneira de malha de 4 mm. Cada fração vegetal foi acondicionada separadamente em sacos de papel e submetida à secagem. As amostras referentes à matéria seca da parte aérea mais das raízes foram mantidas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 40 °C, enquanto os grãos foram secos em temperatura ambiente de laboratório, entre 26 a 30 °C, até peso constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas em balança de precisão.

PESO DE MIL SEMENTES

O peso de mil sementes (PMS), expresso em gramas (g), foi determinado após a secagem, conforme a metodologia descrita por Paula *et al.* (2024). Inicialmente, foi realizada a pesagem de 100 sementes de cada repetição em balança de precisão. Posteriormente, o valor obtido foi convertido para peso de mil sementes por meio da equação 1.

Equação 1. Peso de mil sementes

$$PMS (g) = \left(\frac{\text{massa de 100 sementes}}{100} \right) \times 1000$$

Onde:

PMS = peso de mil sementes (g);

massa de 100 sementes = massa obtida na pesagem inicial.

NÚMERO DE SEMENTES POR PLANTA

O número de sementes por planta (NSP) foi obtido pela divisão do número total de sementes produzidas por saco, pelo número de plantas mantidas em cada unidade experimental, conforme a equação 2.

Equação 2. Número de sementes por planta

$$NSP = \frac{\text{número de sementes por saco}}{3}$$

Onde:

3 = número de plantas conduzidas em cada saco experimental.

NÚMERO DE SEMENTES POR QUILO

A avaliação do número de sementes por quilo (NSQ) foi executada conforme a metodologia de Paula *et al.* (2024). Foi realizado o cálculo para saber a massa de uma semente, com uso de regra de três simples, entre a massa de cada repetição única de cada tratamento e o peso de 100 sementes. Em seguida, seguiu com o cálculo para o número de sementes por quilo, também utilizando regra de três simples, dessa vez entre a massa de uma semente e a quantidade de sementes em 1000 g, conforme as equações 3 e 4.

Equação 3. Massa de uma semente

$$\text{Massa de uma semente} = \frac{MRuT}{100}$$

Onde:

MRuT = massa de cada repetição única de cada tratamento.

Equação 4. Número de sementes por quilo

$$NSQ = \frac{1000}{\text{Massa de uma semente}}$$

Onde:

NSQ = número de sementes por quilo.

As avaliações dos teores de umidade, lipídios, proteínas, carboidratos e cinzas que correspondem à composição centesimal, e a determinação do valor calórico foram efetuadas de acordo com as metodologias oficiais da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2019).

UMIDADE

O teor de umidade foi determinado pelo método gravimétrico de perda por

secagem (Loss on Drying – LOD), empregando analisador de umidade por aquecimento halógeno (Shimadzu®, modelo MOC63u). Aproximadamente 2 g da amostra foram distribuídos em prato de alumínio previamente seco e submetidos à secagem até massa constante, seguindo os princípios do método gravimétrico descrito pela AOAC (2019), com adaptações às condições operacionais do equipamento. O teor de umidade foi calculado automaticamente pelo equipamento com base na diferença entre a massa inicial e a massa final da amostra, sendo os resultados expressos em porcentagem (%).

LIPÍDIOS

O teor de lipídios totais foi determinado de acordo com o método AOAC 920.39 (AOAC, 2019), por extração gravimétrica contínua com solvente. Para a análise, foram pesados 2 g de amostra em cartuchos de papel filtro, os quais foram acondicionados no determinador de gordura (TECNAL®, modelo TE-044). Utilizaram-se 150 mL de hexano como solvente extrator, sendo as amostras submetidas à extração a 70 °C durante 4 horas. Após a completa remoção do solvente, os recipientes de coleta foram novamente pesados em balança analítica, e o teor de lipídios foi obtido por gravimetria, a partir da massa de lipídios extraída, sendo os resultados expressos em porcentagem (%) e calculados conforme a equação 5.

Equação 5. Lipídio extraído

$$\text{Lipídio extraído (g)} = [(massa do tubo + lipídio) - (massa do tubo vazio)]$$

Posteriormente, os valores obtidos foram convertidos em porcentagem para obtenção do teor de lipídios totais, conforme a equação 6.

Equação 6. Teor de lipídios totais

$$\text{Teor de lipídios totais (\%)} = \left(\frac{\text{Lipídio extraído}}{\text{massa da amostra}} \right) \times 100$$

PROTEÍNA

O teor de proteína bruta foi determinado pelo método de micro Kjeldahl, conforme o método oficial AOAC 984.13 (AOAC, 2019). O procedimento foi realizado

em três etapas: digestão, destilação e titulação.

Etapa 1 – digestão:

Inicialmente, foram pesados 0,2 g da amostra desengordurada em tubos de digestão, aos quais foram adicionados 1 g da mistura catalisadora e 5 mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4). As amostras foram submetidas à digestão em bloco digestor (TECNAL®, modelo TE-040/25) (Figura 2) a 350 °C durante 4 h e 30 min, até completa mineralização da matéria orgânica.

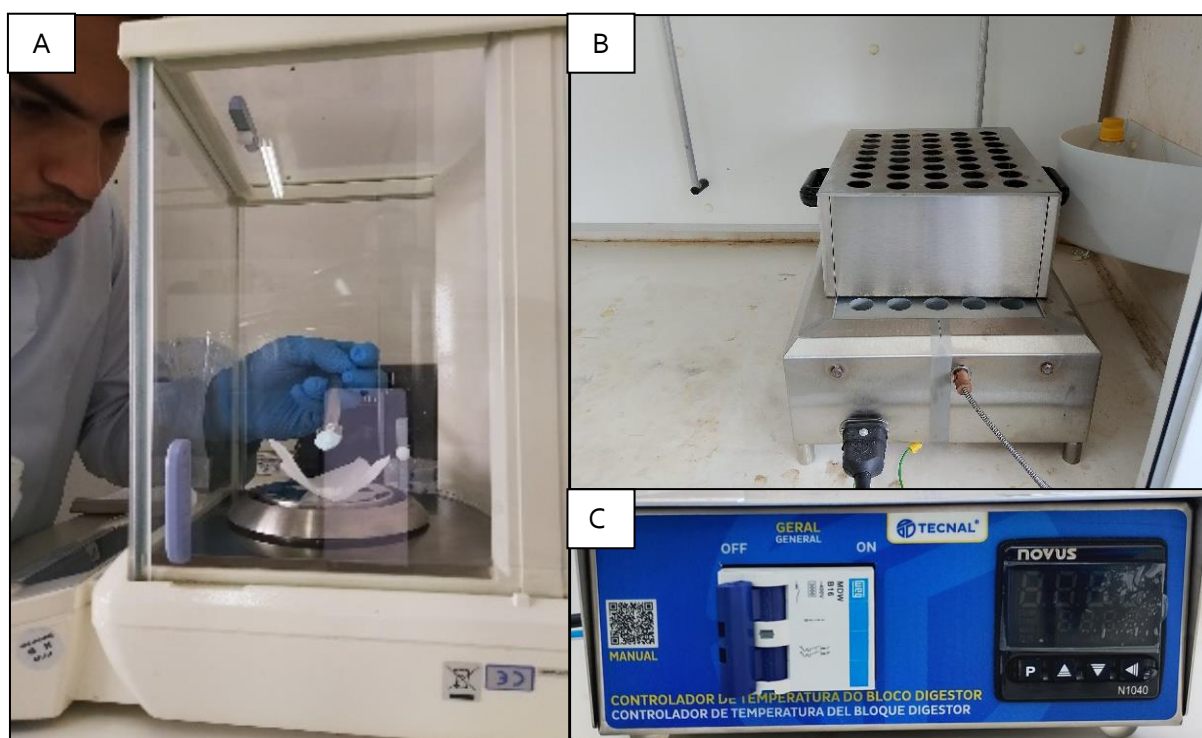


Figura 2. Análise de proteína – etapa de digestão. A – Preparo da amostra com procedimento de pesagem em balança analítica de precisão, B – Bloco digestor para recebimento das amostras, C – Controlador de temperatura do bloco digestor. Manaus, AM, 2025.

Etapa 2 – destilação:

Em seguida, adicionaram-se 10 mL de água destilada ao tubo contendo a amostra digerida, seguida de homogeneização. Em um erlenmeyer de 125 mL, foram adicionados 10 mL de solução de ácido bórico (H_3BO_3) a 2%, contendo indicador misto (vermelho de metila e verde de bromocresol). Paralelamente, foram separados 15 mL de solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 50% para o processo de destilação.

Posteriormente, o tubo contendo a amostra digerida e o erlenmeyer contendo a solução de ácido bórico foram acoplados ao destilador de nitrogênio (TECNAL®, modelo TE-0364), após verificação do nível de água do equipamento. Em seguida, a

solução de NaOH foi introduzida no sistema por meio da abertura da válvula (*stop flow – micro*), promovendo a alcalinização do meio e a liberação da amônia. A amônia volatilizada foi arrastada pelo vapor e capturada na solução de ácido bórico contendo o indicador misto.

A destilação foi encerrada quando o volume final do destilado atingiu aproximadamente 75 a 100 mL (Figura 3).

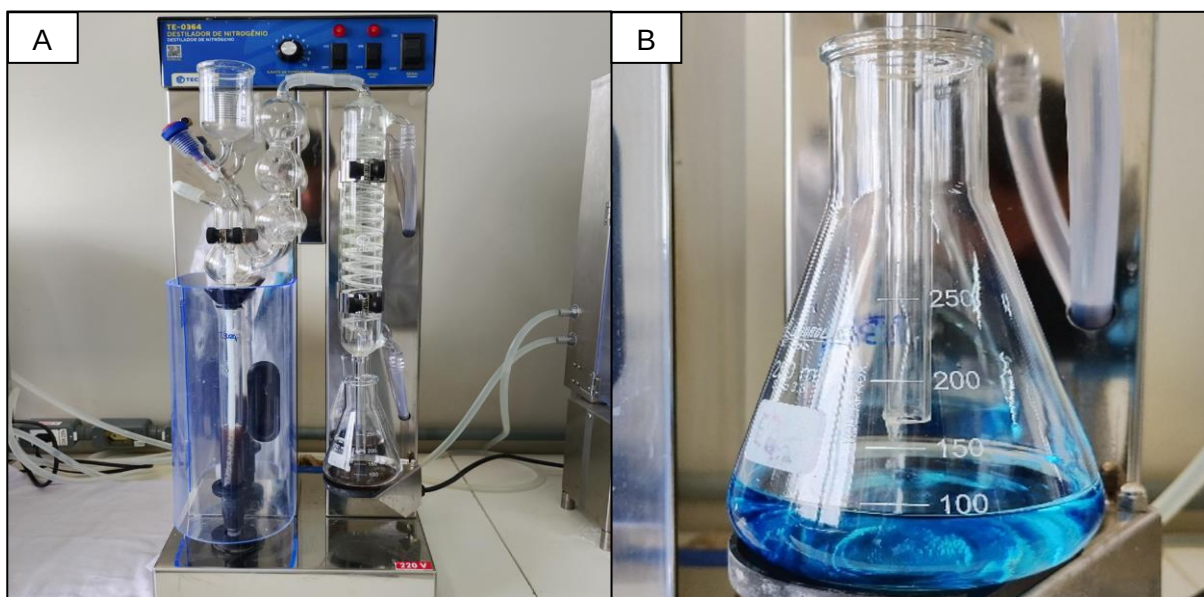


Figura 3. Análise de proteína – etapa de destilação. A – Tubo contendo a amostra acoplado ao destilador de nitrogênio e erlenmeyer contendo solução de ácido bórico, B – Amostra apresentando coloração azulada em decorrência da reação com ácido bórico. Manaus, AM, 2025.

Etapa 3 – titulação:

Após a destilação, o destilado contido no erlenmeyer foi titulado com solução padronizada de ácido clorídrico (HCl) 0,02 N, sob agitação constante em agitador magnético com barra magnética. O ponto final da titulação foi determinado pela mudança de coloração do indicador misto, quando a solução apresentou coloração semelhante à da prova em branco utilizada como controle para cada tratamento (Figura 4). O volume de HCl consumido na titulação foi registrado e utilizado para o cálculo do teor de nitrogênio total (%), conforme a equação 7. Posteriormente, o teor de proteína bruta foi obtido mediante a aplicação do fator de conversão de 6,25, sendo os resultados expressos em porcentagem (%), de acordo com a equação 8.

Equação 7. Teor de nitrogênio total

$$\text{Teor de nitrogênio total (\%)} = \left(\frac{(V_a - V_b) \times N \times 14,007}{(m)} \right) \times 100$$

Onde:

V_a = volume de HCl gasto na titulação da amostra (mL);

V_b = volume de HCl gasto na titulação do branco (mL);

N = normalidade da solução de HCl;

14,007 = massa atômica do nitrogênio (g mol⁻¹);

m = massa da amostra (mg).

Equação 8. Teor de proteína bruta

$$\text{Teor de proteína bruta (\% PB)} = \% N \times 6,25$$

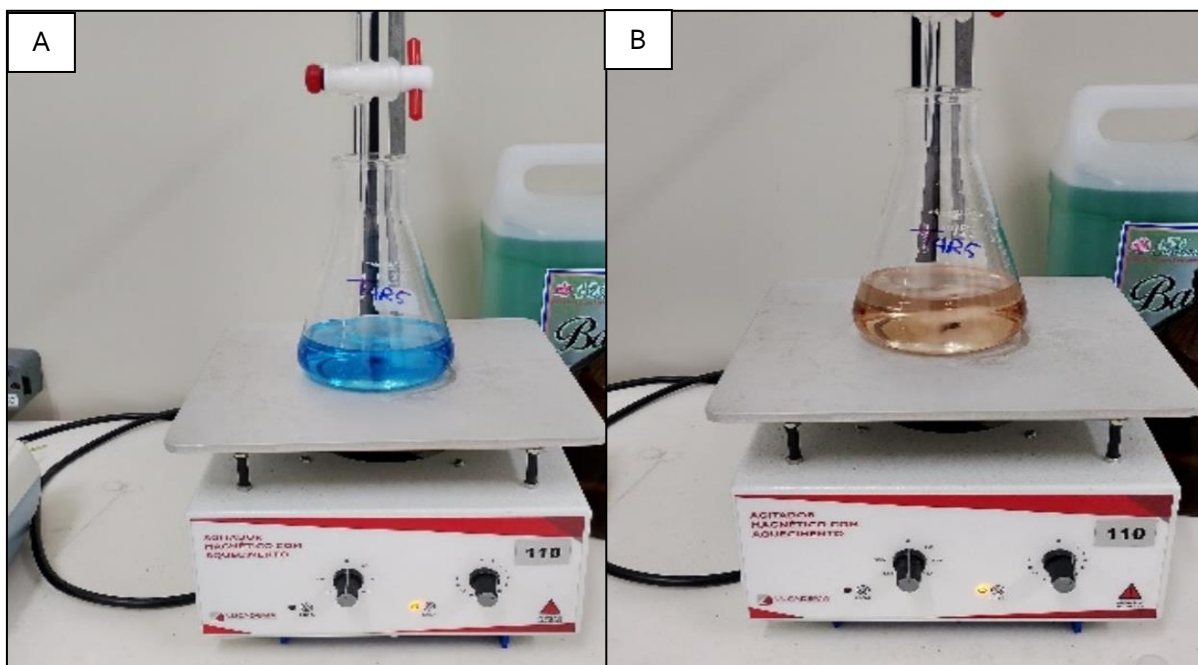


Figura 4. Análise de proteína – etapa de titulação. A – Processo de titulação da amostra com solução de HCl em agitador magnético, B – Alteração da coloração da amostra indicativa do ponto final da titulação. Manaus, AM, 2025.

CINZAS

A determinação de cinzas totais foi obtida conforme método da AOAC 930.30 (2019). Inicialmente os cadinhos foram previamente identificados e pesados em balança analítica de precisão. Em seguida, foram adicionados 2 g de amostra moída em cada unidade. As amostras foram submetidas à incineração em mufla (LUCADEMA®, capacidade de 16 L), com elevação gradual da temperatura até 550 °C, permanecendo por duas horas. Após esse período, os cadinhos foram retirados com auxílio de pinça apropriada e acondicionados em dessecador contendo sílica gel

até atingirem temperatura ambiente (Figura 5).

Após o resfriamento, os cadinhos contendo as cinzas foram novamente pesados para determinação da massa de cinzas, conforme a equação 9

Equação 9. Massa de cinzas

$$\text{Cinzas (g)} = (\text{cadinho} + \text{cinzas}) - \text{cadinho vazio}$$

Onde:

(cadinho + cinzas) = massa do cadinho após a incineração;
cadinho vazio = massa do cadinho sem amostra.

Posteriormente, o teor de cinzas foi calculado conforme a equação 10, sendo os resultados expressos em porcentagem (%).

Equação 10. Teor de cinzas

$$\text{Teor de cinzas (\%)} = \left(\frac{\text{massa de cinzas (g)}}{\text{massa da amostra (g)}} \right) \times 100$$

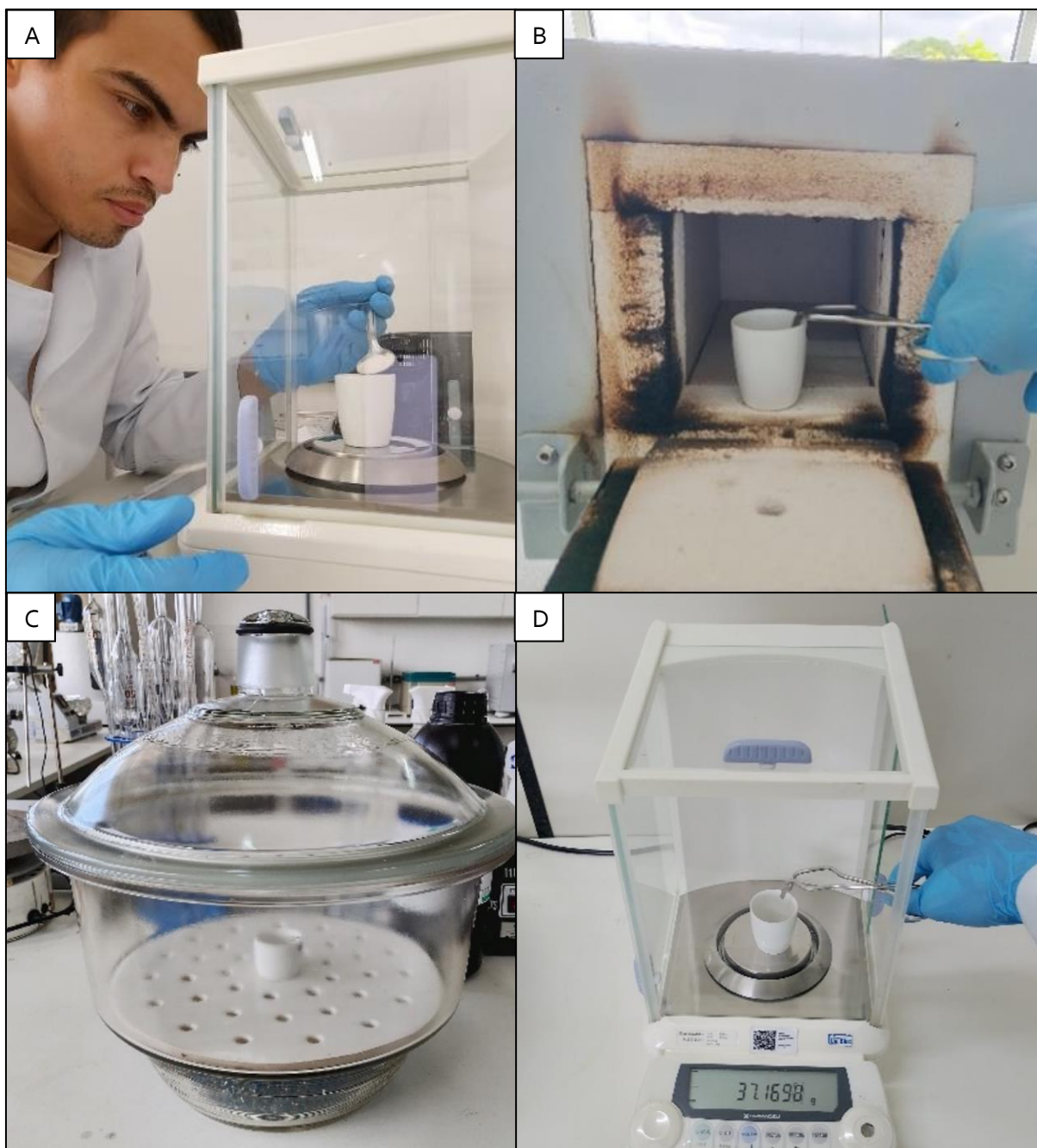


Figura 5. Análise de cinzas. A – Pesagem da amostra em cadinho de porcelana, B – Processo de incineração em mufla, C – Resfriamento do material em dessecador, D – Pesagem após a incineração da amostra. Manaus, AM, 2025.

CARBOIDRATOS

Os carboidratos totais foram determinados por diferença, considerando-se o valor total de 100% e subtraindo-se os teores de umidade, lipídios totais, proteína bruta e cinzas, expressos em porcentagem, conforme a equação 11.

Equação 11. Carboidratos totais

$$\text{Carboidratos totais (\%)} = 100 - (\text{umidade} + \text{lipídios totais} + \text{proteína bruta} + \text{cinzas})$$

O valor calórico (valor energético) foi estimado com base nos constituintes da composição centesimal, utilizando os fatores de Atwater e Woods (Novotny *et al.*, 2025), considerando-se os valores de 4 kcal g⁻¹ para proteínas, 9 kcal g⁻¹ para lipídios e 4 kcal g⁻¹ para carboidratos, conforme a equação 12.

Equação 12. Valor calórico

$$VC \text{ (kcal.100 g}^{-1}\text{)} = (4 \times \text{proteínas}) + (4 \times \text{carboidratos}) + (9 \times \text{lipídios})$$

Onde:

VC = Valor calórico

Os dados quantitativos foram submetidos aos testes de normalidade dos resíduos (Shapiro; Wilk, 1965), homogeneidade das variâncias (Levene, 1960) e independência dos erros (Durbin; Watson, 1950), para verificação dos pressupostos da análise de variância (ANOVA), conforme Carvalho *et al.* (2022). As análises estatísticas foram realizadas no software RStudio, versão 4.1.1.

As doses de cama de aviário foram consideradas como variável quantitativa, sendo ajustados modelos de regressão linear e quadrática para avaliar seu efeito sobre as variáveis analisadas. A escolha do modelo foi baseada na significância dos coeficientes de regressão ($p \leq 0,05$), no coeficiente de determinação (R^2) e na coerência biológica dos resultados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. NÚMERO DE SEMENTES POR PLANTA, NÚMERO DE SEMENTES POR QUILO E PESO DE MIL SEMENTES EM *Vigna subterranea*.

Os resultados referentes ao número de sementes por planta (NSP), número de sementes por quilo (NSQ) e peso de mil sementes (PMS) estão apresentados na tabela 4, evidenciando diferença significativa entre os tratamentos para as variáveis de rendimento analisadas.

Tabela 4. Análise de variância para as variáveis de rendimento de *V. subterranea*. Manaus, AM, 2025.

Variáveis	GL (Trat.)	GL (Res.)	SQ (Trat.)	SQ (Res.)	QM (Trat.)	QM (Res.)	F valor	p valor	CV (%)
PMS	4	20	24740	169,27	6.185	846	7,308	0,000849 ***	4,98
NSP	4	20	20,950	804,8	523,7	40,2	13,02	2.23e-05 ***	15.22
NSQ	4	20	226491	149573	56623	7479	7,571	0.000696 ***	5,03
MSPAR	4	20	126,2	136,7	31,545	6,837	4,614	0.0084 **	13,12
MSG	4	20	1138,0	176,9	284,49	8,85	32,16	1,88e-08 ***	11,55

Nota: *** significativo a 0,1%; ** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns = não significativo; PMS = peso de mil sementes NSP = número de sementes por planta; NSQ = número de sementes por quilo; MSPAR = matéria seca da parte aérea mais raiz; MSG = matéria seca dos grãos; Trat. = tratamentos; Res.= Resíduos. Fonte: Elaboração própria (2026).

O número de sementes por planta (NSP) apresentou ajuste significativo ao modelo quadrático em função das doses de cama de aviário (CA), sendo descrito pela equação $y = 42,52 - 8,69x + 2,29x^2$, com coeficiente de determinação ($R^2 = 0,57$) (Figura 6). O modelo apresentou ajuste moderado aos dados e evidenciou ponto mínimo de resposta em aproximadamente 1,9 kg de CA. A partir dessa dose, observou-se incremento no número de sementes por planta, sendo o maior valor registrado na maior dose avaliada (5,6 kg), com aproximadamente 53 sementes por planta, o que representa incremento de cerca de 15 sementes em relação à testemunha. A concavidade positiva da curva indica redução inicial da variável até o ponto mínimo, seguida de aumento dentro do intervalo de doses estudado.

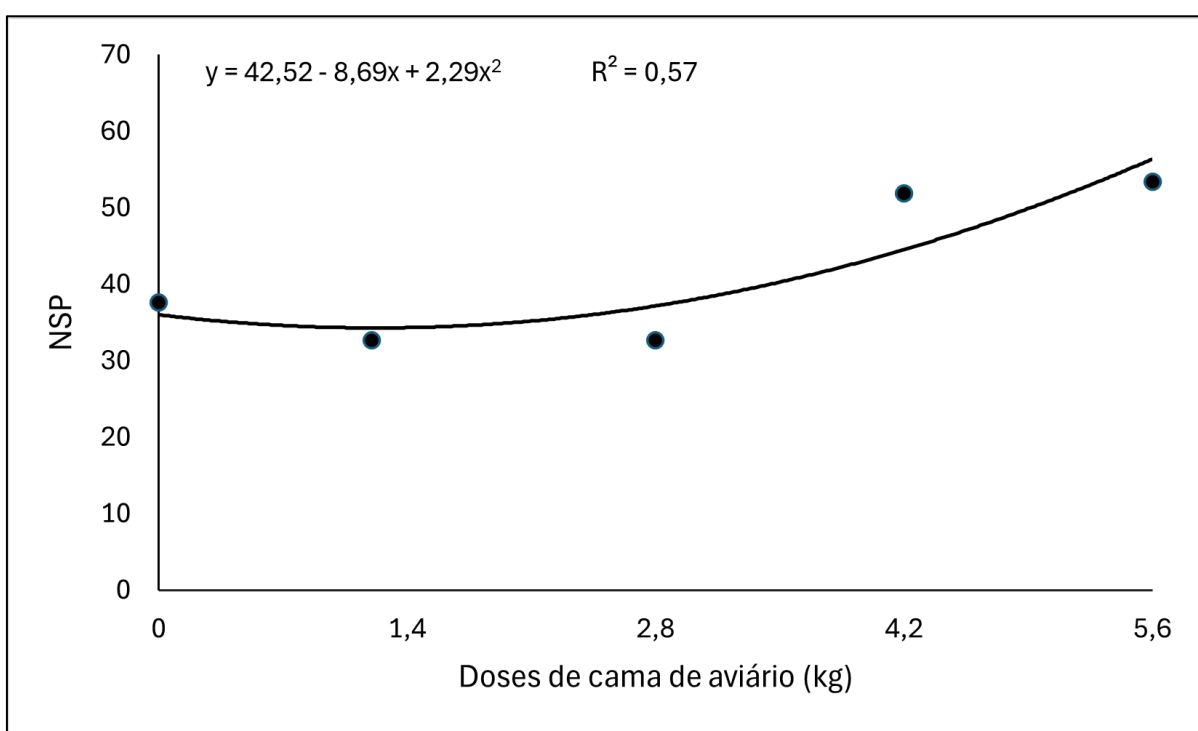


Figura 6. Número de sementes por planta (NSP) de *V. subterranea* em função de doses de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.

Resultado semelhante foi relatado por Hasan *et al.* (2019), que verificaram aumento no número de vagens e, conseqüentemente, no número de sementes por planta em resposta à maior disponibilidade de nitrogênio (N) e fósforo (P). Segundo Leconte *et al.* (2011), esse comportamento pode estar relacionado ao aumento da disponibilidade de N, P e potássio (K), bem como ao padrão de mineralização dos nutrientes provenientes dos resíduos orgânicos.

Os achados obtidos também corroboram estudos realizados com *V.*

subterranea, nos quais o número de sementes por planta é descrito como uma característica influenciada tanto pelo potencial genético da espécie quanto pelas condições de cultivo e pela disponibilidade de nutrientes (Esan *et al.*, 2023). Esses fatores podem afetar o pegamento das flores, o desenvolvimento das vagens e, conseqüentemente, a formação e o número final de sementes por planta.

O número de sementes por quilograma (NSQ) apresentou ajuste significativo ao modelo quadrático em função das doses de cama de aviário, sendo descrito pela equação $y = 2040,16 - 184,08x + 21,04x^2$, com coeficiente de determinação ($R^2 = 0,527$) (Figura 7). O modelo apresentou ajuste moderado aos dados e evidenciou redução do NSQ até aproximadamente 4,4 kg de cama de aviário, ponto em que foi estimado o valor mínimo da variável. A partir dessa dose, observou-se discreto aumento do NSQ, embora sem atingir os valores registrados na testemunha.

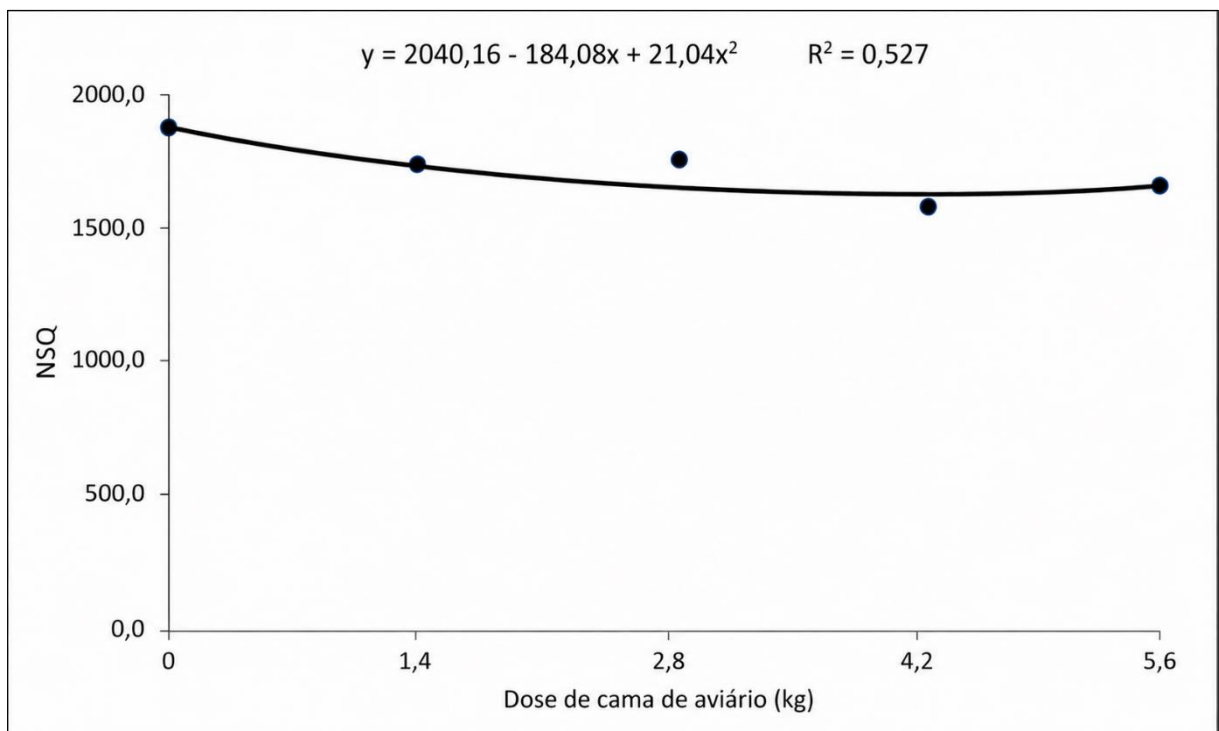


Figura 7. Número de sementes por quilo (NSQ) de *V. subterranea* em função de doses crescentes de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.

A redução do número de sementes por quilograma pode estar relacionada ao maior desenvolvimento e enchimento das sementes promovidos pela adubação orgânica, resultando em sementes com maior massa individual e, conseqüentemente, menor quantidade de sementes por unidade de massa. Esse comportamento é compatível com a relação inversa existente entre o número de sementes por

quilograma e a massa individual das sementes, descrita para *V. subterranea* por Paula *et al.* (2024).

O peso de mil sementes (PMS), assim como o número de sementes por planta (NSP) e o número de sementes por quilograma (NSQ), apresentou ajuste significativo ao modelo quadrático em função das doses de cama de aviário (CA), sendo descrito pela equação $y = 481,52 + 58,03x - 6,49x^2$, com coeficiente de determinação ($R^2 = 0,509$) (Figura 8). O modelo apresentou ajuste moderado aos dados e indicou incremento do PMS com o aumento das doses de CA até o ponto de máximo estimado em aproximadamente 4,5 kg, seguido de discreta redução nas doses superiores avaliadas.

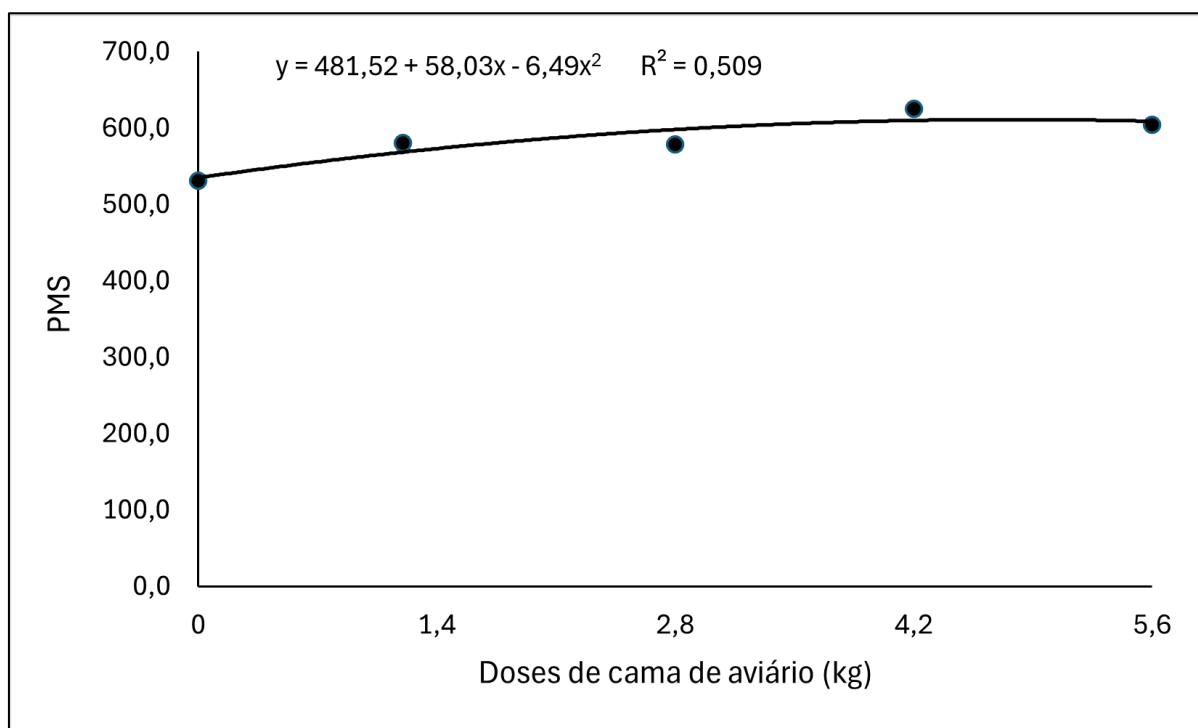


Figura 8. Peso de mil sementes (PMS) de *V. subterranea* em função de doses crescentes de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.

O aumento do PMS pode ser atribuído à maior disponibilidade de nutrientes proporcionada pela adubação com cama de aviário, favorecendo o acúmulo de matéria seca e a deposição de reservas nos grãos durante o enchimento das sementes. Esse comportamento indica que o suprimento nutricional adequado contribui para a formação de sementes de maior massa, refletindo em melhor desenvolvimento reprodutivo da cultura.

Resultados semelhantes foram relatados por Esan *et al.* (2023) e Paula *et al.*

(2024), que também observaram incremento no PMS de *V. subterranea* em resposta ao manejo da cultura, embora as análises tenham sido baseadas na comparação de médias. No presente estudo, entretanto, os maiores valores de PMS superaram aqueles reportados por esses autores, diferença que pode estar associada às condições edafoclimáticas, ao manejo adotado, ao material genético utilizado e à maior disponibilidade de nutrientes proporcionada pela adubação.

Corroborando esses resultados, Chukwudi *et al.* (2021) observaram maior rendimento de *V. subterranea* em plantas adubadas com esterco de aves em relação àquelas submetidas à adubação mineral com NPK. De maneira semelhante, Atugwu *et al.* (2023) relataram incrementos no crescimento e na produtividade do feijão-fradinho sob diferentes condições de fertilidade do solo, evidenciando a estreita relação entre o adequado suprimento nutricional e o desempenho produtivo de leguminosas.

Os efeitos positivos da adubação orgânica sobre o PMS podem ser explicados pela dinâmica de liberação gradual de nutrientes, que promove maior sincronização entre a oferta de elementos essenciais e a demanda fisiológica da cultura ao longo do ciclo. Além disso, conforme destacado por Baiyeri *et al.* (2019), a incorporação de fertilizantes orgânicos melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, aumentando a capacidade de retenção de água, a disponibilidade de nutrientes e a atividade microbiana. Em conjunto, essas alterações favorecem a absorção e a assimilação de nutrientes, intensificam o acúmulo de fotoassimilados durante o enchimento das sementes e resultam na formação de sementes de maior massa, refletindo diretamente no aumento do peso de mil sementes.

5.2. MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA MAIS RAIZ E DOS GRÃOS.

A matéria seca da parte aérea mais raiz (MSPAR) apresentou ajuste significativo ao modelo quadrático em função das doses de cama de aviário (CA), sendo descrita pela equação $y = 12,93 + 3,62x - 0,35x^2$, com coeficiente de determinação ($R^2 = 0,464$) (Figura 9). Apesar do ajuste moderado do modelo, verificou-se aumento progressivo da MSPAR com a elevação das doses de CA até o ponto de máxima eficiência técnica, estimado em aproximadamente 5,2 kg, a partir do qual a variável apresentou tendência à estabilização.

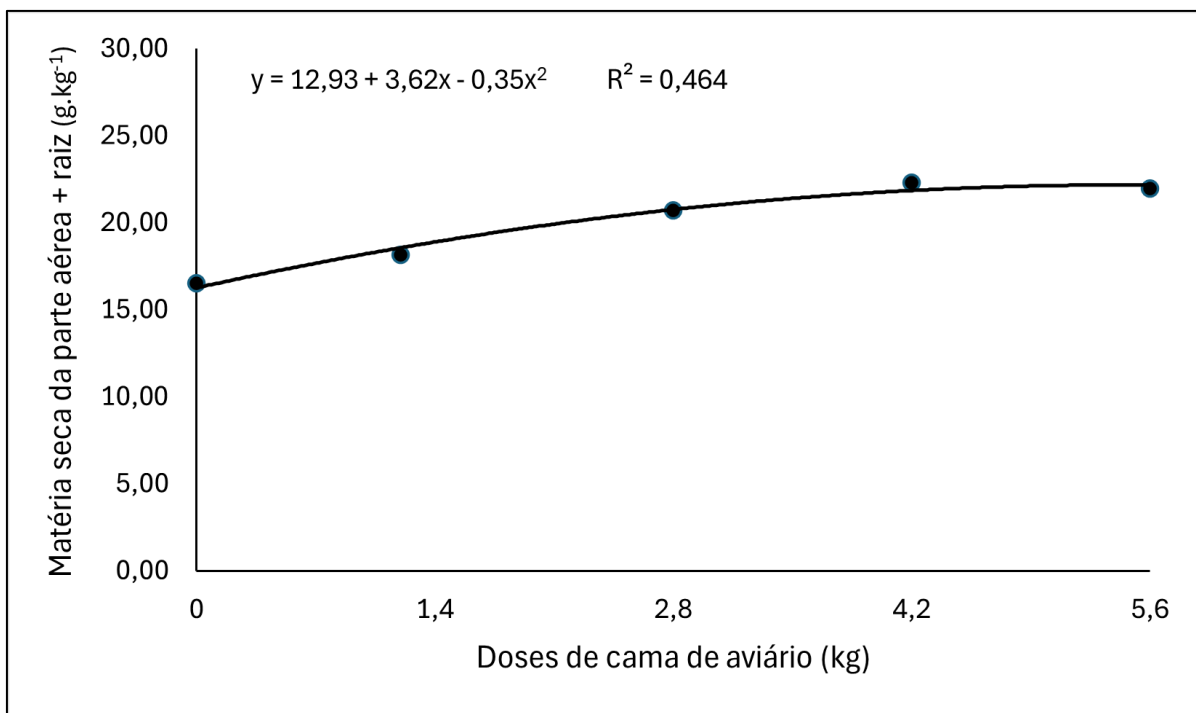


Figura 9. Matéria seca da parte aérea mais raiz (MSPAR) de *V. subterranea* em função de doses crescentes de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.

Esse comportamento pode estar relacionado à maior disponibilidade de nutrientes proporcionada pela adubação orgânica, favorecendo o crescimento vegetativo e o acúmulo de biomassa, uma vez que o suprimento adequado de nutrientes é essencial para o desenvolvimento das plantas (Malavolta, 2006). A maior oferta de nitrogênio, fósforo e potássio, aliada ao fornecimento de micronutrientes presentes na cama de aviário, favorece a expansão foliar, a atividade fotossintética e a produção de fotoassimilados, refletindo diretamente no incremento da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular.

Além do aporte de nutrientes, a cama de aviário promove melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, aumentando o teor de matéria orgânica, a capacidade de retenção de água, a capacidade de troca catiônica e a atividade microbiana. Essas alterações proporcionam condições mais favoráveis ao desenvolvimento radicular e à absorção de água e nutrientes, potencializando a produção de biomassa ao longo do ciclo da cultura.

Resultados semelhantes foram observados por Hasan *et al.* (2021), que verificaram aumento da área foliar e do acúmulo de matéria seca em *V. subterranea* sob aplicação de fertilizantes orgânicos e inorgânicos. Da mesma forma, Eze *et al.* (2024) relataram incremento significativo da biomassa total das plantas com a

aplicação de esterco de aves, atribuindo esse efeito à melhoria da fertilidade do solo e ao maior suprimento de nutrientes. Esses resultados corroboram os obtidos no presente estudo, evidenciando o potencial da cama de aviário como fonte de nutrientes capaz de promover maior crescimento vegetativo e acúmulo de matéria seca em *V. subterranea*.

O incremento da MSPAR também sugere maior desenvolvimento do sistema radicular, o que amplia o volume de solo explorado pelas plantas e aumenta a eficiência na absorção de água e nutrientes. Esse efeito tende a retroalimentar o crescimento da parte aérea, uma vez que um sistema radicular mais desenvolvido sustenta maiores taxas de fotossíntese e produção de biomassa.

A matéria seca dos grãos (MSG) apresentou ajuste significativo ao modelo quadrático em função das doses de cama de aviário (CA), sendo descrita pela equação $y = 9,74 + 6,65x - 0,36x^2$, com coeficiente de determinação ($R^2 = 0,776$) (Figura 10), indicando que 77,6% da variação observada foi explicada pelas doses de CA. Observou-se incremento da MSG com o aumento das doses de CA, com tendência à estabilização nas maiores doses avaliadas, evidenciando resposta positiva da cultura à adubação orgânica.

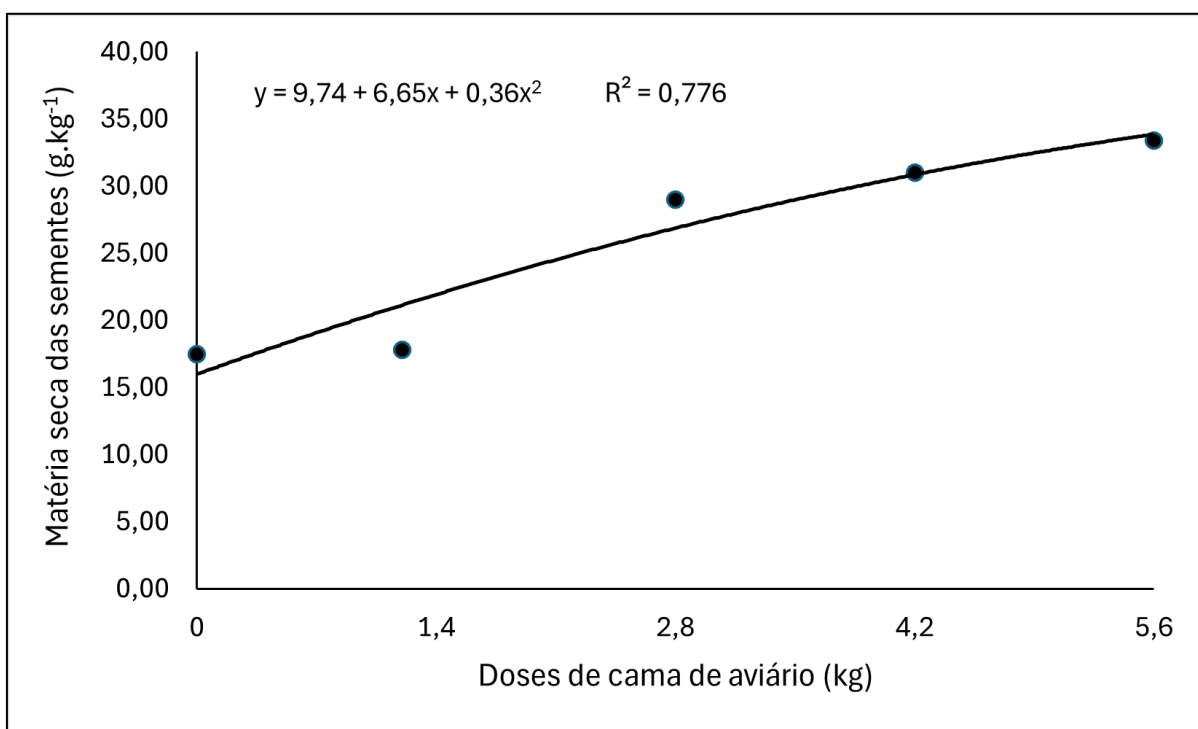


Figura 10. Matéria seca dos grãos (MSG) de *V. subterranea* em função de doses crescentes de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.

O aumento da matéria seca dos grãos (MSG) observado no presente estudo

pode ser interpretado como uma consequência do maior crescimento vegetativo promovido pela adubação com cama de aviário. O incremento da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, discutido anteriormente, indica maior capacidade da planta em explorar os recursos disponíveis no solo e em captar radiação solar, favorecendo a absorção de água e nutrientes, bem como a produção de fotoassimilados ao longo do ciclo da cultura. Durante a fase reprodutiva, esses assimilados são translocados para os órgãos de reserva, especialmente para os grãos em desenvolvimento, promovendo maior deposição de compostos de reserva e, conseqüentemente, aumento da matéria seca dos grãos.

Esse comportamento também pode estar relacionado à liberação gradual de nutrientes proporcionada pela cama de aviário, que mantém a disponibilidade de elementos essenciais durante diferentes fases do desenvolvimento da cultura. O fornecimento equilibrado de nutrientes, especialmente nitrogênio, fósforo e potássio, desempenha papel fundamental na formação do aparato fotossintético, no metabolismo energético e no transporte de assimilados, processos diretamente envolvidos na definição do rendimento biológico e reprodutivo das plantas.

Resultados semelhantes foram observados por Hasan *et al.* (2021), que verificaram aumento da área foliar e do acúmulo de matéria seca em *V. subterranea* sob aplicação de fertilizantes orgânicos e inorgânicos. Da mesma forma, Eze *et al.* (2024) relataram incremento significativo da biomassa total das plantas com a aplicação de esterco de aves, associando esse efeito à melhoria da fertilidade do solo e ao maior suprimento de nutrientes. Esses achados corroboram os obtidos no presente estudo, indicando que a adubação orgânica contribui para o aumento da biomassa vegetal e favorece a alocação de recursos para a formação e o enchimento dos grãos.

5.3. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE *V. subterranea*.

Os resultados referentes à composição centesimal da parte aérea de *V. subterranea* encontram-se na tabela 5. Observou-se efeito significativo das doses de cama de aviário sobre os teores de umidade, lipídios totais, proteína bruta e valor calórico, enquanto cinzas e carboidratos totais não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 5. Análise de variância para as variáveis da composição centesimal da parte aérea mais raiz de *V. subterranea*. Manaus, AM, 2025.

Variáveis	GL (Trat.)	GL (Res.)	SQ (Trat.)	SQ (Res.)	QM (Trat.)	QM (Res.)	F valor	p valor	CV (%)
Umid.	4	20	3,777	6,140	0,9443	0,3070	3,076	0,0398 *	7,39
Lip.	4	20	88,70	6,42	22,176	0,321	69,14	2,01e-11 ***	13,21
PB	4	20	20,370	9,656	5,093	0,483	10,55	9,21e-05 ***	6,06
Cinz.	4	20	7,199	16,311	1,7997	0,8156	2,207	0,105 ^{ns}	8,60
Carb.	4	20	16,21	43,54	4,052	2,177	1,861	0,157 ^{ns}	2,23
VC	4	20	3518	640	879,4	32	27,48	7.07e-08 ***	1,62

Nota: *** significativo a 0,1%; ** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns = não significativo; Umid. = umidade; Lip. = lipídios totais; PB = proteína bruta; Cinz. = cinzas; Carb. = carboidratos totais; VC = valor calórico; Trat. = tratamentos; Res.= Resíduos. Fonte: Elaboração própria (2026).

O teor de umidade da parte aérea mais raiz apresentou tendência de resposta quadrática em função das doses de cama de aviário (CA), sendo descrito pela equação $y = 6,44 + 0,93x - 0,16x^2$, com baixo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,18$) (Figura 11), indicando que o modelo apresentou reduzida capacidade de explicar a variação observada. Observou-se discreto aumento no teor de umidade nas doses iniciais de CA, seguido de estabilização e posterior redução nas maiores doses avaliadas (4,2 e 5,6 kg), sugerindo que outros fatores, além da adubação, podem ter influenciado a dinâmica de água nos tecidos vegetais.

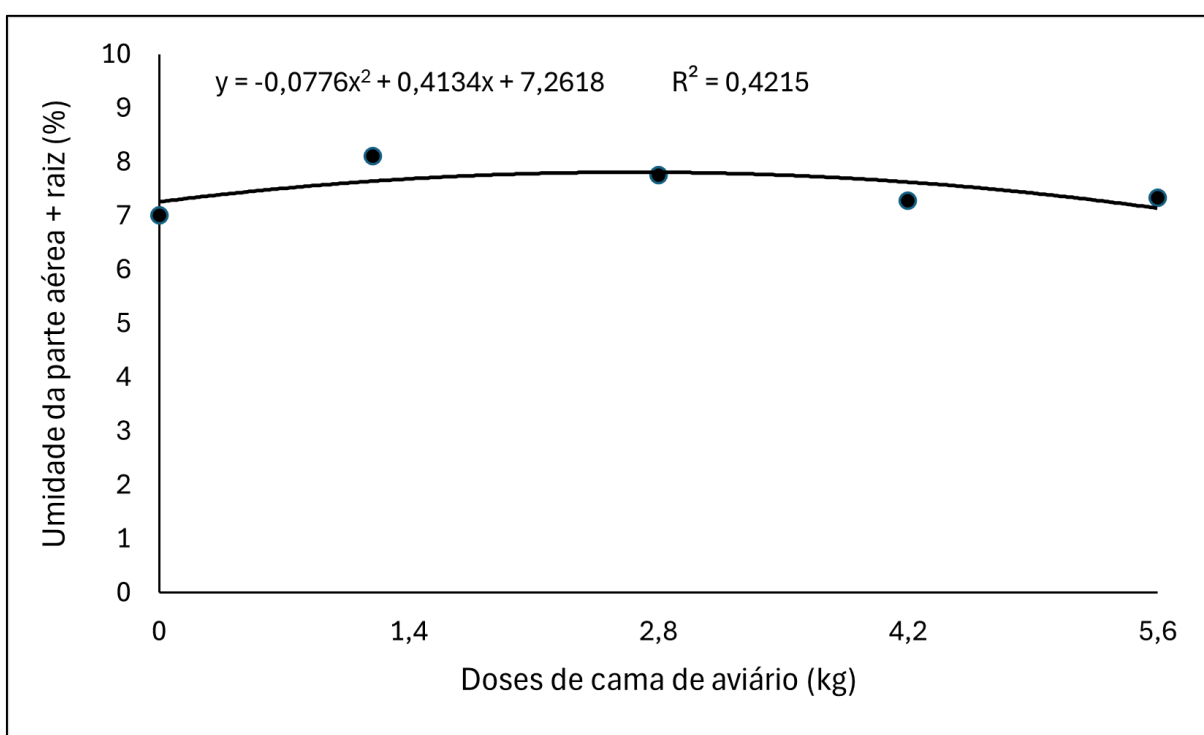


Figura 11. Umidade da parte aérea mais raiz de *V. subterranea* em função de doses crescentes de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.

A variação observada no teor de umidade pode estar associada às alterações promovidas pela adubação orgânica na disponibilidade de nutrientes e nas relações hídricas das plantas. O fornecimento adequado de nutrientes influencia processos fisiológicos relacionados ao crescimento, ao metabolismo e à manutenção do balanço hídrico dos tecidos vegetais, podendo modificar a relação entre conteúdo de água e acúmulo de matéria seca (Malavolta, 2006; Taiz; Zeiger, 2013). Dessa forma, o aumento da biomassa promovido pela adubação pode alterar a proporção entre água e matéria seca, resultando em pequenas variações no teor de umidade, mesmo diante de incrementos no crescimento vegetal.

As diferenças observadas em relação a outros estudos podem estar associadas às características do material vegetal avaliado, às condições edafoclimáticas, ao manejo adotado, ao estágio de desenvolvimento das plantas no momento da avaliação e à disponibilidade hídrica ao longo do ciclo. A umidade dos tecidos vegetais é uma característica dinâmica, resultante do equilíbrio entre absorção de água, transpiração e deposição de compostos estruturais e de reserva, podendo variar conforme as condições de crescimento e o particionamento de fotoassimilados pela planta.

Considerando que a aplicação de cama de aviário promoveu incremento na biomassa vegetal, a redução do teor de umidade nas maiores doses pode estar relacionada ao maior acúmulo relativo de matéria seca nos tecidos, reduzindo a proporção de água em relação à massa total. Esse comportamento indica que o aumento do crescimento proporcionado pela adubação não necessariamente resulta em elevação proporcional do teor de água, uma vez que o desenvolvimento vegetal envolve alterações simultâneas na composição e na estrutura dos tecidos.

O teor de lipídios totais da parte aérea + raiz de *V. subterranea* apresentou ajuste significativo ao modelo quadrático em função das doses de cama de aviário, sendo descrito pela equação $y = 1,85 + 0,25x - 0,15x^2$, com coeficiente de determinação ($R^2 = 0,734$) (Figura 12). O valor de R^2 indica que aproximadamente 73,4% da variação observada nos teores de lipídios foi explicada pelo modelo ajustado.

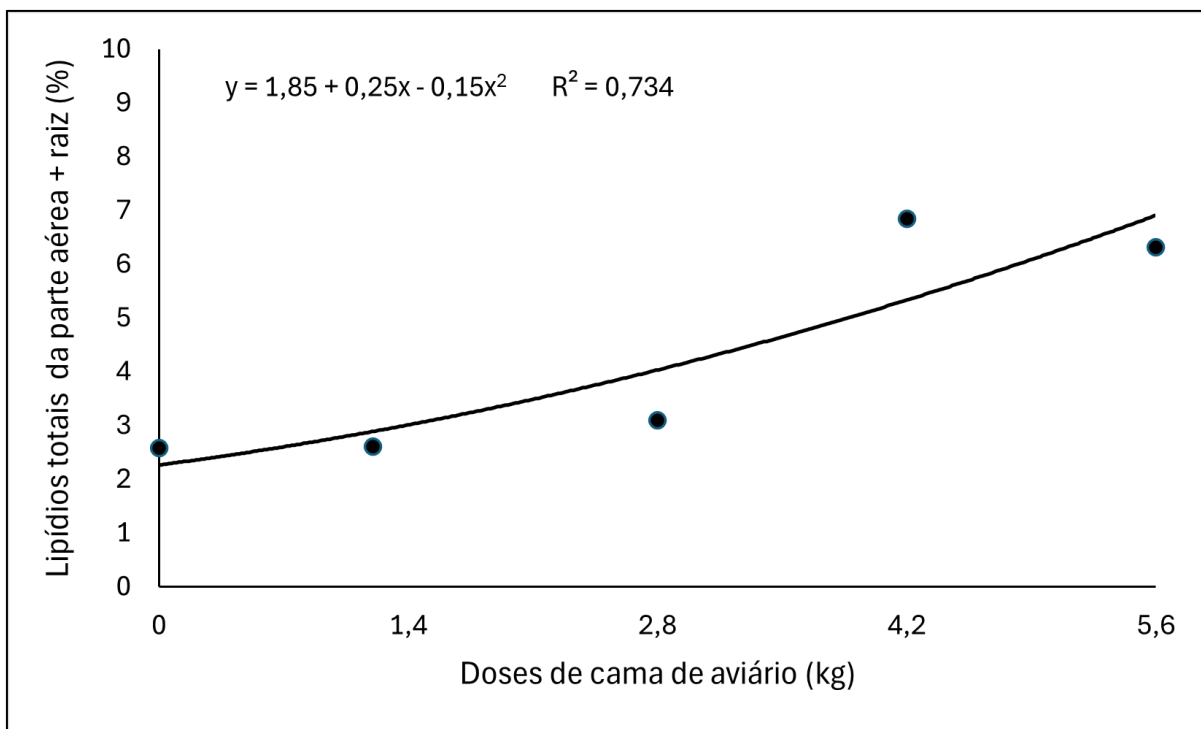


Figura 12. Lipídios totais da parte aérea mais raiz de *V. subterranea* em função de doses crescentes de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.

De maneira geral, observou-se tendência de aumento nos teores de lipídios com a elevação das doses de cama de aviário, embora tenha ocorrido pequena oscilação entre os tratamentos. Os maiores teores foram registrados nas doses mais elevadas, indicando efeito positivo da adubação orgânica sobre o acúmulo desse composto.

O comportamento quadrático evidencia que a resposta dos teores de lipídios não ocorre de forma estritamente linear, sugerindo a existência de um limite de resposta à aplicação da cama de aviário. Dessa forma, incrementos na dose tendem a promover aumento no teor de lipídios até determinado ponto, a partir do qual novos acréscimos podem resultar em estabilização ou redução da resposta.

Esse comportamento pode estar relacionado ao aumento da disponibilidade de nutrientes promovido pela adubação orgânica, favorecendo o metabolismo vegetal e influenciando a síntese e o acúmulo de compostos orgânicos, como os lipídios. Segundo Malavolta (2006) e Corrêa *et al.* (2010), a adubação orgânica melhora a disponibilidade de nutrientes e as condições químicas e biológicas do solo, podendo alterar a composição química das plantas e favorecer a síntese de metabólitos.

O teor de proteína bruta da parte aérea mais raiz de *V. subterranea* apresentou ajuste quadrático em função das doses de cama de aviário, sendo descrito pela

equação $y = 13,37 - 0,93x - 0,12x^2$, com coeficiente de determinação ($R^2 = 0,318$) (Figura 13). Embora o modelo tenha sido significativo, o baixo valor de R^2 indica que apenas 31,8% da variação observada foi explicada pelas doses de cama de aviário, sugerindo a influência de outros fatores sobre essa variável.

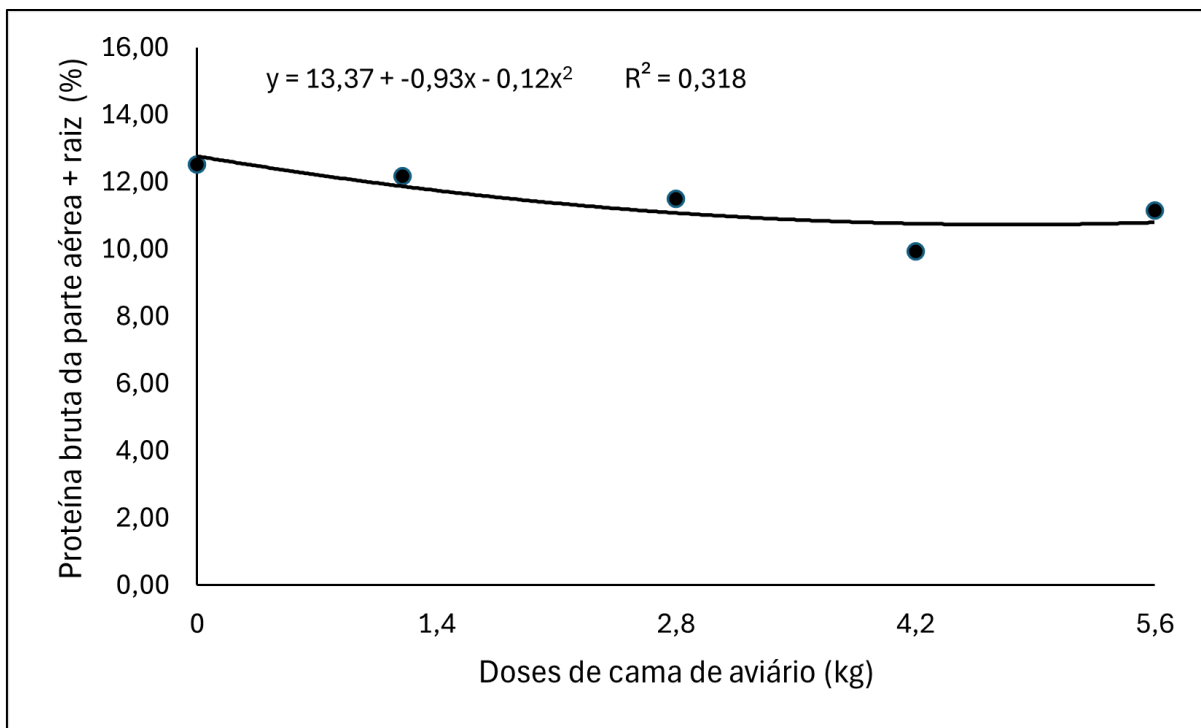


Figura 13. Proteína bruta da parte aérea mais raiz de *V. subterranea* em função de doses crescentes de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.

Observou-se tendência de redução nos teores de proteína bruta com o aumento das doses de cama de aviário, seguida de leve estabilização nas doses mais elevadas. Esse comportamento indica que a adubação orgânica exerceu influência sobre a composição proteica da planta, embora a magnitude dessa resposta tenha sido relativamente baixa.

A cama de aviário constitui importante fonte de nutrientes, especialmente nitrogênio, fósforo e potássio, os quais desempenham papel fundamental no crescimento e no metabolismo vegetal (Schallemberger, 2019). Segundo Piano (2012), a disponibilidade de nutrientes interfere na síntese de compostos orgânicos e na composição química dos tecidos vegetais. No presente estudo, a redução no teor de proteína bruta pode estar associada ao efeito de diluição, decorrente do maior acúmulo de biomassa, em que o incremento do crescimento vegetal não foi acompanhado por aumento proporcional da concentração de nitrogênio nos tecidos.

Além disso, o decréscimo observado pode estar relacionado a disponibilidade inicial de nutrientes fornecidos pelo composto orgânico (Tabela 1), visto foi um dos materiais de base para o substrato de condução das plantas de feijão-bambara e que apresentava altos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), matéria orgânica (M.O) e soma de bases (SB). Esses nutrientes podem ter sido absorvidos pela planta e, posteriormente, translocados para produção de compostos orgânicos como proteínas, o que pode ter levado a planta expressar um alto teor inicial de proteína bruta.

Entretanto, considerando o baixo coeficiente de determinação do modelo, essa interpretação deve ser feita com cautela, uma vez que outros fatores fisiológicos e ambientais também podem ter influenciado os teores de proteína bruta. Assim, os resultados sugerem que a adubação orgânica promoveu alterações na composição bromatológica da parte aérea mais raiz de *V. subterranea*, ainda que o efeito sobre a proteína bruta tenha sido menos evidente quando comparado a outras variáveis.

Não foi observado efeito significativo das doses de cama de aviário sobre os teores de cinzas e carboidratos totais da parte aérea mais raiz de *V. subterranea*, razão pela qual não foi realizada análise de regressão para essas variáveis.

A ausência de resposta significativa indica que, nas condições experimentais deste estudo, a aplicação de cama de aviário não foi suficiente para promover alterações nos teores desses constituintes. Esse comportamento pode estar relacionado à variabilidade intrínseca da espécie, bem como às características químicas da cama de aviário e à dinâmica de liberação de nutrientes no substrato. Segundo Corrêa *et al.* (2010), a composição dos resíduos orgânicos varia em função de sua origem e do manejo adotado, influenciando a disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, a composição química dos tecidos vegetais.

Além disso, os teores de cinzas e carboidratos podem apresentar relativa estabilidade fisiológica, sendo influenciados por mecanismos de regulação metabólica, pela redistribuição de assimilados e pelo estágio de desenvolvimento das plantas. Dessa forma, os resultados obtidos sugerem que as doses de cama de aviário avaliadas não exerceram influência significativa sobre a composição desses constituintes em *V. subterranea*.

Diferentemente do observado para os teores de cinzas e carboidratos totais, o valor calórico da biomassa da parte aérea + raiz de *V. subterranea* apresentou efeito significativo em função das doses de cama de aviário. A variável apresentou ajuste

quadrático, descrito pela equação $y = 334,23 + 1,97x + 0,85x^2$, com coeficiente de determinação ($R^2 = 0,609$) (Figura 14), indicando que aproximadamente 60,9% da variação observada foi explicada pelo modelo ajustado.

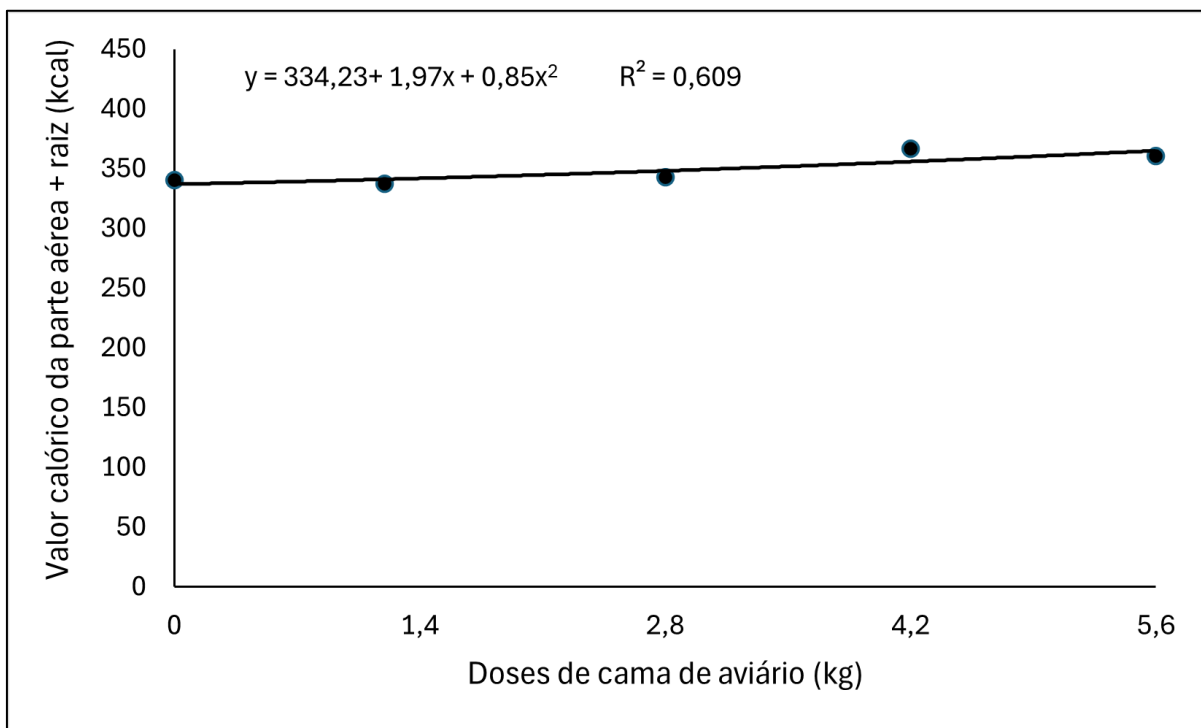


Figura 14. Valor calórico da parte aérea mais raiz de *V. subterranea* em função de doses crescentes de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.

Observou-se aumento gradual do valor calórico à medida que se elevaram as doses de cama de aviário, sendo o maior valor registrado na dose de 5,6 kg. A tendência crescente da curva indica que o máximo da resposta possivelmente não foi alcançado dentro do intervalo de doses avaliado, sugerindo que doses superiores poderiam promover incrementos adicionais no valor energético da biomassa.

Esse comportamento pode estar relacionado ao aumento da concentração de compostos orgânicos de maior contribuição energética, especialmente os lipídios, que também apresentaram incremento nas doses mais elevadas, enquanto os teores de carboidratos permaneceram estáveis. Como os lipídios apresentam maior densidade energética quando comparados aos demais constituintes da composição centesimal, o aumento de sua concentração tende a elevar o valor calórico da biomassa. Além disso, a maior disponibilidade de nutrientes proporcionada pela adubação orgânica pode favorecer a síntese e o acúmulo desses compostos nos tecidos vegetais.

De acordo com Merrill e Watt (1973) e Malavolta (2006), a composição química

dos tecidos vegetais está diretamente relacionada ao suprimento de nutrientes e ao acúmulo de compostos de reserva. Assim, o incremento do valor calórico observado neste estudo pode refletir o maior acúmulo de compostos energéticos na biomassa em resposta à aplicação de cama de aviário.

Os resultados referentes à composição centesimal dos grãos de *V. subterranea* encontram-se na tabela 6. Observou-se efeito significativo das doses de cama de aviário apenas para o teor de proteína bruta, enquanto os teores de umidade, lipídios totais, cinzas, carboidratos totais e valor calórico não diferiram significativamente entre os tratamentos, razão pela qual não foi realizada análise de regressão.

Tabela 6. Análise de variância para as variáveis da composição centesimal dos grãos de *V. subterranea*. Manaus, AM, 2025.

Variáveis	GL (Trat.)	GL (Res.)	SQ (Trat.)	SQ (Res.)	QM (Trat.)	QM (Res.)	F valor	p valor	CV (%)
Umid.	4	20	1,444	6,037	0,3610	0,3018	1,196	0,343 ^{ns}	5,72
Lip.	4	20	1,703	7,881	0,4258	0,3941	1,081	0,392 ^{ns}	9,27
PB	4	20	55,83	96,34	13,957	4,717	2,959	0,452 *	8,35
Cinz.	4	20	0,364	3,374	0,09108	0,16872	0,54	0,708 ^{ns}	9,83
Carb.	4	20	51,28	99,28	12,819	4,964	2,582	0,0685 ^{ns}	4,17
VC	4	20	100	396,6	24,99	19,83	1,26	0,318 ^{ns}	1,18

Nota: *** significativo a 0,1%; ** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns = não significativo; Umid. = umidade; Lip. = lipídios totais; PB = proteína bruta; Cinz. = cinzas; Carb. = carboidratos totais; VC = valor calórico; Trat. = tratamentos; Res.= Resíduos. Fonte: Elaboração própria (2026).

Não foi observado efeito significativo das doses de cama de aviário sobre o teor de umidade dos grãos de *V. subterranea* (Tabela 6), indicando que a adubação orgânica, nas condições deste estudo, não promoveu alterações nessa variável. A umidade dos grãos é influenciada por diversos fatores, como genótipo, condições ambientais, estágio de maturação e condições de secagem após a colheita, o que pode explicar a estabilidade observada entre os tratamentos.

Estudos conduzidos por Nyau *et al.* (2020), James *et al.* (2020), Chelangat *et al.* (2023) e Godfrey *et al.* (2024) também descrevem a umidade como uma característica variável entre diferentes condições de cultivo e materiais genéticos. Além disso, baixos teores de umidade favorecem a conservação dos grãos, reduzindo a deterioração durante o armazenamento e prolongando sua vida útil (Afzal *et al.*, 2019; James *et al.*, 2020; Chelangat *et al.*, 2023).

As doses de cama de aviário também não exerceram efeito significativo sobre o teor de lipídios totais dos grãos (Tabela 6). Os lipídios constituem importante reserva energética das sementes e sua concentração pode ser influenciada por fatores genéticos e ambientais, além das condições de cultivo. Dessa forma, a ausência de efeito significativo sugere que as doses de cama de aviário avaliadas não foram suficientes para alterar a composição lipídica dos grãos de *V. subterranea*.

Os lipídios desempenham importante função como reserva energética das sementes e contribuem para sua qualidade nutricional, sendo sua síntese influenciada por fatores genéticos, fisiológicos e pela disponibilidade de nutrientes (Malavolta, 2006; Taiz e Zeiger, 2013). Estudos como os de Nyau *et al.* (2020), Hlanga *et al.* (2021), Chelangat *et al.* (2023) e Godfrey *et al.* (2024) demonstram que os teores de lipídios podem variar entre diferentes espécies e condições de cultivo.

O teor de proteína bruta dos grãos de *V. subterranea* apresentou ajuste quadrático em função das doses de cama de aviário, sendo descrito pela equação $y = 24,47 + 0,34x - 0,02x^2$, com coeficiente de determinação ($R^2 = 0,24$) (Figura 15). Embora tenha sido observado ajuste ao modelo quadrático, o baixo coeficiente de determinação indica que apenas 24% da variação observada foi explicada pelas doses de cama de aviário.

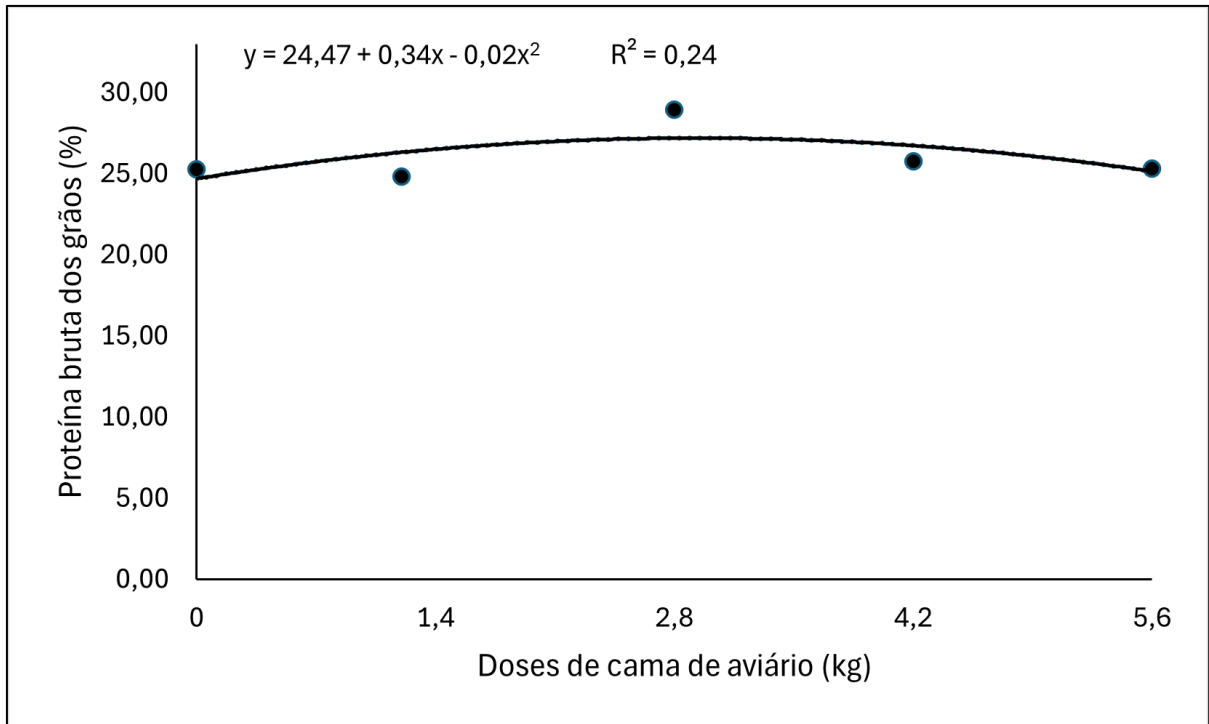


Figura 15. Proteína bruta dos grãos de *V. subterranea* em função de doses crescentes de cama de aviário. Manaus, AM, 2025.

Os dados experimentais evidenciaram tendência de aumento no teor de proteína bruta até a dose de 2,8 kg de cama de aviário, na qual foi observado o maior valor experimental, seguida de redução nas doses subsequentes. Esse comportamento pode estar relacionado ao efeito de diluição decorrente do maior acúmulo de biomassa e à redistribuição de fotoassimilados para outros compostos de reserva durante o enchimento dos grãos.

Além disso, o decréscimo observado pode estar relacionado a disponibilidade inicial de nutrientes fornecidos pelo composto orgânico (Tabela 1), visto foi um dos materiais de base para o substrato de condução das plantas de feijão-bambara e que apresentava altos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), matéria orgânica (MO) e soma de bases (SB). Esses nutrientes podem ter sido absorvidos pela planta e, posteriormente, translocados para produção de compostos orgânicos como proteínas, o que pode ter levado a planta expressar um alto teor inicial de proteína bruta.

De acordo com Malavolta (2006), o balanço nutricional da planta influencia diretamente a absorção e o aproveitamento do nitrogênio, elemento essencial para a síntese de aminoácidos e proteínas. Além disso, Taiz e Zeiger (2013) destacam que alterações na disponibilidade de nutrientes podem modificar a partição de fotoassimilados entre proteínas, lipídios e carboidratos durante o enchimento das

sementes.

Estudos conduzidos por Nyau *et al.* (2020), Hlanga *et al.* (2021), Chelangat *et al.* (2023) e Godfrey *et al.* (2024) demonstram que o teor de proteína bruta dos grãos de *V. subterranea* pode variar entre diferentes condições de cultivo, materiais genéticos e ambientes de produção. Essa variabilidade evidencia que a composição proteica da espécie é influenciada por múltiplos fatores, além da adubação, o que pode explicar as diferenças observadas entre os estudos.

Assim, os resultados obtidos indicam que a aplicação de cama de aviário influenciou o teor de proteína bruta dos grãos de *V. subterranea*, embora essa resposta tenha apresentado elevada variabilidade, conforme evidenciado pelo baixo coeficiente de determinação do modelo ajustado.

Não foi observado efeito significativo das doses de cama de aviário sobre o teor de cinzas dos grãos de *V. subterranea* (Tabela 6), indicando que, nas condições experimentais avaliadas, a adubação orgânica não promoveu alterações nesse constituinte.

Estudos conduzidos por Nyau *et al.* (2020), Hlanga *et al.* (2021), Musah *et al.* (2021), Chelangat *et al.* (2023) e Godfrey *et al.* (2024) demonstram que o teor de cinzas em *V. subterranea* pode apresentar variações entre diferentes materiais genéticos, ambientes de cultivo e condições de manejo. Essas diferenças reforçam que a composição mineral dos grãos é influenciada por múltiplos fatores, além da adubação.

O teor de cinzas representa uma estimativa do conteúdo total de minerais presentes nos alimentos (Cecchi, 2003). De acordo com Taiz *et al.* (2014), a absorção, o transporte e o acúmulo de minerais nos tecidos vegetais dependem da interação entre fatores genéticos, fisiológicos e ambientais. Assim, a ausência de efeito significativo das doses de cama de aviário sugere que, nas condições deste estudo, a adubação não foi suficiente para modificar a composição mineral dos grãos de *V. subterranea*.

Não foi observado efeito significativo das doses de cama de aviário sobre o teor de carboidratos totais dos grãos de *V. subterranea* (Tabela 6), indicando que, nas condições deste estudo, a adubação orgânica não promoveu alterações nesse constituinte. A estabilidade observada pode estar relacionada ao fato de que o acúmulo de carboidratos nos grãos é fortemente controlado por fatores genéticos e fisiológicos, sendo menos responsivo às variações na disponibilidade de nutrientes

durante o cultivo. De acordo com Ibram *et al.* (2024), existe considerável variabilidade genética para esse atributo em leguminosas, o que contribui para diferenças na composição dos grãos entre genótipos e ambientes de cultivo.

Entre os constituintes bromatológicos avaliados, os carboidratos representam a principal fração energética dos grãos de *V. subterranea*, sendo constituídos predominantemente por amido. Esse elevado conteúdo de amido confere importante valor nutricional e tecnológico à espécie, justificando sua ampla utilização na preparação de mingaus, papas e outros alimentos básicos em diversos países africanos, conforme descrito por Swanevelder (1998) e Hlanga *et al.* (2021).

Assim como observado para os teores de carboidratos e lipídios, o valor calórico dos grãos não foi influenciado significativamente pelas doses de cama de aviário (Tabela 6), indicando que a adubação orgânica, nas condições deste estudo, não alterou o potencial energético dos grãos de *V. subterranea*. Essa estabilidade pode estar relacionada à pequena variação na composição dos macronutrientes entre os tratamentos, especialmente dos carboidratos e dos lipídios, que constituem as principais frações responsáveis pelo valor energético dos grãos. Embora o teor de proteína bruta tenha apresentado resposta às doses de cama de aviário, sua contribuição para o valor calórico total é inferior à dos lipídios, que possuem maior densidade energética (Merrill; Watt, 1973; FAO, 2003).

A manutenção do valor calórico entre os tratamentos sugere que a composição energética dos grãos apresenta relativa estabilidade frente às doses de cama de aviário avaliadas. Resultados semelhantes têm sido relatados para outras leguminosas, nas quais a composição centesimal apresenta baixa variação sob diferentes condições de fertilização (Brough *et al.*, 1993; Massawe *et al.*, 2005). Do ponto de vista nutricional, esses resultados indicam que a utilização de cama de aviário, nas condições experimentais avaliadas, não compromete o valor energético dos grãos, preservando o potencial de *V. subterranea* como importante fonte de energia para a alimentação humana e animal.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que *Vigna subterranea* apresenta potencial agrônomico e nutricional para cultivo nas condições edafoclimáticas de Manaus, AM, respondendo positivamente à aplicação de cama de

aviário em variáveis relacionadas ao rendimento produtivo, ao acúmulo de biomassa e em componentes específicos da composição centesimal da parte aérea mais raiz e dos grãos. As doses mais elevadas de adubação orgânica promoveram incrementos no número de sementes por planta, peso de mil sementes, matéria seca e em características nutricionais específicas, evidenciando o potencial da cultura para sistemas produtivos mais sustentáveis.

Além disso, os resultados obtidos evidenciam o potencial de *V. subterranea* para cultivo na região amazônica, demonstrando que a adubação com cama de aviário pode contribuir para o desempenho agrônomo da cultura e para a melhoria de atributos específicos da qualidade nutricional. Considerando o elevado valor nutricional dos grãos e a adaptação da espécie às condições da região, o feijão-bambara apresenta potencial para ampliar as alternativas de produção agrícola e de alimentação.

Entretanto, ainda são necessários estudos sobre manejo agrônomo, adubação, melhoramento genético, adaptação regional e viabilidade produtiva da cultura em diferentes condições edafoclimáticas do Brasil, especialmente na região amazônica. O avanço dessas pesquisas poderá contribuir para ampliar o conhecimento sobre a cultura e favorecer sua inserção em sistemas agrícolas sustentáveis.

7. CONCLUSÃO

A aplicação de cama de aviário influenciou positivamente o desempenho agrônomo de *Vigna subterranea*, promovendo incrementos no número de sementes por planta, no peso de mil sementes, na matéria seca da parte aérea mais raiz e dos grãos, além de favorecer alguns componentes da composição centesimal da biomassa e o teor de proteína bruta dos grãos. Entretanto, não promoveu alterações significativas nos teores de cinzas e carboidratos da parte aérea mais raiz, nem nos teores de umidade, lipídios, cinzas, carboidratos e valor calórico dos grãos.

Entre as doses avaliadas, 4,2 e 5,6 kg de cama de aviário proporcionaram as melhores respostas para a maioria das variáveis agrômicas relacionadas ao rendimento e ao acúmulo de biomassa. Para a qualidade nutricional dos grãos, a dose de 2,8 kg destacou-se por favorecer o teor de proteína bruta, indicando que diferentes doses podem ser mais adequadas conforme o objetivo de produção.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAKKO-SAKSA, P. T. *et al.* Reduction in greenhouse gas and other emissions from ship engines: Current trends and future options. **Prog. Energy Combust. Sci.**, v. 94, p. 1-26, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2022.101055>

AFZAL, I.; ZAHID, S.; MUBEEN, S. Tools and techniques of postharvest processing of food grains and seeds. In: HASANUZZAMAN, M. (ed.). **Agronomic crops: volume 3**. Singapore: Springer, 2019. p. 583-604. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-32-9783-8_26

ALAKE, O. C.; AYO-VAUGHAN, M. A. Genotypic variation and correlations between yield system traits and yield components in African landraces of bambara groundnut. **S. Afr. J. Plant Soil.**, v. 34, p. 125-137, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/02571862.2016.1204017>

AOAC – Association of Official Analytical Chemists International. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 21st ed. Washington: AOAC, 2019.

ASIWE, J. Needs assessment of cowpea production practices, constraints and utilization in South Africa. **Afr. J. Biotechnol.**, v. 8, p. 20, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJB09.1293>

ATUGWU, A. I. *et al.* Growth and yield attributes of cowpea accessions grown under different soil amendments in a derived Savannah zone. **AIMS Agriculture and Food**, v. 8, n. 4, p. 932-943, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3934/agrfood.2023049>

ATWATER, W. O.; WOODS, C. D. **The chemical composition of American food materials**. Washington: U.S. Department of Agriculture, Office of Experiment Stations, 1896. 87 p. (Bulletin, n. 28). Disponível em: <https://www.ars.usda.gov/ARSTUserFiles/80400525/Data/Classics/es028.pdf>. Acesso em: 19 maio 2026.

AYENI, B. P. *et al.* Host status of bambara groundnut accessions to *Meloidogyne incognita* using conventional screenhouse and novel seedling pouch methods. **Nematology**, v. 24, n. 5, p. 543-558, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1163/15685411-bja10150>

AZAM-ALI, S. *et al.* Assessing the potential of an underutilized crop—a case study using bambara groundnut. **Exp. Agric.**, v. 37, p. 433-472, 2014.

AZMAN HALIMI, R.; BARKLA, B. J.; MAYES, S. e KING, G. J. The potential of the underutilized pulse bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) for nutritional food security. **J. Food Compos. Anal.**, v. 77, p. 47-59, 2019.

BAIYERI, K. P. *et al.* Maximizing rice husk waste for *Daucus carota* production. **Int J Recycl Org Waste Agric.**, v. 8, p. 399-406, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40093-019-00312-9>

BAMSHAIYE, O. M.; ADEGBOLA, J. A.; BAMISHAIYE, E. I. Bambara groundnut: an under-utilized nut in Africa. **Adv. Agric. Biotechnol.**, v. 1, p. 60-72, 2011.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society, Series A**, v. 160, p. 268-282, 1937. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspa.1937.0109>

BASU, S. et al. Bambara groundnut. In: KOLE, C. (ed.). **Genome mapping and molecular breeding in plants: pulses, sugar and tuber crops**. Berlin: Springer, 2007. v. 3, p. 159-173. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-34516-9_10

BIBI, F.; RAHMAN, A. An Overview of Climate Change Impacts on Agriculture and Their Mitigation Strategies. **Agriculture**, v.

13, p. 1508, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13081508>

BORTOLINI, J. et al. Removal of solids and chemical oxygen demand in poultry litter anaerobic digestion with different inocula. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 2, p. 24-69, 2020.

BOTTREL, S. C. et al. Uso da cama de frango fermentada e não fermentada na adubação de culturas agrícolas. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 1, p. e7512139268, 2023. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i1.39268>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Manual de análise sanitária de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 200 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/lfd/legislacao-metodos-da-rede-lfd/sementes-mudas/manual-de-sementes-site.pdf>. Acesso em: 27 out. 2024.

BROUGH, S. H.; AZAM-ALI, S. N.; TAYLOR, A. J. The potential of bambara groundnut (*Vigna subterranea*) in vegetable milk production and basic protein functionality systems. **Food Chemistry**, v. 47, n. 3, p. 277-283, 1993. DOI: [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(93\)90161-8](https://doi.org/10.1016/0308-8146(93)90161-8)

CARVALHO, A. M. X. de. et al. A brief review of the classic methods of experimental statistics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 45, n. 1, p. 1-13, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v45i1.56882>

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. rev. Campinas: Editora da Unicamp, 2003.

CERRI, C. E. P. et al. **Compostagem**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2008. 19 p. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf. Acesso em: 03 fev. 2025.

CHELANGAT, M. et al. Nutritional and phytochemical composition of bambara groundnut (*Vigna subterranea* [L.] Verdc) landraces in Kenya. **International Journal of Agronomy**, p. 11, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1155/2023/9881028>

CHENG, A. *et al.* In search of alternative proteins: unlocking the potential of underutilized tropical legumes. **Food Secur.**, v. 11, p. 1205-1215, 2019.

CHUKWUDI, U. P.; KUTU, F. R.; MAVENGAHAMA, S. Influence of heat stress, variations in soil type, and soil amendment on the growth of three drought-tolerant maize varieties. **Agronomy**, v. 11, p. 1485, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11081485>

CORRÊA, R. M. *et al.* Organic fertilization on phytomass production and essential oil content and quality of oregano (*Origanum vulgare* L.) under protected cultivation. **Rev. bras. plantas med.**, v. 12, n. 1, p. 80-89, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722010000100012>

CRUZ, D. K. A. *et al.* Os objetivos de desenvolvimento sustentável e as fontes de dados para o monitoramento das metas no Brasil. **Epidemiologia E Serviços De Saúde**, v. 31, p. 1-8, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/SS2237-9622202200010>

DALZIEL, J. M. Voandzeia thou. In: DALZIEL, J. M. **The useful plants of West Tropical Africa**. London: Crown Agents for the Colonies, 1937. p. 269–271.

DUODU, K. G.; APEA-BAH, F. B. African legumes: nutritional and health-promoting attributes. In: TAYLOR, J. R. N.; DUODU, K. G. (ed.). **Gluten-free ancient grains: cereals, pseudocereals, and legumes: sustainable, nutritious, and health-promoting foods for the 21st century**. Sawston: Woodhead Publishing, 2017. p. 223–269. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100866-9.00009-8>

DURBIN, J.; WATSON, G. S. Testing for serial correlation in least squares regression. **Biometrika**, London, v. 37, n. 3-4, p. 409-428, 1950. DOI: <https://doi.org/10.1093/biomet/37.3-4.409>

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 6. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1176834/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>. Acesso em: 17 mai. 2026.

EL BILALI, H. *et al.* Mapping research on bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) in Africa: bibliometric, geographical, and topical perspectives. **Agriculture**, v. 14, p. 1541, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14091541>

ESAN, V. I.; OKE, G. O.; OGUNBODE, T. O. Genetic variation and characterization of Bambara groundnut [*Vigna subterranea* (L.) verdc.] accessions under multi-environments considering yield and yield components performance. **Sci Rep**, v. 13, p. 1498, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28794-8>

EZE, F. O. *et al.* Response of carrots (*Daucus carota*) on the growth, yield, and nutritional composition to varying poultry manure rates. **Agric Res**, v. 13, p. 841-850, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40003-024-00723-9>

FELDMAN, A. *et al.* Bambara groundnut is a climate-resilient crop: how could a drought-tolerant and nutritious legume improve community resilience in the face of

climate change? In sustainable solutions for food security. Germany, **Springer: Berlin/Heidelberg**, p. 151-167, 2019.

FREITAS, G. A. *et al.* Adubação orgânica no sulco de plantio e sua influência no desenvolvimento do sorgo. **Jornal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 1, p. 61-67, 2012. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/181/123>. Acesso em: 03 fev. 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Food energy – methods of analysis and conversion factors**. Rome: Food and Agriculture Organization, 2003. ISSN 0254-4725. Disponível em: https://www.fao.org/uploads/media/FAO_2003_Food_Energy_02.pdf. Acesso em: 16 mar. 2026.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Data sheet — *Vigna subterranea***. Rome: Food and Agriculture Organization, 2023. Disponível em: <https://gaez.fao.org/pages/ecocrop-find-plant>. Acesso em: 30 jan. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **World pulses day 2023 highlights how pulses are at the core of sustainability**. Rome: Food and Agriculture Organization, 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/newsroom/detail/world-pulses-day-2023-highlights-how-pulses-are-at-the-core-of-sustainability/en>. Acesso em: 25 jan. 2026.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **FAOSTAT — bambara beans, dry**. Rome: Food and Agriculture Organization, 2025. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 30 jan. 2025.

GARCÊS, A. P. J. T.; *et al.* Evaluation of different litter materials for broiler production in a hot and humid environment: 2. Productive performance and carcass characteristics. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, p. 369-374, 2017.

GODFREY, E. O. *et al.* Evaluating the Nutritional and Chemical Composition of *Treculia Africana* and *Vigna Subterranea* L. Seeds Collected from Kogi State, Nigeria. **Jordan Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 17, n. 4, p. 767-782, 2024. DOI: <https://doi.org/10.35516/ijps.v17i4.2480>

GOLI, A. E. Characterization and evaluation of IITA's bambara groundnut collection. In: BEGEMANN, F.; MUSHONGA, J. N. (ed.). **Proceedings of the Workshop on Conservation and Improvement of Bambara Groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc)**. Harare, Zimbabwe: International Plant Genetic Resources Institute, 1995. p. 4-10.

JAMES S. *et al.* Chemical and nutritional composition of some selected lesser-known legumes indigenous to Nigeria. **Heliyon.**, 6(11):e05497, 2020.

HASAN, M.; *et al.* Nitrogen and phosphorus management for bambara groundnut (*Vigna subterranea*) production - a review. **Legum. Res. Int. J.**, v. 41, p. 483-489,

2019.

HASAN, M. *et al.* Impact of chemical and organic fertilizer on the yield and nutritional composition of bambara groundnut (*Vigna subterranea* L. Verde.). Bangladesh. **J. Bot.**, v. 48, n. 4, p. 919-924, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3329/bjb.v48i4.48932>

HASAN, M. *et al.* Growth, yield, nodulation and amino acid content of bambara groundnut (*Vigna subterranea*) under inorganic and organic fertilizer application. **Legume Research.**, v. 44, n. 3, p. 322-327, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18805/LR-576>

HATFIELD, J. L. *et al.* Indicators of climate change in agricultural systems. **Clim. Chang.**, v. 163, p. 1719-1732, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2222-2>

HELLER, J.; BEGEMANN, F.; MUSHONGA, J. **Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.): promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1997. 166 p.

HEPPER, F. N. The bambara groundnut (*Voandzeia subterranea*) and kersting's groundnut (*Kerstingiella geocarpa*) wild in West Africa. **Kew Bull**, v. 16, p. 395-407, 1963.

HLANGA, N. C.; MODI, A. T.; MATHEW, I. Evaluating nutritional content among bambara groundnut lines. **Journal of Food Composition and Analysis**, 102(12):104053, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104053>

HUSSIN, H. *et al.* Enhancing the nutritional profile of noodles with bambara groundnut (*Vigna subterranea*) and moringa (*Moringa oleifera*): a food system approach. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, p. 1-11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00059>

IBRAM, A. A. M. M. *et al.* Diallel analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes for seed dietary fibre, carbohydrate, calcium and phosphorus contents. **J. Appl. Genet.**, v. 65, n. 3, p. 419-428, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13353-024-00834-7>

KELLER, G. African nightshade, eggplant, spider flower *et al.* — production and consumption of traditional vegetables in Tanzania from the farmers point of view. **J. Crop Sci.**, v. 6, p. 368-390, 2014.

KEW SCIENCE. ***Vigna subterranea*. Plants of the world online, 2025**. Disponível em: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:525534-1>. Acesso em: 20 jan. 2025.

KHAN, M. M. H. *et al.* Genetic inconsistency assessment and selection criteria of bambara groundnut (*Vigna subterranea* L. Verdc.) landraces for high yield revealed by qualitative and quantitative traits. Bangladesh. **Agric. Res. Inst.**, v. 3, p. 45-50, 2020.

KHAN, M. M. H. *et al.* Unveiling genetic diversity, characterization, and selection of bambara groundnut (*Vigna subterranea* L. Verdc) genotypes reflecting yield and yield components in tropical Malaysia. **Biomed Res. Int.**, p. 1-23, 2022.

KHAN, M. M. H. *et al.* Bambara groundnut: a climate-resilient crop. **Journal of Underutilised Crops Research**, v. 3, n. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.4102/jucr.v3i1.2>

KONATE, N. M. *et al.* Assessment of bambara groundnut landraces for resistance to cowpea aphid borne mosaic virus. **Int. J. Biol. Chem. Sci.**, v. 13, n. 6, p. 2704 -2713, 2019.

KU, Y. S. *et al.* The effects of domestication on secondary metabolite composition in legumes. **Front. Genet.** v. 11, p. 1-20, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.581357>

LACY, P.; RUTQVIST, J. Waste to wealth: the circular economy advantage. **Springer**, p. 1-264, 2016.

LAM, S. H. *et al.* Chemical constituents of *Vigna luteola* and their anti-inflammatory bioactivity. **Molecules**, v. 24, p. 1371, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules24071371>

LECONTE, M. C. *et al.* Nitrogen and phosphorus release from poultry manure composts: the role of carbonaceous bulking agents and compost particle sizes. **Biol. Fertil. Soils.**, v. 47, n. 8, p. 897-906, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-011-0591-z>

LEVENE, H. Robust tests for equality of variances. In: OLKIN, I. *et al.* (Eds.). **Contributions to probability and statistics: essays in honor of Harold Hotelling**. Stanford: Stanford University Press, 1960. p. 278-292.

MABHAUDHI, T. *et al.* Modelling climate change impact: a case of bambara groundnut (*Vigna subterranea*). **Phys. Chem. Earth.**, v. 105, p. 25-31, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2018.01.003>

MAHMUDUL, M. *et al.* Nitrogen and phosphorus management for bambara groundnut (*Vigna subterranea*) production-a review. **Legume Research**, v. 41, n. 4, p. 483-489, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18805/LR-379>

MAJOLA, N. G.; GERRANO, A. S.; SHIMELIS, H. Bambara groundnut [*Vigna subterranea* (L.) Verdc.] production, utilisation and genetic improvement in Sub-Saharan Africa. **Agronomy**, ed. 11, v. 7, p. 1345, 2021.

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

MANTELI, C. *et al.* Performance of soybean culture in function of organic fertilization with poultry bed compared to chemical fertilization. **Aust. J. Basic & Appl. Sci.**, v. 11, n. 16, p. 49-55, 2017.

MAPHOSA, Y; JIDEANI, V. A.; MAPHOSA, L. Bambara groundnut production, grain composition and nutritional value: opportunities for improvements. **The Journal of Agricultural Science**, v. 160, n. 6, p. 448-458, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859622000521>

MASSAWE, F. *et al.* Breeding in bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.): strategic considerations. **African Journal of Biotechnology**, v. 4, p. 463-471, 2005. MAXTED, N. *et al.* An ecogeographic study African *Vigna*. **Systematic and ecogeographic studies on crop genepools**, v.11, p. 454, 2004.

MAZAHIB, A. M. *et al.* Some nutritional attributes of bambara groundnut as influenced by domestic processing. **Int. Food Res. J.**, v. 20, p. 1165-1171, 2013.

MERRILL, A. L.; WATT, B. K. **Energy value of foods: basis and derivation**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 1973. (Agriculture Handbook, n. 74). Disponível em: <https://www.ars.usda.gov/ARSTUserFiles/80400525/Data/Classics/ah74.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2025.

MUBAIWA, J. *et al.* Hard-to-cook phenomenon in bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) processing: options to improve its role in providing food security. **Food Rev. Int.**, v. 33, p. 167-194, 2017.

MUHAMMAD, I. *et al.* Exploration of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.), an underutilized crop, to aid global food security: varietal improvement, genetic diversity and processing. **Agronomy**, v. 10, p. 766, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10060766>

MUNIR, M.T. *et al.* Wood-based litter in poultry production: a review. **World's Poultry Science Journal**, v. 1, n. 75, p. 5-16, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933918000909>

MUREVANHEMA, Y. Y.; JIDEANI, V. A. Potential of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) milk as a probiotic beverage - a review. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 53, p. 954-967, 2013.

MUSAH, M. *et al.* Nutritional evaluation of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc) from Lapai, Nigeria. **African Journal of Agriculture and Food Science**, v. 4, n. 4, p. 32-39, 2021. DOI: https://doi.org/10.52589/AJAFS_SQI5U7CN

NASCIMENTO, Z. M. DE S. *et al.* Effect of different chicken bed dosages on the development of cowpea beans (L.) Walp). Curitiba. **Braz. J. of Develop.**, v. 6, n. 11, p. 87522-87530, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-247>

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Lost crops of Africa: volume II: vegetables**. Washington, DC: National Academies Press, 2006. ISBN 0-309-66582-5. Disponível em: <https://www.nationalacademies.org/projects/OIAX-N-98-01-A>. Acesso em: 06 fev 2025.

NDIDI, U. S. *et al.* Effects of processing (boiling and roasting) on the nutritional and antinutritional properties of bambara groundnuts (*Vigna subterranea* [L.] Verdc.) from Southern Kaduna. Nigeria, **Hindawi Publishing Corporation, Journal of Food Processing**, v. 2014, p. 1-9, 2014. DOI: <https://dx.doi.org/10.1155/2014/472129>

NOBRE, R. G. *et al.* Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 929-937, 2011.

NOGUEIRA, A. Fitomassa de feijão-caupi crioulo em função de doses e adubos orgânicos. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 1, n. 1, 2017.

NOVAIS, R. F. *et al.* **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

NYAU, V. *et al.* Antioxidant activities of bambara groundnuts as assessed by FRAP and DPPH assays. **J. Food Nutr. Disord.**, v. 3, p. 7-11, 2015.

NYAU, V. *et al.* Some Nutritional and Physical Properties of Different Zambian Market Classes of Bambara Groundnut (*Vigna subterranea*). **Journal of Food Research**, v. 9, n. 1, p. 1-40, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5539/jfr.v9n1p34>

OBIDIEBUBE, A. O. *et al.* Evaluation of bambara groundnut (*Vigna Subterranea* (L.) Verdc.) varieties for adaptation to rainforest agroecological Zone of Delta State, Nigeria. **International Journal of Sustainable Agricultural Research**, v. 7, n. 1, p. 39-43, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18488/journal.70.2020.71.39.43>

OBIDIEBUBE, E. A. *et al.* Assessment of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) varieties for adaptation to rainforest agro-ecological zone of Anambra State of Nigéria. **Can. J. Agric. Crop.**, v. 5, p. 1-6, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20448/803.5.1.1.6>

OLAYIDE, O. E. *et al.* Assessing socioeconomic factors influencing production and commercialization of bambara groundnut as an indigenous climate resilient crop in Nigeria. In: LEAL FILHO, W. (org.). **Handbook of Climate Change Resilience**. Cham: Springer, 2018. p. 1-19. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-71025-9_158-1

OYEYINKA, S. A.; *et al.* Value added snacks produced from bambara groundnut (*Vigna subterranea*) paste or flour. **LWT Food Sci. Technol.**, v. 88, 2018.

PANZERI, D. *et al.* Revisiting the domestication process of African *Vigna* species (Fabaceae): background, perspectives and challenges. **Plants**, v. 11, p. 5, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11040532>

PAULA, F. C. M. *et al.* Evaluation of *Vigna subterranea* (L.) Verdc. development under different mounding periods in Viçosa, MG, Brazil. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 11, n. 3, p. 1-7, 2024. DOI: <https://doi.org/10.32404/rea.v11i3.8345>

PIANO, J. T. Produtividade de milho, atributos químicos e físicos de um latossolo influenciados pelo uso de cama de aviário. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, n. 2, p. 51-62, 2012. DOI: <https://doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v11n2p51-62>

RAGAGNIN, V. A. *et al.* Growth and nodulation of soybean plants fertilized with poultry litter. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 37, n. 1, p. 17-24, 2013.

RAIJ, B. van *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 285 p. (Boletim técnico, 100).

REGMI, P. *et al.* Effects of different litter substrates and induced molt on production performance and welfare quality parameters of white Leghorn hens housed in multi-tiered aviary system. **Poultry Science**, v. 97, p. 3397-3404, 2018.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RONQUIM, C. C. **Fertility concepts and adequate management for soils in tropical regions**. Campinas: Embrapa Territorial, 2021. 36 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1). ISSN 1806-3322. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1132514?mode=full>. Acesso em: 07 de setembro de 2025.

SANDS, R. *et al.* Scenarios of global food consumption: Implications for agriculture (Report No. ERR-323). **U. S. Department of Agriculture, Economic Research Service**, 2023. DOI: <https://doi.org/10.32747/2023.8134356.ers>

SCHALLEMBERGER, J. B. Efeito da utilização de cama de aviário como adubo orgânico na qualidade química e microbiológica do solo. Rio de Janeiro, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 1, p. 580-592, 2019. DOI: https://doi.org/10.11137/2019_1_580_592

SÉRAPHIN, D. K. *et al.* caractérisation biochimique et fonctionnelle des graines de sept cultivars de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) Verdc. Fabaceae] cultivées en Côte D'Ivoire. **European Scientific Journal**, v. 11, n. 27, p. 288, 2015. Disponível em: <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/6277>. Acesso em: 01 jan. 2026.

SESAY, A.; MAGAGULA, C.; MANSUETUS, A. Influence of sowing date and environmental factors on the development and yield of bambara groundnut (*Vigna subterranea*) landraces in a sub-tropical region. **Exp. Agric.**, v. 44, p. 167-183, 2018.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, p. 591-611, 1965.

SILVA, V. N. *et al.* Solubility curve of rock powder inoculated with microorganisms in the production of biofertilizers. **Agriculture and Natural Resources**, v. 51, n. 3, p. 142-147, 2020.

SOUMARE, A.; DIEDHIOU, A. G.; KANE, A. Bambara groundnut: a neglected and underutilized climate-resilient crop with great potential to alleviate food insecurity in Sub-Saharan Africa. **J. Crop Improv.**, v. 36, p. 747-767, 2022.

SWANEVELDER, C. J. **Bambara – food for Africa**. Pretoria: National Department of

Agriculture, Government Printer, Republic of South Africa, 1998.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TAIZ, L. *et al.* **Plant physiology and development**. 6. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2014.

TAKAHASHI, Y. *et al.* Domesticating *Vigna stipulacea*: a potential legume crop with broad resistance to biotic stresses. **Front. Plant Sci.**, v. 10, p.1-12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01607>

TEMEGNE, N. C. *et al.* Origin and ecology of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.): a review. **Journal of Ecology & Natural Resources**, v. 2, p. 1-10, 2018. DOI: <https://doi.org/10.23880/JENR-16000140>

TOMOOKA, N. *et al.* Evolution, domestication and neo-domestication of the genus *Vigna*. **Plant Genet. Resour.**, v. 12, p. 168-171, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1479262114000483>

UNIC RIO - CENTRO DE INFORMAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O BRASIL. **Objetivos de desenvolvimento sustentável - transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Nações Unidas Brasil, p. 1-49, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2025.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **National Organic Program**. In Standard Manual; CCOF Certification Services LLC: Santa Cruz, CA, USA, 2022. Disponível em: <https://www.ams.usda.gov/rules-regulations/organic/handbook>. Acesso em: 30 jan. 2025.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). ***Vigna subterranea* (L.) Verdc.** Washington, DC, 2025. Disponível em: <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomydetail?id=105107>. Acesso em: 30 jan. 2025.

ZONGO, E. *et al.* Impact of cowpea mottle virus on the growth and yield of bambara groundnut (*Vigna subterranean* (L.) Verdc.). **Am. J. Plant Sci.**, v. 9, p. 2053, 2018.