

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – FCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL - PPGATR

**FENOLOGIA E MATURAÇÃO DE SEMENTES DE VARIEDADES LOCAIS DE
FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), CULTIVADAS EM MANAUS, AM**

NATHASHA KOIDE LIMA

MANAUS - AM

2026

NATHASHA KOIDE LIMA

**FENOLOGIA E MATURAÇÃO DE SEMENTES DE VARIEDADES LOCAIS DE
FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), CULTIVADAS EM MANAUS, AM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Brasil. Como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.

Orientadora: Dra. Angela Maria da Silva Mendes

MANAUS - AM

2026

Ficha Catalográfica

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

-
- L732f Lima, Nathasha Koide
Fenologia e maturação de sementes de variedades locais de
feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), cultivadas em Manaus,
AM / Nathasha Koide Lima. - 2026.
69 f. : il., color. ; 31 cm.
- Orientador(a): Angela Maria da Silva Mendes .
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, Manaus,
2026.
1. Maturidade fisiológica. 2. Análise de crescimento. 3. Qualidade
de sementes. 4. Potencial fisiológico. I. Mendes, Angela Maria da
Silva. II. Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-
Graduação em Agronomia Tropical. III. Título
-

NATHASHA KOIDE LIMA

**FENOLOGIA E MATURAÇÃO DE SEMENTES DE VARIEDADES LOCAIS DE
FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), CULTIVADAS EM MANAUS, AM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Brasil. Como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.

Aprovado em 30 de abril de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



ANGELA MARIA DA SILVA MENDES

Data: 27/05/2026 16:44:37-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof^a. Dra. Angela Maria da Silva Mendes – Presidente

Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Documento assinado digitalmente



ALBEJAMERE PEREIRA DE CASTRO

Data: 27/05/2026 17:45:34-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof^a. Dra. Albejamere Pereira de Castro – Membro

Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Documento assinado digitalmente



SIDNEY ALBERTO DO NASCIMENTO FERREIRA

Data: 27/05/2026 20:29:59-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Sidney Alberto do Nascimento Ferreira – Membro

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

A Deus pelo dom da vida.
Aos meus pais, Madiese Matos Koide e Adnelson de Moraes Lima.
E a minha irmã, Katharina Koide Lima.
Pelo incentivo durante a realização dos meus estudos
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida e pelas bênçãos que tem me concedido.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical (PPGATR/UFAM) e a todos os professores obrigada pelos conhecimentos repassados e pela contribuição à minha formação acadêmica e profissional.

A minha orientadora Angela Maria da Silva Mendes, obrigada pelos ensinamentos, orientações, disponibilidade e dedicação durante todas as etapas de execução deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo indispensável fomento e concessão da bolsa de estudos que viabilizaram a execução desta pesquisa.

A minha base familiar, meus pais e minha irmã, por serem pessoas maravilhosas, agradeço pelos ensinamentos, amor, carinho e todo o incentivo para realizar meus sonhos, mesmo longe de casa.

Aos meus amigos Amandio Arruda, Beatriz Amaral e Rafaela Moura, agradeço pelo apoio e amizade desde o início da graduação até o presente momento. A minha amiga Sheylla Fontes pela ajuda e contribuições durante a realização desse estudo, obrigada pelo auxílio, disponibilidade e paciência.

Por fim, mas não menos importante, a todas as pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desse trabalho.

A todos, o meu muito obrigada.

RESUMO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) é uma cultura de grande importância alimentar e econômica em diversas regiões. A produção de sementes é etapa fundamental para a implantação de cultivos de qualidade, sendo a determinação da maturação essencial para a obtenção de sementes com elevado potencial fisiológico. Nesse contexto, a análise de crescimento e o estudo fenológico destacam-se como ferramentas importantes para a compreensão do desenvolvimento das plantas e para a identificação do momento adequado de maturidade fisiológica, contribuindo para a produção de sementes de melhor qualidade. Diante disso, o presente estudo avaliou os aspectos fenológicos de variedades locais de feijão-caupi cultivadas na região de Manaus, bem como identificou a maturidade fisiológica das sementes e, consequentemente, o ponto ideal de colheita. Para tanto, foram utilizadas três variedades de feijão-caupi: Filipinho, Manteiguinha e Fígado-de-galinha, que foram avaliadas durante todo o período de crescimento e desenvolvimento para a caracterização fenológica das variedades. Na determinação da maturidade fisiológica das sementes, foram realizadas sete colheitas, iniciando-se aos 10 dias após a antese, com intervalos de dois dias. Os dados foram submetidos à análise estatística para avaliação dos efeitos de variedades, épocas e sua interação ao longo do tempo. Para a fenologia das variedades, verificou-se que Filipinho apresentou ciclo fenológico de 71 dias, Fígado-de-galinha de 72 dias e Manteiguinha de 74 dias. Na avaliação da maturidade fisiológica das sementes, observou-se que esta foi atingida aos 18 dias após a antese (DAA) em todas as variedades, com teor de água variando entre aproximadamente 24% e 29%. O ponto ideal de colheita foi determinado aos 20 DAA para todas as variedades, período em que as sementes apresentavam teor de água entre 15% e 17% em campo, além de maior porcentagem de germinação e maior vigor das sementes. Os resultados obtidos evidenciam que a associação entre as avaliações fenológicas, o crescimento e a qualidade fisiológica das sementes possibilitaram a definição do momento adequado de colheita, fornecendo informações importantes para o manejo da cultura e para a obtenção de sementes de maior qualidade fisiológica.

Palavras-chave: Maturidade fisiológica, Análise de crescimento, Qualidade de sementes.

ABSTRACT

Cowpea (*Vigna unguiculata*) is a crop of great food and economic importance in several regions. Seed production is a fundamental step for establishing high-quality crops, and determining seed maturation is essential for obtaining seeds with high physiological potential. In this context, growth analysis and phenological studies stand out as important tools for understanding plant development and identifying the appropriate stage of physiological maturity, contributing to the production of higher-quality seeds. Therefore, the present study evaluated the phenological aspects of local cowpea varieties cultivated in the Manaus region, as well as identified seed physiological maturity and, consequently, the ideal harvest point. Three cowpea varieties were used: Filipinho, Manteiguinha, and Fígado-de-galinha, which were evaluated throughout the entire growth and development period for phenological characterization. To determine seed physiological maturity, seven harvests were performed starting at 10 days after anthesis, at two-day intervals. Data were subjected to statistical analysis to evaluate the effects of varieties, evaluation periods, and their interaction over time. Regarding the phenology of the varieties, Filipinho presented a phenological cycle of 71 days, Fígado-de-galinha 72 days, and Manteiguinha 74 days. In the evaluation of seed physiological maturity, it was observed that maturity was reached at 18 days after anthesis (DAA) in all varieties, with seed moisture content ranging from approximately 24% to 29%. The ideal harvest point was determined at 20 DAA for all varieties, a period in which the seeds showed water content between 15% and 17% in the field, as well as higher germination percentage and greater seed vigor. The results obtained demonstrate that the association between phenological evaluations, growth analysis, and seed physiological quality enabled the determination of the appropriate harvest time, providing important information for crop management and for obtaining seeds with higher physiological quality.

Keywords: Physiological maturity, Growth analysis, Seed quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Escala de notas para desenvolvimento fenológico de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.). (0) germinação; (1) emergência; (2) folhas primárias; (3) primeira folha trifoliolada; (4) terceira folha trifoliolada; (5) pré-floração; (6) floração; (7) formação de legumes; (8) enchimento dos legumes; (9) maturação das vagens; (C) colheita, em Manaus/AM.	24
Figura 2. Duração média das fases fenológicas de três variedades de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.), com base na escala de notas, para o período de novembro de 2025 a fevereiro de 2026. Manaus/AM. (0) germinação; (1) emergência; (2) folhas primárias; (3) primeira folha trifoliolada; (4) terceira folha trifoliolada; (5) pré-floração; (6) floração; (7) formação de legumes; (8) enchimento dos legumes; (9) maturação das vagens; (C) colheita.	27
Figura 3. Crescimento e Taxa de Crescimento Absoluto (TCA) em comprimento (A) e em diâmetro (B), de vagens de três variedades locais de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.), em função do tempo após a antese. Variedades Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG). Manaus/AM, 2026.	34
Figura 4. Taxa de Crescimento Relativo (TCR) em comprimento (A) e em diâmetro (B) de vagens de três variedades locais de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.), em função do tempo após a antese. Variedades Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG). Manaus/AM, 2026.	35
Figura 5. Crescimento em massa fresca, Taxa de Crescimento Absoluto – TCA (A), Taxa de Crescimento Relativo – TCR (B), de vagens de três variedades locais de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.), em função do tempo após a antese. Variedades Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG). Manaus/AM, 2026.	38
Figura 6. Crescimento e Taxa de Crescimento Absoluto (TCA) em comprimento (A) e em diâmetro (B), de sementes de três variedades locais de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.), em função do tempo após a antese. Variedades Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG). Manaus/AM, 2026.	43
Figura 7. Taxa de Crescimento Relativo (TCR) em comprimento (A) e em diâmetro (B) de sementes de três variedades locais de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.), em função do tempo após a antese. Variedades Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG). Manaus/AM, 2026.	44
Figura 8. Aspectos visuais dos diferentes estádios de desenvolvimento das sementes de três variedades de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.), conforme dias após a antese.	45
Figura 9. Acúmulo de matéria seca (MS) e Taxa de Crescimento Absoluto (TCA) do pericarpo das vagens e das sementes de três variedades locais de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.), em função do tempo após a antese, Variedades Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG), Manaus/AM, 2026.	48
Figura 10. Taxa de Crescimento Relativo (TCR) de matéria seca do pericarpo das vagens e das sementes de três variedades locais de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.), em função do tempo após a antese. Variedades Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG). Manaus/AM, 2026.	50
Figura 11. Grau de umidade das sementes de três variedades locais de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.) após as colheitas, em função do tempo após a antese. Variedades Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG). Manaus/AM, 2026.	54
Figura 12. Grau de umidade das sementes de três variedades locais de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.), em função do tempo após a antese. Variedades Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG). Manaus/AM, 2026.	55

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Médias e desvio padrão do florescimento máximo, florescimento máximo total, taxa de florescimento (flores. planta⁻¹.dia⁻¹) e número de dias entre a emergência e o florescimento máximo (DEFmáx), durante a caracterização do ciclo fenológico de três variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Manaus/AM. 28
- Tabela 2.** Médias das características comprimento da vagem, diâmetro da vagem, massa da vagem das variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG), em sete épocas de colheita após a antese. Coeficiente de variação (CV), Desvio Padrão do Erro (DP), Erro Padrão da Média (EP). Manaus/AM, 2026. 31
- Tabela 3.** Médias das características de comprimento, largura e massa das sementes de variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG) em sete épocas de colheita, após a antese. Coeficiente de variação (CV), Desvio Padrão do Erro (DP), Erro Padrão da Média (EP). Manaus/AM, 2026. 41
- Tabela 4.** Média da matéria seca do pericarpo das vagens (g/vagem) e das sementes (g/semente) de três variedades locais de feijão-caupi caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), em sete épocas de colheitas após a antese. Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG). Coeficiente de variação (CV), Desvio Padrão do Erro (DP), Erro Padrão da Média (EP). Manaus/AM, 2026. 46
- Tabela 5.** Médias do grau de umidade (%) das sementes de três variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), em função do tempo após a antese. FL (Filipinho), MG (Manteiguinha), FG (Fígado-de-galinha), DAA (Dias após a antese). Coeficiente de variação (CV), Desvio Padrão do Erro (DP), Erro Padrão da Média (EP). Manaus/AM, 2026. 53
- Tabela 6.** Médias das características de germinação e vigor das sementes de variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), em sete épocas de colheita, após a antese. FL (Filipinho), MG (Manteiguinha), FG (Fígado-de-galinha), DAA (Dias após a antese). Coeficiente de variação (CV), Desvio Padrão do Erro (DP), Erro Padrão da Média (EP). Manaus/AM, 2026. 56

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
2.1. Objetivo Geral	3
2.2. Objetivo Específico	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Características gerais do feijão-caupi.....	4
3.2. Fenologia	9
3.3. Maturação fisiológica das sementes	11
3.4. Análise de crescimento	13
4. MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1. Área de implantação do cultivo e manejo.....	16
4.2. Delineamento experimental	17
4.3. Procedência das sementes	17
4.4. Estudo fenológico das três variedades de feijão-caupi.....	18
4.5. Procedimentos da amostragem para determinação do ponto de maturidade das sementes	19
4.6. Características avaliadas	19
4.7. Análises estatísticas	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1. Estudo fenológico das três variedades locais de feijão-caupi.....	23
5.2. Caracterização do crescimento e maturação das sementes	29
6. CONCLUSÃO	58
7. REFERÊNCIAS	59

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) apresenta grande importância no cenário agrícola mundial, tanto do ponto de vista econômico quanto alimentar, sendo uma importante fonte de proteína para milhões de pessoas, especialmente em países subdesenvolvidos (Lonardi *et al.*, 2019; Herniter; Muñoz-Amatriaín; Close, 2020). No Brasil, sua produção concentra-se principalmente nas regiões Norte e Nordeste, com destaque para o estado da Bahia como maior produtor nacional (Honaiser *et al.*, 2022; CONAB, 2025).

Apesar da relevância da cultura, a produção de feijão-caupi no Amazonas ainda é limitada devido a diversos fatores, entre eles o manejo inadequado do solo, ocorrência de plantas daninhas, insetos-praga, doenças e, principalmente, o uso de sementes de baixa qualidade fisiológica (De Oliveira *et al.*, 2019). Nesse contexto, é comum a utilização de sementes provenientes de sistemas informais de produção, obtidas da própria colheita para plantios subsequentes. Entretanto, essas sementes frequentemente apresentam baixa pureza, reduzida germinação e menor vigor de plântulas, comprometendo o estabelecimento da cultura e a produtividade (Njonjo *et al.*, 2019; Canuto *et al.*, 2020).

A qualidade fisiológica das sementes está diretamente relacionada ao processo de maturação, que envolve alterações físicas, fisiológicas e bioquímicas até a aquisição do potencial máximo de qualidade, denominado maturidade fisiológica (Marcos-Filho, 2015; Medeiros *et al.*, 2019). A identificação desse estágio é fundamental para determinar o momento ideal de colheita, reduzindo perdas causadas pela deterioração das sementes no campo e pela exposição prolongada a condições ambientais adversas, pragas e patógenos (Costa; Carmona; Nascimento, 2006).

Entretanto, informações relacionadas à maturidade fisiológica de sementes de variedades locais de feijão-caupi cultivadas no Amazonas ainda são escassas, especialmente considerando aspectos fenológicos e o crescimento das sementes ao longo do desenvolvimento. Essa limitação dificulta a definição de estratégias adequadas de manejo e colheita voltadas à produção de sementes de melhor qualidade fisiológica na região.

Nesse sentido, a análise de crescimento e o acompanhamento fenológico constituem ferramentas importantes para compreender o desenvolvimento vegetal e

identificar o momento de máxima qualidade das sementes. A análise de crescimento permite relacionar o acúmulo de biomassa e as alterações fisiológicas ao longo do desenvolvimento das plantas e sementes (Benincasa, 2004; Peixoto *et al.*, 2011), enquanto a fenologia possibilita caracterizar os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, desde a germinação até a maturação (Câmara *et al.*, 2018). A integração dessas abordagens contribui para a identificação do ponto de maturidade fisiológica e do momento adequado de colheita.

Diante disso, o presente estudo avaliou os aspectos fenológicos de variedades locais de feijão-caupi cultivadas na região de Manaus, bem como o crescimento e a maturidade fisiológica das sementes, visando determinar o ponto ideal de colheita e gerar informações que contribuam para a produção de sementes de melhor qualidade no estado do Amazonas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar os aspectos fenológicos de variedades locais de feijão-caupi, cultivadas na região de Manaus - AM, e detectar a maturidade fisiológica das sementes, consequentemente seu ponto de colheita.

2.2. Objetivo Específico

Avaliar as etapas fenológicas, da fase vegetativa e reprodutiva de três variedades locais de feijão-caupi.

Analisar o crescimento e desenvolvimento dos frutos e sementes de três variedades locais de feijão-caupi, durante o processo de maturação.

Determinar o ponto de maturidade fisiológica e ponto de colheita de sementes de três variedades locais de feijão-caupi.

Avaliar a qualidade das sementes produzidas, por meio dos testes de germinação e vigor de três variedades locais de feijão-caupi.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Características gerais do feijão-caupi

3.1.1. Aspectos socioeconômicos e produtivos

O feijão-caupi é um alimento que apresenta grande relevância no contexto socioeconômico e nutricional, sendo uma importante fonte de proteínas e renda para muitas pessoas (Silva; Santos, 2024). O Brasil é o terceiro maior produtor de feijão-caupi do mundo (Freitas *et al.*, 2022), onde é considerado um componente essencial da alimentação básica, especialmente nas regiões Norte e Nordeste do país (Honaizer *et al.*, 2022).

A preferência pelo tipo de feijão-caupi varia muito dependendo da localidade, aspectos como a coloração do grão, tamanho e outros, influenciam o consumo, comercialização e produção (Rocha, 2021). Nos últimos 20 anos, foram lançadas cerca de 51 novas cultivares de feijão-caupi no Brasil, 45 dessas são resultados de trabalhos da Embrapa em parceria com empresas estaduais de pesquisa (Registro Nacional de Cultivares – RNC, 2024).

No mercado de feijão-caupi no país, a comercialização abrange grãos secos, sementes, vagens e grãos verdes, com maior consumo interno de grãos secos. Contudo, as exportações têm crescido principalmente devido a expansão da área cultivada e adoção da cultura em outras regiões (Da Silva *et al.*, 2024; CONAB, 2025).

A produção brasileira de feijão é dividida em três épocas distintas. A primeira safra é semeada entre agosto e dezembro, a segunda, de janeiro a abril, e a terceira, de maio a julho, permitindo que ocorra oferta contínua do produto durante o ano todo. Atualmente a Bahia é o maior produtor de feijão-caupi do país, representando cerca de 24,64% da produção total. Outros estados como o Mato Grosso, Tocantins, Ceará e Piauí também apresentam grandes produções (CONAB, 2025).

A produção de feijão-caupi em 2024/25 foi de aproximadamente 614 mil toneladas (t), com uma produtividade média de 488 kg/ha. A região Norte do Brasil é a terceira maior produtora, com produção de aproximadamente 111 mil t de grãos. No Amazonas a produção ainda é pequena se comparado a outros estados da região,

com uma produção estimada em 1,6 mil toneladas e produtividade de 731 kg/ha (CONAB, 2025).

Os países que mais produzem feijão-caupi são: Nigéria (mais de 4 milhões t), e Niger (mais de 2 milhões t) na África (FAOSTAT, 2024). A produção do caupi no Brasil é relativamente baixa, o que está relacionado dentre outros ao baixo nível tecnológico empregado no cultivo (Da Silva, 2024). Considerando que, à amplificação do cultivo na região central do país, que tem contribuído para o aumento da produtividade média do Brasil, ocorre principalmente devido a adoção de novas tecnologias que permitem a cultura expressar um maior seu potencial de produção (CONAB, 2025).

3.1.2. *Origem e classificação botânica*

O feijão-caupi, também é conhecido popularmente como feijão-macássa, feijão de corda, feijão-fradinho, feijão-gurutuba; feijão-catador; feijão de praia entre outros (Freire Filho *et al.*, 2017), tem origem sul africana, com domesticação posterior ocorrendo na África Oriental e Ocidental e Ásia (Horn; Nghituwamhata; Ueitele, 2022).

A introdução dos feijões no Brasil ocorreu durante a colonização portuguesa, na Bahia. Em 1568, já havia registros da produção de muitos tipos de feijões no país e, apesar de não haver precisão, indícios mostram que o caupi provavelmente era cultivado (Freire Filho *et al.*, 2011).

O feijão-caupi, pertence ao reino Plantae, divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolinae, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (Freire Filho *et al.*, 2005).

3.1.3. *Características morfológicas do feijão-caupi*

O feijão-caupi é uma planta herbácea, que pode medir até 4 metros de comprimento, apresenta uma haste principal ou caule que pode ser estriado, liso, conter pelos e pigmentos de cor roxa (Oliveira *et al.*, 2017). O hábito de crescimento, é dividido em crescimento determinado e indeterminado arbustivo; indeterminado com ramificação ereta aberta; e trepador (Vale; Bertini; Borém, 2017).

Segundo Rocha (2021), no crescimento determinado, o caule e os ramos laterais terminam em uma inflorescência, possuem um número limitado de nós e a

floração inicia do ápice para a parte basal da planta. No crescimento indeterminado a planta possui um caule principal e tem um crescimento contínuo, em uma sucessão de nós e entrenós, as flores crescem da base para a parte mais alta da planta.

De acordo com Freire Filho *et al.* (2005), o porte da planta pode ser dividido em quatro tipos:

- Ereto: a haste principal e os ramos secundários são curtos, mas, a haste principal é ereta e os ramos secundários desenvolvem-se em forma angular podendo variar de um ângulo reto à agudo em relação ao ramo principal, do terço médio da planta os ramos secundários são paralelos ao ramo principal.
- Semiereto: os ramos principais e auxiliares possuem tamanho que varia de curto à médio, o ramo central é ereto e as ramificações secundárias formam uma estrutura angular reta sobre o ramo principal, normalmente não tocam o solo.
- Semiprostrado: os ramos principais e secundários possuem tamanho mediano, a haste central é ereta e as ramificações auxiliares inferiores atingem o solo.
- Prostrado: as hastes principais e secundárias são alongadas, sendo que ambas possuem forma curvada tocando o solo durante quase todo o seu desenvolvimento.

O sistema radicular é do tipo pivotante, e pode chegar a atingir cerca 20 cm de comprimento, sendo que a maior parte da raiz é encontrada nos primeiros 10 cm do solo (Vieira; Donha, 2019).

A planta apresenta dois tipos de folhas: simples e compostas, sendo que as únicas folhas simples são as primárias (Vale; Bertini; Borém, 2017). Oliveira *et al.* (2017) descrevem que a folha composta possui três folíolos ligados por uma haste, contendo dois folíolos pequenos nas laterais de forma assimétricas (opostos) e um folíolo terminal simétrico com um pecíolo alongado, os folíolos podem ter a forma linear, lanceolada ou ovalada, apresentam diferentes tamanhos e coloração em tons verde.

De acordo com as descrições feitas por Vale, Bertini e Borém (2017), a inflorescência do feijão-caupi consiste em um eixo central que é formado por um racemo modificado, apresentando entre seis e oito pares de gemas florais; que podem

ser simples, contendo apenas uma inflorescência, ou composta, com mais de um conjunto de flores.

As flores do feijão-caupi, conforme Vale, Bertini e Borém (2017), são identificadas como perfeitas onde o pistilo e estame estão na mesma flor, zigomorfas e possuem distribuição em pares no racemo, no extremo do pedúnculo, região antecedente a formação da flor ou o fruto, que se desenvolve da parte axilar da folha. O cálice é pentâmero, persistente e gamossépalo, pode variar de totalmente verde a roxo. A corola é formada por cinco pétalas livres entre si. A maior pétala é identificada como de estandarte e fica na seção posterior da flor.

O fruto é uma vagem constituída por duas partes: uma camada superior e outra inferior. Podem apresentar formas variadas durante o período de colheita, com formato reto, arqueado ou recurvado. A extremidade final varia entre ser arqueada ou reta (Da Costa, 2023).

As vagens apresentam diversificação quanto a forma, cor, tamanho e quantia de sementes. Em relação a coloração, no ponto de colheita, o amarelo; rosado; roxo e rajado, são as cores que prevalecem. No entanto, a coloração pode ser uniforme ou não pois os frutos podem apresentar estrias de outra cor e diferenciar conforme o grau de maturação (vagem imatura, madura e completamente seca), podendo ser verde, verde com estrias vermelhas ou roxas, vermelha, roxa, amarela, amarela com estrias vermelhas ou roxas (Oliveira *et al.*, 2017; Da Costa, 2023).

As sementes de feijão-caupi são distribuídas de forma linear ao longo da vagem e diferem em tamanho, medindo entre 2 e 12 mm de comprimento e massa que varia de 5 a 30 gramas/100 sementes (Oliveira *et al.*, 2017). De acordo com Da Costa (2023), as sementes possuem na parte exterior: tegumento: capa externa da semente, responsável pela cor do grão, que varia muito conforme a cultivar; hilo: uma cicatriz deixada pelo funículo (conecta semente e placenta); halo: estrutura que circunda o hilo; e micrópila: abertura que permite a absorção de água. A parte interna da semente é formada pelo embrião que apresenta: hipocótilo: espaço entre a plúmula e a radícula; plúmula: gema que dá origem ao caule e as folhas; radícula: raiz do embrião que origina o sistema radicular; e cotilédone: folha embrionária com reservas para a germinação e desenvolvimento inicial da planta.

3.1.4. Ciclo de crescimento do feijão-caupi

O feijão-caupi é uma planta anual; completa seu ciclo produtivo dentro de um ano. O desenvolvimento dos seus estádios fenológicos varia muito conforme o genótipo, clima e outros fatores. Contudo, de forma geral, existem duas fases bem determinadas: a fase vegetativa e a fase reprodutiva.

Campos *et al.* (2000) determinaram nove fases (estádios) para a fase vegetativa (V1 a V9) e cinco fases para a parte reprodutiva (R1 a R5). Fase Vegetativa: V0 – Semeadura; V1 – Cotilédones emergidos na superfície do solo; V2 – Folhas unifolioladas completamente abertas, margens totalmente separadas; V3 – Primeira folha trifoliolada com os folíolos separados e abertos; V4 - Segunda folha trifoliolada, com folíolos estão completamente separados e abertos; V5 - Terceira folha trifoliolada com folíolos totalmente separados e abertos; V6 – Primórdios do ramo secundário surgem nas axilas das folhas unifolioladas, podendo ainda ser identificado nas axilas das primeiras folhas trifolioladas; V7 – Primeira folha do ramo secundário completamente aberta; V8 – Segunda folha do ramo secundário inteiramente aberta; V9 – Terceira folha do ramo secundário completamente aberta; Fase reprodutiva: R1 –os primórdios do botão floral surgem no ramo central, mas podem surgir nos ramos secundários; R2 – abertura floral primaria, normalmente do primeiro botão floral; R3 – maturação da primeira vagem inicial, geralmente é o resultado da primeira flor; R4 – 50 % vagens maduras na planta; R5 –90% das vagens estão maduras.

O ciclo de crescimento do feijão-caupi pode ser classificado em 6 tipos: ciclo superprecoce, a maturidade é atingida aos 60 dias em relação a sementeira; precoce, maturidade entre 61 e 70 dias; ciclo médio, entre 71 e 90 dias; ciclo médio-precoce, entre 71 a 80 dias; ciclo médio-tardio, entre 81 e 90 dias e no ciclo tardio a maturação é definida acima de 90 dias após a sementeira (Freire Filho *et al.*, 2005; Rocha, 2021).

3.1.5. Aspectos Edafoclimáticos e Ecofisiológicos da cultura

Em geral o feijão-caupi apresenta bom desempenho em condições pouco favoráveis sendo caracterizada com uma cultura rustica devido à sua boa tolerância a stress abióticos, como fotoperíodo, temperatura e a baixa exigência de insumos agrícolas, além de crescer em solos pobres e com baixo teor de matéria orgânica, apresentando ainda bastante tolerância as diversas condições de calor (Melo *et al.*, 2022).

De acordo com De Oliveira *et al.* (2019), no Brasil, para o bom desenvolvimento da planta de feijão-caupi, a temperatura do ambiente deve estar entre 18 °C a 34 °C. Pode ser cultivado em regiões tropicais de clima seco e regiões de trópico úmido e exige cerca de 300 mm anuais de precipitação, para não adotar a prática de irrigação.

Apesar de ser mais tolerante as condições de seca, o rendimento do feijoeiro pode é afetado pela condição hídrica do solo. Em todo o seu ciclo, as plantas necessitam de precipitação pluvial adequada a exigência da cultura. Observa-se que o estresse hídrico é mais prejudicial no período de florescimento do que no crescimento vegetativo. Independentemente da variação do estresse hídrico, cultivares de feijoeiro respondem diferentemente à redução de água no solo durante o período de floração (Fietz, *et al.*, 2018).

O manejo da produção do feijão-caupi é realizado, principalmente, por meio de práticas tradicionais. Como a cultura é frequentemente conduzida em pequenas propriedades com baixo nível tecnológico, há maior dificuldade no controle de pragas, doenças e, sobretudo, plantas daninhas, o que resulta na redução da produtividade (Tavares *et al.*, 2021).

No que diz respeito a produção de sementes, apesar da importância no rendimento de um cultivo, muitos agricultores não investem na qualidade das sementes utilizadas, é comum que ainda utilizem as chamadas as sementes de reserva, “reciclando” as sementes de feijão-caupi a cada produção. Contudo, essas sementes não apresentam boa qualidade, o que contribui para uma baixa produtividade da cultura (Njonjo *et al.*, 2019; Canuto *et al.*, 2020).

Apesar da importância da semente, na maioria das vezes, o produtor utiliza sementes que não foram produzidas em condições adequadas para o cultivo específico de sementes, resultando em sementes de baixa qualidade, que apresentam baixa pureza, baixa percentagem de germinação e vigor reduzido. Normalmente, o agricultor busca economizar nesse insumo, sem considerar que a semente interfere em mais de 50% do sucesso da atividade e representa menos de 5% do custo de produção contabilizados na conta cultural (Canuto *et al.*, 2020).

3.2. Fenologia

A fenologia é o estudo que aborda o crescimento dos vegetais e sua interação com as condições ambientais (Kluthcouski *et al.*, 2009), descrevendo a relação entre o ciclo de vida das plantas e a sazonalidade, na qual as diferenças na duração do dia, temperatura, precipitação e outros fatores, são os principais reguladores desses ciclos (Morellato, 2007).

Segundo Jing *et al.* (2003), a fenologia refere-se ao conjunto de fases do ciclo de desenvolvimento das plantas que respondem às variações das condições ambientais. Essas fases demonstram o comportamento das características adaptativas dos organismos vegetais, resultantes da interação entre os processos biológicos das plantas e os fatores ambientais.

A questão ambiental surge como um tema crítico com implicações para questões sociais e econômicas devido aos efeitos das alterações climáticas nos padrões fenológicos das espécies (Delmas *et al.*, 2024). Segundo Katal *et al.* (2022), a caracterização da fenologia vegetal tem ganhado cada vez mais atenção, pois a cronologia dos eventos fenológicos nas plantas é fortemente influenciada pelas variações climáticas sazonais e interanuais.

Na agricultura, os estudos relacionados à fenologia apresentam grande importância para o manejo das culturas, pois auxiliam no ajuste das práticas agrícolas, além de contribuírem para a definição de requisitos ecoclimáticos e para o zoneamento agrícola, uma vez que essas práticas dependem da identificação adequada dos estágios de desenvolvimento da cultura, que podem variar conforme a espécie cultivada (Nieto *et al.*, 2021; Potgieter *et al.*, 2021).

Além disso, os estudos fenológicos auxiliam na previsão dos momentos mais adequados para a colheita, permitindo identificar as fases mais críticas do desenvolvimento das culturas, principalmente em condições ambientais desfavoráveis ou na ocorrência de estresses bióticos e abióticos. Essas informações contribuem para a formulação das práticas agrícolas e para a estimativa do rendimento das culturas, por colaborar na caracterização do crescimento e produção ao longo do ciclo da planta (Zhang *et al.*, 2015; Câmara *et al.*, 2018; Nieto *et al.*, 2021).

Nas plantas, a caracterização dos estádios fenológicos envolve a descrição das fases vegetativas e reprodutivas ao longo do ciclo de desenvolvimento. Em geral, são consideradas as etapas que compreendem os processos desde a germinação e

emergência, crescimento vegetativo, até as fases reprodutivas, como florescimento, frutificação, formação de sementes e maturação (Meier *et al.*, 2009; Oliveira *et al.*, 2018). Em geral, a identificação dos estádios ocorre por meio da observação de mudanças em órgãos como botões, flores, frutos e folhas, que permitem determinar o ciclo de crescimento da planta (Li *et al.*, 2024).

Com o objetivo de padronizar a descrição das mudanças ao longo do crescimento das plantas, os estádios fenológicos podem ser caracterizados por meio de escalas padronizadas, como a escala Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt e Chemische Industrie (BBCH), que em síntese, constitui um sistema unificado de codificação para descrever estágios fenológicos semelhantes em plantas monocotiledôneas e eudicotiledôneas (Hack *et al.*, 1992; Meier *et al.*, 2009; Qian *et al.*, 2023).

A escala BBCH serve como base para o desenvolvimento de escalas específicas para diferentes espécies vegetais, podendo também ser aplicada a espécies que ainda não possuem uma escala própria. Nesse sistema, fases fenológicas semelhantes recebem o mesmo código, acompanhado de descrições e, em alguns casos, ilustrações. Para a descrição dos estágios de desenvolvimento fenológico, são utilizadas características morfológicas (externas) claras e facilmente reconhecíveis (Meier *et al.*, 2009; Qian *et al.*, 2023; Wan *et al.*, 2025).

Estudos sobre a fenologia de diferentes espécies mostram que os eventos fenológicos estão relacionados, dentre outros fatores, principalmente as questões ambientais, podendo sua ocorrência e intensidade variar conforme a localização e as condições ambientais de cada região. Esses fatores exercem influência direta sobre o desenvolvimento das plantas, afetando o comportamento dos estádios fenológicos e sua duração ao longo do ciclo (Wan *et al.*, 2025).

Em culturas anuais, os efeitos tendem a ser mais variáveis, visto que, além das condições ambientais, as mudanças fenológicas também estão associadas às práticas de manejo adotadas no sistema produtivo, como a definição da época de semeadura, a escolha de cultivares e as técnicas de cultivo utilizadas (Rezaei *et al.*, 2018; Maphosa *et al.*, 2023; Mir *et al.*, 2024).

3.3. Maturação das sementes

A maturação das sementes é um processo formado por alterações morfológicas, físicas e fisiológicas, desde o momento em que o óvulo é fecundado até ponto de maturidade fisiológica (Mata *et al.*, 2013). De acordo com Popinigis (1985), o ponto é alcançado quando as sementes apresentam valores máximos de massa seca, poder germinativo e vigor.

Segundo Marcos-Filho (2015), o ápice da maturidade fisiológica pode ser determinado como o momento em que as sementes passam a expressar o máximo poder de germinação e vigor, o que regularmente coincide com o maior acúmulo de matéria seca. Durante esse período, a planta cessa a translocação de fotossintetizados e, posteriormente, ocorrem alterações fisiológicas que resultam na secagem das sementes.

Em tecnologia de sementes, o estudo da maturação é feito com o objetivo de se determinar o período ideal de colheita, visando a produção e qualidade das sementes (Fonseca *et al.*, 2005). Estudar a maturação das sementes de uma espécie permite compreender melhor suas características reprodutivas, o que é fundamental para a obtenção de sementes com alta qualidade (Dias; Nascimento, 2009).

A determinação da maturidade fisiológica da semente e do período ideal para a colheita, proporcionam a preservação da qualidade física e fisiológica da semente após a retirada do campo (Medeiros *et al.*, 2010). Os critérios que possibilitam relacionar o desenvolvimento fisiológico da semente às características físicas dos frutos, como aparência de forma geral, ajudam a estimar o momento mais adequado para a colheita, fazendo com que esta coincida com o ponto de maturidade fisiológica (Bewley *et al.*, 2013; Marcos-Filho, 2015).

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), a determinação do momento ideal da colheita é fundamental para a obtenção de lotes de sementes com alta qualidade fisiológica. O período ideal para a colheita de sementes seria na maturidade fisiológica, ou seja, logo após o desligamento fisiológico da planta-mãe; e a partir desse momento, não ocorrem acréscimos significativos na massa seca das sementes (Terasawa *et al.*, 2009).

Encontrar o momento exato da colheita é um processo complexo, porém essencial. Shaheb *et al.* (2015) comentam que a colheita prematura leva a obtenção de sementes mal-formadas, com baixo vigor e menor capacidade de armazenamento.

Contudo, quando as sementes atingem o ponto de maturação e permanecem no campo, essas podem ter a qualidade influenciada negativamente devido à exposição a condições, muitas vezes, desfavoráveis do ambiente a intensa respiração das sementes (Terasawa *et al.*, 2009). A maturação pode variar de acordo com a espécie e ambiente, o que evidencia a necessidade de definir indicadores para a escolha da época mais adequada da colheita (Carvalho; Nakagawa, 2012).

Como as características alteradas durante a maturação geralmente estão associadas ao tamanho dos frutos e sementes, matéria seca e umidade, além da capacidade de germinação e vigor (Carvalho; Nakagawa, 2012), parâmetros como cor, tamanho, teor de água, conteúdo da massa seca, poder de germinação e vigor, frequentemente são utilizados como indicadores do ponto de maturidade fisiológica das sementes (Mata *et al.*, 2013). O teor de água das sementes, também pode ser considerado um bom índice para predizer seu ponto de maturidade fisiológica, tendo em vista que valores menores geralmente são atingidos quando as sementes apresentam o máximo poder germinativo (Carvalho; Nakagawa, 2012; Mata *et al.*, 2013).

3.4. Análise de crescimento

Crescimento e desenvolvimento vegetal são processos distintos que podem ocorrer de forma simultânea, ou não, ao longo do ciclo da cultura. O crescimento está relacionado principalmente ao aumento das dimensões físicas da planta. Já o desenvolvimento é caracterizado pelo crescimento e por mudanças na forma da planta, as quais ocorrem por meios de padrões sensíveis de diferenciação celular e morfogênese (Streck *et al.*, 2006; Peixoto *et al.*, 2011).

O termo crescimento, muitas vezes é condicionado apenas aos processos de divisão e alongamento celular. Entretanto, crescer não significa, necessariamente, aumento de tamanho, em alguns organismos ocorre a utilização de materiais de reservas para produzir novas células, havendo multiplicação celular sem aumento de tamanho (Peixoto *et al.*, 2016). O ciclo do desenvolvimento das plantas, em geral, divide-se em duas fases. A primeira, fase vegetativa, inicia-se com a germinação da semente indo até a planta adulta. A segunda, fase reprodutiva, vai do início da floração até a formação dos frutos e sementes, sendo cada fase marcada por transformações morfológicas e fisiológicas específicas (Streck *et al.*, 2006; Walter *et al.*, 2009).

A análise de crescimento faz parte dos estudos da fisiologia vegetal, em que são utilizadas fórmulas e modelos matemáticos para avaliar o crescimento das plantas conforme o tempo (Benincasa, 2004). O termo análise de crescimento de plantas refere-se a métodos quantitativos que descrevem o desempenho sistemático das plantas, cultivadas em condições naturais, seminaturais ou controladas (Pommerening; Muszta, 2016; Hunt *et al.*, 2002).

O estudo do crescimento das plantas fornece uma abordagem explicativa, holística e integradora para interpretar o processo de desenvolvimento e formação de biomassa ao longo do tempo. A análise utiliza dados primários, como massa, área, volume e conteúdo das plantas ou de seus componentes, para descrever o comportamento que envolve a planta inteira ou uma população de plantas (Hunt *et al.*, 2002; Tsakalidimi *et al.*, 2013).

No âmbito agrônomo, a análise de crescimento está diretamente relacionada à determinação da qualidade e desempenho. Em conjunto com a avaliação morfofisiológica, os parâmetros de crescimento são considerados bons indicadores para auxiliar na previsão da produtividade e qualidade das plantas. Além disso, essas informações contribuem para reduzir a variabilidade do rendimento dentro do campo, fator que influencia diretamente a produção agrícola e as decisões de manejo (Gallegos-Cedillo *et al.*, 2021; He *et al.*, 2024).

Na análise de crescimento, são utilizados diferentes tipos de medidas, sejam elas: lineares (altura de planta, comprimento e diâmetro de caule, comprimento e largura de órgãos); superficiais volumétricas, massa e número de unidades estruturais (contagem de unidades estruturais morfológicas ou anatômicas como folhas, flores, raízes, frutos, estômatos, entre outros) (Peixoto *et al.*, 2016).

Com o objetivo de compreender a complexidade do crescimento vegetal, as medições realizadas ao longo do ciclo da cultura, são posteriormente analisadas através de fórmulas matemáticas ou representações gráficas. Para isso, podem ser utilizadas diferentes funções, equações ou programas estatísticos. O processo reduz as oscilações naturais dos dados e permite avaliar a tendência de crescimento em função dos tratamentos (Poorter, 1989; Benincasa, 2004; Peixoto *et al.*, 2016).

Dentre os índices de crescimento vegetal, a taxa de crescimento absoluto (TCA) fornece uma estimativa da velocidade média de crescimento ao do tempo, dada

por $TCA = (W_2 - W_1) / (T_2 - T_1)$ onde, W_1 e W_2 é a variação das medidas consecutivas tomadas nos tempos T_1 e T_2 , dessa forma, determina a variação ou incremento entre duas amostras ao longo do período de observação (Aguilera *et al.*, 2004; Benincasa, 2004; Peixoto *et al.*, 2016).

Entre outras finalidades, os resultados da avaliação das taxas de crescimento absoluto são importantes para o planejamento e realização de forma eficiente do controle de plantas daninhas, adubação, irrigação e demais atividades agrícolas, além de auxiliar na determinação do momento correto da colheita (Silva *et al.*, 2017)

Outro índice é a taxa de crescimento relativo (TCR) que expressa o incremento de uma variável em relação ao seu valor inicial, por unidade de tempo, determinada para valores médios, utiliza-se: $TCR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (T_2 - T_1)$, onde $\ln$ representa o logaritmo neperiano, e W_1 e W_2 correspondem aos valores da variável nos tempos T_1 e T_2 , respectivamente. Em análises que requerem valores instantâneos, utiliza-se a expressão: $TCR = (1/W_t) \cdot (dW/dt)$, em que W_t representa o valor da variável no tempo t , e dW/dt corresponde à taxa de variação dessa variável ao longo do tempo (Aguilera *et al.*, 2004; Benincasa, 2004; Peixoto *et al.*, 2016).

A utilização da análise de crescimento para avaliar o crescimento e desenvolvimento das sementes são escassos na literatura. Além disso, os estudos estão relacionados com a partição de assimilados e a relação fonte e dreno na taxa de crescimento das sementes, em plantas submetidas a estresse induzidos, como os trabalhos de Munier-Jolain *et al.* (1998) e Munier-Jolain; Ney (1998). No entanto, Mendes; Figueiredo; Silva (2005) utilizaram a análise de crescimento para avaliar o crescimento e a maturação das sementes de urucum (*Bixa orellana* L.) e obtiveram resultados que determinou, o ponto de maturidade fisiológica e qualidade das sementes durante o processo de maturação.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de implantação do cultivo e manejo

O experimento foi instalado em Manaus – AM, na Área Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas (FCA/UFAM) nas coordenadas 3°10' S e 59°97' W, em uma área de 180 m². A região possui clima do tipo Afi, pertencendo ao grupo de clima tropical chuvoso, segundo Köppen. O solo da área foi classificado como Argissolo, com textura argilo arenosa.

A área experimental possui histórico de outros cultivos, como milho, pimenta e feijão em sistema de sucessão de culturas ao longo de anos. Nesse período, foram realizadas práticas de manejo como calagem, adubação e tratamentos culturais, incluindo limpeza da área e controle de plantas daninhas, mantendo a qualidade do solo.

A pesquisa foi realizada entre setembro de 2025 e fevereiro de 2026, período que compreende o verão e o inverno amazônico. De acordo com Silva (2022), o “verão amazônico” é a estação seca, que ocorre entre junho e novembro e o “inverno amazônico” é a estação chuvosa, que segue de dezembro até maio.

O preparo da área foi iniciado com a análise físico-química do solo, para a qual foram coletadas amostras na camada de 0 a 20 cm de profundidade. O material foi analisado pelo Laboratório Qualita Agroambiental – Ji-Paraná/RO, e apresentou as seguintes características químicas (Quadro 1).

Quadro 1. Análise química e granulométrica do solo da área do experimento, Área Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) Universidade Federal do Amazonas (UFAM) em Manaus/AM, 2025.

pH		P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V
CaCl ₂	H ₂ O	mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³						%
5,180	5,750	8,515	25,450	1,666	0,477	2,983	0,083	2,208	5,192	42
Granulometria (%)										
Areia total		Silte		Argila		Classe textural				
45,5		9,5		45		Argilo arenosa				

Fonte: Laboratório Qualita Agroambiental (2025).

Após a limpeza do local e com base nos resultados da análise do solo, foi realizada a calagem e adubação na área experimental. Para corrigir a acidez do solo foram aplicados 460 kg/ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 90) em área total, 30 dias antes do plantio.

A adubação foi realizada com a aplicação de 714 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato simples, e 33 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio, em outubro de 2025. A adubação nitrogenada consistiu na aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia, em cobertura, 15 dias após a emergência das plantas, em novembro de 2025. As doses foram definidas conforme as recomendações técnicas para o manejo convencional do feijão-caupi no estado do Amazonas, descritas por Oliveira *et al.* (2019).

4.2. Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em uma área de 180 m², em delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas no tempo, sendo as variedades alocadas nas parcelas e as épocas de avaliação nas subparcelas. Foram utilizadas três variedades de feijão-caupi – Manteiguinha, Fígado-de-galinha e Filipinho – com cinco repetições por tratamento, totalizando 15 parcelas experimentais. Cada parcela foi composta por uma linha de 5 metros de comprimento, com espaçamento de 1,20 m entre linhas. O estande adotado foi de cinco plantas por metro linear e, após o desbaste realizado aos 10 dias após a emergência, manteve-se uma planta por cova, resultando em 375 plantas avaliadas, sendo 125 por variedade. A área experimental contou ainda com linhas de bordadura nas laterais, com o objetivo de minimizar efeitos de borda, não sendo essas incluídas nas avaliações.

4.3. Procedência das sementes

Os primeiros lotes de sementes das variedades de feijão-caupi foram adquiridos de produtores da Comunidade Nossa Senhora das Graças, em Manacapuru, AM. Em razão da quantidade reduzida de sementes disponíveis, o material foi multiplicado no primeiro semestre de 2025, na Fazenda Experimental da UFAM (FAEXP) (02° 38' 57,6" S e 60° 03' 11" W), localizada no km 38 da rodovia BR-174, que apresenta clima do tipo Afi segundo Köppen; com área de solo de terra firme classificada entre os Latossolos Amarelo Distrófico conforme estabelecido no

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2011). Os lotes produzidos foram armazenados em câmara fria (15 °C), no Laboratório de Sementes I da FCA.

4.4. Estudo fenológico das três variedades de feijão-caupi

Após o desbaste, foram marcadas 5 plantas ao acaso em cada parcela experimental, para a realização das observações constantes durante todo o crescimento.

A identificação dos estádios fenológicos das variedades de feijão-caupi foi realizada com base na caracterização proposta para o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) por Laing *et al.* (1984), com adaptações para a cultura do feijão-caupi. As avaliações foram conduzidas por meio de uma escala fenológica com notas, elaborada com base na escala BBCH (Hack *et al.*, 1992), nas descrições de Laing *et al.* (1984) e Braga (2020).

Os estádios fenológicos avaliados compreenderam as fases vegetativa e reprodutiva. As notas utilizadas para a caracterização foram: (0) germinação; (1) emergência – 50% dos cotilédones fora do solo; (2) folhas primárias expandidas; (3) primeira folha trifoliolada com folíolos expandidos; (4) terceira folha trifoliolada com folíolos expandidos; (5) pré-floração – emissão do primeiro botão floral; (6) floração – primeira flor abertura; (7) formação dos legumes – primeira vagem com a corola despreendida; (8) enchimento dos legumes; e (9) maturação das vagens – vagens em processo de descoloração até secagem completa (Angelotti *et al.*, 2020; Braga, 2020).

A partir da emissão do primeiro botão floral, realizou-se o monitoramento diário do número de botões e flores em antese nas plantas marcadas em cada unidade experimental. Com base nessas informações, foram estimados o florescimento máximo, definido pela quantidade máxima de flores abertas, em um único dia e a taxa de florescimento, obtida pela razão entre o número total de flores em antese em uma planta e o período de avaliação, conforme proposto por Dafni (1992). Também foi determinado o número de dias entre a emergência e o florescimento máximo, em todas as variedades (DEF_{máx}).

As avaliações fenológicas foram expressas em proporção, considerando as cinco plantas avaliadas por parcela, dessa forma, que cada planta representou 0,2

unidade. A mudança de fases foi registrada quando a maioria das plantas (0,6 ou mais) atingiu o próximo estágio.

4.5. Procedimentos da amostragem para determinação do ponto de maturidade das sementes

No período de máxima floração, que ocorreu aos 48 dias após a semeadura, foram marcadas aproximadamente 400 flores por variedade com o auxílio de linha branca. As coletas das vagens foram realizadas até o ponto de colheita em campo, fase em que as vagens apresentavam coloração marrom-amarelada (cor de palha), indicando o início da senescência e o aumento da dessecação das vagens e sementes (Michelangeli *et al.*, 2013).

Dessa forma, a primeira colheita foi realizada aos 10 dias após a antese (DAA), uma vez que frutos de feijão-caupi coletados precocemente apresentam reduzido desenvolvimento das sementes, dificultando sua retirada das vagens sem causar danos, além de não apresentarem condições adequadas para a realização dos testes de qualidade fisiológica (De Oliveira; Morais, 2017, 2019). Posteriormente, foram realizadas mais seis colheitas com intervalos de dois dias, correspondendo a: 12, 14, 16, 18, 20 e 22 DAA.

Em cada avaliação, foram coletadas 10 vagens por parcela. Ao longo de todo o período experimental, foram avaliadas 350 vagens por variedade, totalizando 1.050 vagens nas três variedades estudadas.

4.6. Características avaliadas

A maturidade fisiológica das sementes foi determinada com base na análise conjunta do desenvolvimento biométrico das vagens e sementes, do acúmulo de matéria seca, do grau de umidade das sementes e da evolução da germinação e vigor ao longo das avaliações.

4.6.1 Biometria das vagens

As dimensões e a massa da matéria fresca das vagens foram avaliados a partir de 10 vagens, em cada coleta por parcela no Laboratório de Tecnologia de Sementes da FCA. Foram mensurados o comprimento e o diâmetro em milímetros, por meio de um paquímetro digital de precisão (0,01 mm); a massa da matéria fresca em balança analítica de precisão (0,001 g).

4.6.2 Biometria das sementes

Das vagens utilizadas anteriormente na avaliação biométrica, de cada parcela, foram retiradas 30 sementes, obtidas ao acaso, para a realização das análises biométricas e obtenção da massa da matéria fresca.

A biometria das sementes foi realizada através do sistema de captura e processamento de imagens do Scanner Groundeye®, que possibilitou a obtenção dos seguintes dados: comprimento, largura e área em milímetros – com análise estatística descritiva de máxima, mínima, média e desvio padrão. A massa da matéria fresca foi determinada com uso de balança analítica de precisão (0,001 g).

4.6.3 Matéria seca do pericarpo e sementes

Os pericarpos das 10 vagens avaliadas anteriormente na biometria foram colocados em estufa com ventilação forçada a 75 °C, até atingirem massa constante. A massa da matéria seca foi obtida com o uso de uma balança analítica de precisão (0,001 g).

A obtenção da matéria seca das sementes foi realizada a partir das 30 sementes avaliadas na biometria e nas mesmas condições da obtenção da matéria seca do pericarpo. Porém, antes de colocar as sementes para secar, também foi realizado a massa da matéria fresca para a avaliação do grau de umidade das sementes recém coletadas. A massa da matéria fresca e seca foi determinado com uso de balança analítica de precisão (0,001 g).

4.6.4 Viabilidade e vigor das sementes

Teste de germinação – das sementes restantes advindas das vagens analisadas, foram separadas e colocadas para secar na bancada do laboratório em temperatura e umidade relativa do ar médias de 22 °C e 60%, respectivamente, por dois dias. Após a secagem natural, foi realizado o teste de germinação utilizando 80 sementes por tratamento, divididas em quatro repetições de 20; em rolo de papel germitest, umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do papel não hidratado. Os rolos foram colocados em câmara de germinação, regulada na temperatura constante de 30 °C e fotoperíodo de 12h. O processo foi repetido em todas as unidades experimentais, e em todas as sete coletas. As avaliações

ocorreram ao 5º e 8º dia após a semeadura, de acordo com as especificações das Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2025) para a espécie.

Teste de vigor – o vigor das sementes foi avaliado pela primeira contagem do teste de germinação, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais, considerado a porcentagem de germinação ao 5º dia após a semeadura de acordo com Brasil (2025).

4.6.5 *Grau de umidade*

O grau de umidade das sementes em campo foi determinado utilizando as mesmas 30 sementes avaliadas na biometria. Após as avaliações biométricas, as sementes foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g para obtenção do peso fresco e, posteriormente, submetidas à secagem em estufa a 75 °C até peso constante, para determinação do peso seco e da matéria seca das sementes. A partir da relação entre peso fresco e peso seco, foi determinado o grau de umidade das sementes em campo.

Para o grau de umidade das sementes utilizadas para o teste de germinação, antes da semeadura foram retiradas aleatoriamente 10 sementes de cada amostra, divididas em duas subamostras de cinco sementes. O grau de umidade foi determinado pelo método da estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas. Após esse período, as amostras foram mantidas em dessecador por 15 minutos e posteriormente pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g. A determinação foi realizada em base úmida, conforme as Regras para Análise de Sementes – RAS (Brasil, 2025), sendo o procedimento repetido em todos os tratamentos e épocas de coleta.

4.7 **Análises estatísticas**

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias, atendendo aos pressupostos da análise de variância. Posteriormente, realizou-se a análise de variância (ANOVA) em delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas no tempo, considerando as variedades nas parcelas e as épocas de avaliação nas subparcelas.

Quando observada interação significativa, os efeitos foram desdobrados conforme o objetivo de cada variável: germinação e vigor foram analisados em função das épocas dentro de cada variedade, enquanto as demais variáveis foram

comparadas entre variedades em cada época de avaliação. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, e o comportamento das variáveis ao longo do tempo foi descrito por análise de regressão.

Os dados do comprimento, diâmetro das vagens e matéria seca do pericarpo foram ajustadas à equação logística sigmoidal de três parâmetros onde $y = a / (1 + e^{-(x - x_0) / b})$. Os dados da massa das vagens, comprimento e largura das sementes foram ajustados a equações de segundo grau. A massa fresca das sementes não apresentou ajuste a nenhum dos modelos matemáticos testados. Para a matéria seca das sementes, os dados foram ajustados à equação do modelo de Gompertz onde $y = ae^{(-be^{-c(x-m)})}$ (Bem *et al.*, 2017; Pezzini *et al.*, 2019).

Nos modelos ajustados, **x** corresponde aos dias após a antese, enquanto **a**, **b**, **c**, e **m** representam constantes de ajustamento. No modelo logístico, **a** mostra a estimativa assintótica superior. No modelo exponencial decrescente, **a** representa o valor assintótico inferior. No modelo de Gompertz, **a** é a assíntota superior, **m** o ponto de inflexão e **b** e **c** constantes do deslocamento e à taxa de variação da curva.

As taxas de crescimento foram obtidas por meio da derivação das equações ajustadas em função do tempo. A taxa de crescimento absoluto (TCA) foi determinada como a primeira derivada da função (dy/dt), onde (**y**) significa o valor estimado da variável e (**t**) o tempo. A taxa de crescimento relativo (TCR) foi calculada pela razão entre a derivada primeira da equação e o valor estimado da variável no mesmo instante: $(1/y) \cdot (dy/dt)$. O ponto de inflexão (PI) da curva de crescimento foi obtido através da segunda derivada da equação ajustada em relação ao tempo: $d^2y/dt^2=0$.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Estudo fenológico das três variedades locais de feijão-caupi

O ciclo do desenvolvimento das plantas, em geral, divide-se em duas fases. A primeira, fase vegetativa, inicia-se com a germinação da semente e se estende até a formação completa da estrutura vegetativa da planta. A segunda, fase reprodutiva, compreende o período entre o início da floração e a formação dos frutos e sementes, sendo ambas marcadas por alterações morfológicas e fisiológicas específicas (Streck *et al.*, 2006; Walter *et al.*, 2009).

No feijão-caupi, a fase vegetativa inicia com a germinação da semente e se estende até o surgimento e completa expansão da terceira folha trifoliolada. Após a emergência dos cotilédones, ocorre o desenvolvimento das folhas primárias (Figura 1-2), que, quando completamente expandidas, permanecem em posição horizontal (Figura 1-3). Essa fase encerra-se com a abertura da primeira folha trifoliolada (Figura 1-4), seguida pela emissão progressiva de novas folhas compostas. Essas características foram semelhantes as descritas por Oliveira *et al.* (2018) para o feijão comum (*Phaseolus vulgaris*). Os estádios iniciais do crescimento vegetal, são fundamentais para o desenvolvimento de uma cultura, a arquitetura da planta e o índice de área foliar estão diretamente relacionados à produtividade das culturas (Taiz *et al.*, 2017; Coast *et al.*, 2021; Kumagai *et al.*, 2022; Ren *et al.*, 2022).

As avaliações fenológicas demonstraram comportamento semelhante entre as variedades estudadas quanto à duração das fenofases (Figura 2). A variedade Filipinho apresentou duração média da fase vegetativa de aproximadamente 23 dias, enquanto Manteiguinha e Fígado-de-galinha apresentaram médias de 24 e 25 dias, respectivamente. Silva *et al.* (2017) observaram maior variação entre genótipos de feijão-caupi, com períodos vegetativos entre 12 e 26 dias.

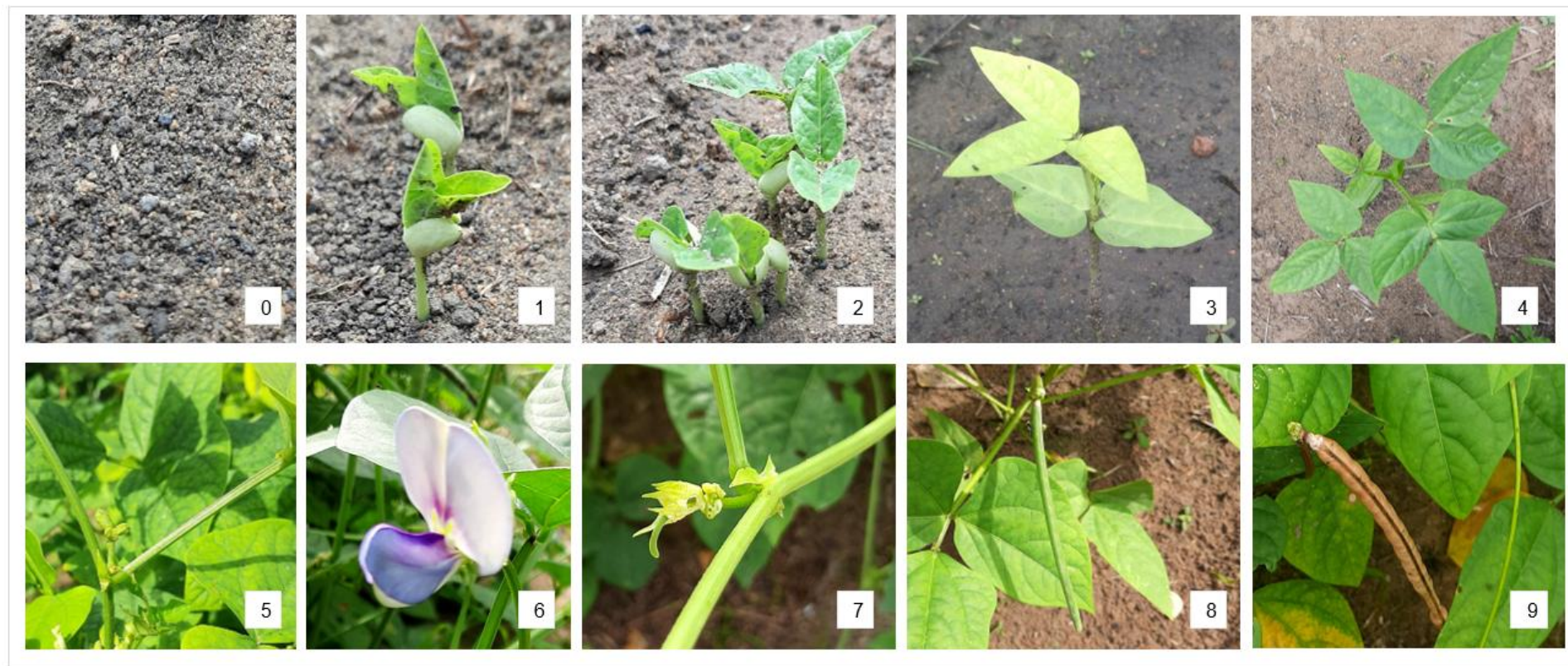


Figura 1: Escala de notas para desenvolvimento fenológico de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). (0) germinação; (1) emergência; (2) folhas primárias; (3) primeira folha trifoliolada; (4) terceira folha trifoliolada; (5) pré-floração; (6) floração; (7) formação de legumes; (8) enchimento dos legumes; (9) maturação das vagens; (C) colheita, em Manaus/AM.

A transição entre os estádios iniciais ocorreu em intervalos próximos entre as variedades. A passagem do estágio de germinação para emergência ocorreu, em média, em dois dias para Filipinho e Fígado-de-galinha, e em três dias para Manteiguinha (Figura 2). Entre a emergência e o surgimento das primeiras folhas, a duração média foi de um dia para todas as variedades. Essas características se assemelham ao descrito para o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*), em que a emergência ocorre quando aproximadamente 50% dos cotilédones tornam-se visíveis e se inicia a abertura das folhas primárias (Oliveira *et al.*, 2018).

Os estádios correspondentes às notas 2, 3 e 4 também apresentaram duração semelhante entre as variedades avaliadas. No estágio 2, o período médio foi de aproximadamente seis dias para todas as variedades. No estágio 3, Filipinho e Manteiguinha apresentaram duração média de seis dias, enquanto Fígado-de-galinha apresentou média de sete dias. Já o estágio 4, correspondente ao final da fase vegetativa e início da fase reprodutiva, apresentou duração próxima entre as variedades (Figura 2).

Na fase de reprodução do feijão-caupi (5 -9), a duração média entre os estádios foi próxima entre as variedades, sendo um pouco menor em Fígado-de-galinha (47 dias), seguida por Filipinho (48 dias) e Manteiguinha (50 dias) (Figura 2). Silva *et al.* (2017) descreveram para essa fase uma variação de 40 e 45 dias entre genótipos de feijão-caupi cultivados no Submédio do Vale do São Francisco.

O estágio correspondente a nota 5 teve início com a identificação dos primeiros botões florais, estendendo-se até a abertura das flores. A duração dessa fenofase (Figura 2) foi maior na variedade Manteiguinha (19 dias) e menor em Fígado-de-galinha (16 dias). A transição entre a abertura da primeira flor (nota 6) e formação da primeira vagem (nota 7) (Figura 2) ocorreu de forma semelhante em todas as variedades, com duração média aproximada de dois dias. Resultados semelhantes foram encontrados por Angelotti *et al.* (2020), que observaram a transição entre as fases variando entre 2 e 3 dias, para a maioria dos genótipos de feijão-caupi.

De acordo com Rocha *et al.* (2007) a abertura (antese) da flor de feijão-caupi é gradual, com duração aproximada entre 2 e 6 horas. Esses autores observaram que em dias nublados, as flores abrem-se mais tarde, podendo até mesmo permanecer

fechadas. Esse aspecto foi observado neste estudo, pois no período de floração estava na transição para o período chuvoso com dias nublados.

No estágio observado na nota 7, Manteiguinha apresentou o maior período de duração, com média de nove dias, seguida por Fígado-de-galinha, com oito dias, e Filipinho, com seis dias. Dessa forma, observou-se que a variedade Manteiguinha permaneceu por mais tempo no período de formação inicial das vagens. Esse estágio iniciou quando, as flores fecundadas, murcharam as pétalas e ocorreu a formação das primeiras vagens (canivetes). Após a fertilização, há um período de formação da estrutura da semente, mediante a divisão, expansão e diferenciação celulares (Marcos-Filho, 2015). O crescimento é longitudinal e finaliza quando a vagem começa o processo de enchimento (Santos e Gavilanes, 2006; Oliveira *et al.*, 2018).

Na fase identificada pela nota 8 (Figura 2), Filipinho apresentou tempo médio de treze dias, enquanto Manteiguinha foi dez dias e Fígado-de-galinha nove dias. O maior tempo de Filipinho, indica que a variedade permaneceu mais tempo na fase de enchimento das vagens, em comparação às demais. Essa fase inicia com o enchimento dos grãos, acompanhado pelo aumento do volume das vagens, enquanto o teor de umidade permanece constante e elevado, mas que passa a decrescer à medida que as sementes acumulam reservas (Marcos-Filho, 2015; Oliveira *et al.*, 2018).

Quanto ao estágio final (nota 9), a variedade Fígado-de-galinha apresentou maior duração, com aproximadamente doze dias. As variedades Filipinho e Manteiguinha apresentaram comportamento semelhante, com média de dez dias. Nesse último estágio, ocorreu a alteração da coloração das vagens, caracterizada pela perda da coloração verde (Figura 1-9). Nessa fase, o teor de água nas sementes é significativamente menor em comparação ao estágio anterior, indicando avanço no processo de maturação, em que se observa a interrupção do acúmulo de matéria seca nas sementes, marcando o término do desenvolvimento fisiológico das sementes (Fancelli, 2009; Oliveira *et al.*, 2018; Angelotti *et al.*, 2020).

Considerando o ciclo completo, Filipinho apresentou a menor duração, com 71 dias, seguida por Fígado-de-galinha, com 72 dias, e Manteiguinha, com 74 dias. Resultados semelhantes foram descritos por Silva *et al.* (2017) que observaram variação de 67 a 74 dias no ciclo total em cultivares de feijão-caupi, cultivadas no

Submédio do Vale do São Francisco. Período maior foi observado por Braga (2020), de 64 e 90 dias para diferentes genótipos de feijão-caupi, evidenciando que a duração do ciclo pode variar consideravelmente dentro da espécie.

De maneira geral, a duração das fases vegetativa e reprodutiva foi semelhante entre as variedades, com diferença máxima de 4 dias no ciclo total. Embora tenham apresentado pequenas variações na duração de alguns estádios específicos, principalmente em R8, essas diferenças não alteraram o tempo total do ciclo. Assim, o desenvolvimento fenológico completo foi relativamente próximo entre as três variedades avaliadas (Figura 2).

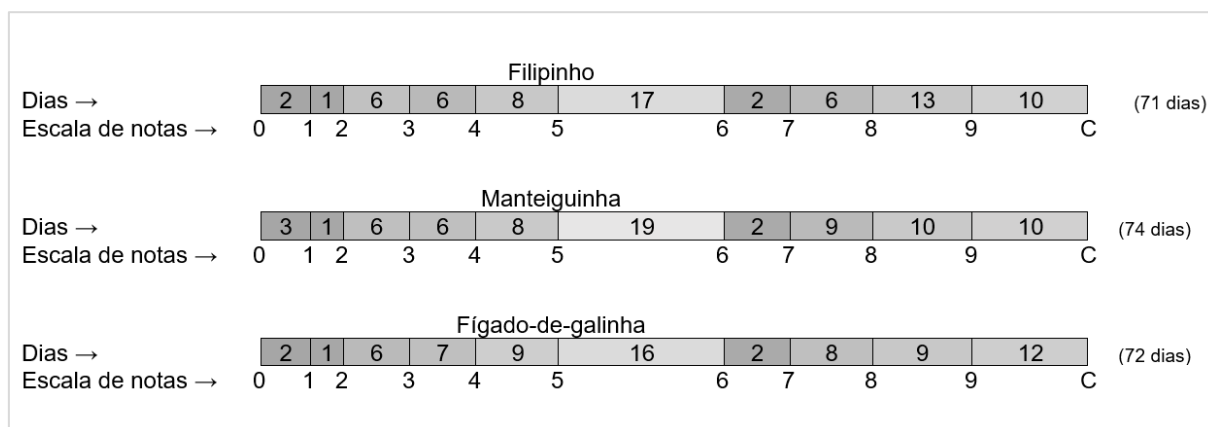


Figura 2. Duração média das fases fenológicas de três variedades de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), com base na escala de notas, para o período de novembro de 2025 a fevereiro de 2026. Manaus/AM. (0) germinação; (1) emergência; (2) folhas primárias; (3) primeira folha trifoliolada; (4) terceira folha trifoliolada; (5) pré-floração; (6) floração; (7) formação de legumes; (8) enchimento dos legumes; (9) maturação das vagens; (C) colheita.

Na avaliação do florescimento máximo em um único dia, a maior quantidade média de flores abertas foi encontrada na variedade Filipinho (5,6 flores), seguida por Fígado-de-galinha (5,3 flores) e Manteiguinha (4,4 flores) (Tabela 1). Picos estes, no limite inferior aos descrito por Braga (2020), para o pico de florescimento nos genótipos de feijão-caupi, que variou entre 5 e 11 flores.

A média do número total de flores abertas no dia de florescimento máximo também foi determinada para cada variedade (florescimento máximo total), sendo maior em Filipinho (28,4 flores) e Fígado-de-galinha (26,2 flores) e menor em Manteiguinha (22,2 flores) (Tabela 1).

O valor médio da taxa de florescimento foi semelhante entre as variedades, sendo relativamente maior em Filipinho ($1,6 \text{ flores.dia}^{-1}$). Valores semelhantes foram observados em genótipos de feijão-comum e feijão-caupi, nos quais a taxa de florescimento variou entre $1,17$ e $1,82 \text{ flores dia}^{-1}$ nas plantas do gênero *Phaseolus* e nos materiais do gênero *Vigna*, as taxas de florescimento variaram entre $0,45$ e $1,18 \text{ flores dia}^{-1}$ (Braga, 2020).

O tempo até o florescimento pleno é determinado, dentre outros fatores, por condições ambientais, como temperatura e fotoperíodo, sendo resultado de um processo gradual de desenvolvimento da planta. O período de floração no feijão-caupi não ocorreu de maneira instantânea, mas distribuída ao longo do tempo, como também observado por Ellis *et al.* (1994), Craufurd *et al.* (1997) e Ishiyaku *et al.* (2005), podendo variar muito conforme o genótipo utilizado.

Tabela 1. Médias e desvio padrão do florescimento máximo, florescimento máximo total, taxa de florescimento ($\text{flores. planta}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) e número de dias entre a emergência e o florescimento máximo (DEFmáx), durante a caracterização do ciclo fenológico de três variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Manaus/AM.

Variedades	Florescimento máximo	Florescimento máximo total	Taxa de florescimento	DEFmáx.
Filipinho	$5,6 \pm 0,89$	$28,4 \pm 1,51$	$1,6 \pm 0,20$	47
Fígado-de-galinha	$5,3 \pm 0,83$	$26,2 \pm 1,30$	$1,3 \pm 0,25$	48
Manteiguinha	$4,4 \pm 0,54$	$22,2 \pm 0,83$	$1,2 \pm 0,13$	48

O número de dias entre a emergência e o florescimento máximo (DEFmáx) apresentou baixa variação entre as variedades avaliadas, sendo de 47 dias para Filipinho, 48 dias para Fígado-de-galinha e Manteiguinha. Esses valores estão nos intervalos relatados por Braga (2020), que observou variação entre 39 e 49 dias até o florescimento em genótipos de feijão-caupi no estado do Mato Grosso. De forma semelhante, Moura *et al.* (2012), ao avaliarem a cultivar de feijão-caupi BR 17 Gurguéia, produzidos na região do Nordeste, verificaram que o florescimento pleno ocorreu aos 48,5 dias após a emergência. Moussa *et al.* (2023) também observaram variação de 38,41 a 45,75 dias após a semeadura em diferentes variedades de feijão-caupi, no país da Nigéria. Esses resultados corroboram os obtidos neste estudo, demonstrando que as variedades locais estudadas se assemelham aos genótipos produzidos em outras regiões do país, como também em países da África.

No estudo de Silva *et al.* (2017), o período até o florescimento em genótipos de feijão-caupi foi superior ao observado neste estudo, atingindo aproximadamente 55 dias em alguns materiais. Em cultivares de feijão-comum estudado por Cargnelutti Filho e Ribeiro (2010), o intervalo entre a emergência e o florescimento variou entre 12 e 33 dias, evidenciando diferenças no comportamento fenológico entre as espécies. Neste estudo, o período de floração coincidiu com o início do período chuvoso.

Apesar dos resultados apresentados, é importante destacar que a rapidez no florescimento nem sempre está associada à precocidade do ciclo. O momento da indução floral é controlado por complexas redes regulatórias que monitoram as mudanças no ambiente, garantindo que o florescimento ocorra em condições mais favoráveis para maximizar o sucesso reprodutivo e a produção de sementes (Fornara *et al.*, 2010). As variações do florescimento entre genótipos da mesma espécie, podem ser atribuídas a diversos fatores, o florescimento é altamente sensível às condições ambientais, especialmente à temperatura e ao fotoperíodo. De acordo com Marcos-Filhos (2015), a iniciação do desenvolvimento floral é uma etapa que depende da idade da planta, das condições ambientais, do acúmulo de fotoassimilados e outros fatores específicos. Entende-se que, o florescimento resulta da interação entre fatores genéticos e ambientais, sendo um processo contínuo e dependente das condições do meio (Jia *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2015; No *et al.*, 2021).

Neste estudo, o período de floração coincidiu com o início do período chuvoso. Entende-se que para produção de sementes de culturas anuais, no período de floração deve-se restringir o fornecimento de água para maximizar a floração. No entanto, esse fato não interferiu no intervalo de floração nas três variedades.

5.2. Caracterização do crescimento e maturação das sementes

5.2.1. Crescimento das vagens

A comparação das médias para comprimento, diâmetro e massa da matéria fresca das vagens indicou variações entre as variedades, em função das épocas de colheita (Tabela 2). O crescimento dessas características, ao longo do tempo após a antese, evidenciou a progressão do desenvolvimento no período avaliado (Figura 3, 4 e 5).

Aos 10 dias após a antese, as variedades Filipinho e Fígado-de-galinha apresentaram os maiores valores (144 e 143 mm), enquanto Manteiguinha apresentou o menor (107 mm) em comprimento. A estabilização do crescimento em comprimento, ocorreu ao 18º dia após a antese para todas as variedades, com valores médios de 181 mm Filipinho, 178 mm Fígado-de-galinha e 125 mm Manteiguinha. Para a característica diâmetro das vagens, no 10º e 12º dia após a antese, Fígado-de-galinha apresentou os maiores valores médios, sendo diferente estatisticamente das demais, enquanto Manteiguinha apresentou os menores valores. A partir do 16º dia, os valores não apresentaram maiores variações, indicando estabilização do crescimento em diâmetro em todas as variedades.

A massa fresca das vagens foi a característica que estabilizou mais rápido, no período de observação. Aos 10 dias após a antese, Filipinho apresentou 2,824 g, Fígado-de-galinha 2,744 g e Manteiguinha 1,714 g. A massa máxima foi atingida aos 14 dias após a antese, para as variedades Manteiguinha (2,786 g/vagem) e Fígado-de-galinha (6,362 g/vagem), e aos 16 dias para a variedade Filipinho (7,108 g/vagem). Após esses períodos, a massa da matéria fresca das vagens de todas as variedades, decaiu por causa da perda de água. A redução na velocidade de crescimento está associada como a perda de umidade e a desintegração gradual de alguns tecidos (Da Silva Ramos *et al.*, 2021; Vijay *et al.*, 2025).

A massa da matéria fresca das vagens ao longo do ciclo, também foi observado em outras leguminosas, como relatado por Gnyandev *et al.* (2009) em grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), Sharma *et al.* (2013) em amendoim (*Arachis hypogaea* L.), Hirpara *et al.* (2020) em soja (*Glycine max* L.) e Prasath *et al.* (2024) em grão-de-bico-preto (*Macrotyloma uniflorum* Lam.), evidenciando um padrão semelhante nas diferentes leguminosas. Segundo Sakthivel *et al.* (2023), devido ao alto teor de água nos estádios iniciais, a massa fresca da vagem é elevada e, à medida que a maturação progride a massa fresca reduz; esse aumento inicial também está relacionado ao crescimento e à expansão da estrutura morfológica da vagem.

Conforme mostram os resultados presentes na tabela 2, as variáveis morfológicas das vagens de feijão-caupi variaram tanto entre as variedades quanto ao longo das épocas de colheita, resultando em diferenças significativas nos valores de comprimento, diâmetro e massa.

Tabela 2. Médias das características comprimento da vagem, diâmetro da vagem, massa da vagem das variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG), em sete épocas de colheita após a antese. Coeficiente de variação (CV), Desvio Padrão do Erro (DP), Erro Padrão da Média (EP). Manaus/AM, 2026.

DAA*	Comprimento (mm)			Diâmetro (mm)			Massa (g)		
	Variedades								
	FL	MG	FG	FL	MG	FG	FL	MG	FG
10	144,24 a	107,28 b	143,08 a	5,340 b	4,496 c	5,936 a	2,824 a	1,714 b	2,744 a
12	160,24 a	113,28 c	155,28 b	6,420 b	5,576 c	7,052 a	5,516 b	2,542 c	6,126 a
14	177,20 a	118,44 c	164,38 b	7,376 a	6,566 c	7,158 b	5,976 a	2,786 b	6,362 a
16	180,32 a	124,70 c	176,84 b	7,504 a	6,690 c	7,228 b	7,108 a	2,586 c	5,978 b
18	181,44 a	125,20 c	178,00 b	7,514 a	6,708 b	7,526 a	5,428 a	2,126 b	5,260 a
20	181,62 a	125,40 c	178,56 b	7,511 a	6,712 b	7,522 a	3,674 a	1,672 c	3,284 b
22	181,64 a	125,54 c	178,78 b	7,509 a	6,708 b	7,526 a	3,572 a	1,430 c	2,234 b
	CV (%) = 1,35			CV (%) = 1,47			CV (%) = 5,49		
	DP = 2,003			DP = 0,100			DP = 0,209		
	EP = 0,895			EP = 0,044			EP = 0,093		

Médias seguidas pela mesma letra na linha, em cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

*Dias após a antese (DAA).

De modo geral, todas as variedades apresentaram aumento progressivo no comprimento das vagens após a antese, com crescimento mais acentuado até aproximadamente 16 dias após a antese. Após esse período, observou-se tendência de estabilização, indicando aproximação do tamanho final das vagens (Figura 3-A). O crescimento e a taxa de crescimento absoluto (TCA) em comprimento indicaram padrão sigmoide, caracterizado por rápido crescimento inicial, seguido de redução na taxa de crescimento e posterior estabilização dos valores.

A variedade Filipinho apresentou maior taxa de crescimento absoluto (TCA) inicial em comprimento ($13,25 \text{ mm dia}^{-1}$), aproximadamente três vezes superior à observada para Manteiguinha ($4,64 \text{ mm dia}^{-1}$) e Fígado-de-galinha apresentou uma taxa intermediária, cerca de 8.76 mm dia^{-1} . Em todas as variedades, a partir do 10º dia, houve redução progressiva da TCA ao longo do tempo, com aproximação da estabilização após 18 dias após a antese (Figura 3-A).

Na característica diâmetro da vagem, observa-se que, todas as variedades apresentavam crescimento em largura, do 10º ao 16º dia após a antese, com estabilização dos valores a partir do 18º dia (Figura 3-B). Em relação a velocidade de crescimento em diâmetro, Fígado-de-galinha apresentou o menor valor estimado (1,173), indicando que as vagens tiveram crescimento mais rápido e concentrado em comparação a Manteiguinha (1,86) e Filipinho (1,90), que apresentaram crescimento em largura distribuído ao longo do tempo. O ponto de inflexão do diâmetro foi estimado em aproximadamente 18 dias para Filipinho, 18 dias para Fígado-de-galinha e 19, dias para Manteiguinha, após a antese, confirmando que o ponto máximo de crescimento ocorreu entre 16 a 18 dias após a antese. As variedades de feijão-caupi estudadas mostrou que Filipinho e Fígado-de-galinha são mais tardias em relação a Manteiguinha, o que pode indicar que a variedade cresce mais cedo e estabiliza o comprimento antes, apesar de apresentar tamanho final menor.

A TCA em diâmetro (Figura 3-B), observa-se que aos 10 dias após a antese, Filipinho apresentou a maior taxa inicial ($0,839 \text{ mm vagem dia}^{-1}$), Fígado-de-galinha apresentou a menor ($0,690 \text{ mm dia}^{-1}$), e a Manteiguinha obteve valores intermediários, cerca de $0,780 \text{ mm dia}^{-1}$. Em todas as variedades, nota-se que desde o início do crescimento, houve redução gradual da TCA ao longo do tempo. Aos 16 dias o crescimento tornou-se praticamente estabilizado, mostrando que a expansão em

diâmetro ocorreu de forma mais expressiva nas fases iniciais do desenvolvimento (Figura 3-B).

Comportamento semelhante foi observado por Sakthivel *et al.* (2023) em feijão-de-metro (*Vigna unguiculata subsp. sesquipedalis* (L.) Verdcourt), em que o diâmetro das vagens aumentou rapidamente após a fertilização devido à divisão e expansão celular, atingindo valores máximos nas fases iniciais do desenvolvimento e estabilizando posteriormente.

Silva *et al.* (2017) também descreveram, para o feijão-caupi, redução da taxa de crescimento absoluto dos frutos após o período máximo de expansão em diâmetro, corroborando os resultados obtidos neste estudo. Resultado semelhante foi observado por Lv *et al.* (2023) em amendoim (*Arachis hypogaea* L.), em que a largura das vagens apresentou rápido crescimento inicial, seguido de redução gradual da taxa de crescimento até a estabilização próxima à maturidade.

No estudo de Carella *et al.* (2021) com frutos de manga (*Mangifera indica* L.), a taxa de crescimento absoluto diminuiu significativamente ao longo do desenvolvimento, com maiores valores no início da expansão celular e reduções progressivas nas fases finais. A pesquisa constatou que diminuição da TCA estava relacionada à transição do crescimento observável para a maturação fisiológica do fruto. Resultados semelhantes foram observados nos frutos de maracujá-banana (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*), em que os valores de TCA para o comprimento diminuíram significativamente ao longo do desenvolvimento, associando-se à maturação do fruto (Casierra-Posada *et al.*, 2017).

Em Filipinho, o comprimento assintótico foi 183,02 mm, para Fígado-de-galinha 179,06 mm, e Manteiguinha 127,41 mm. De acordo com Zadavec *et al.* (2014), o crescimento de frutos tende a aproximar-se de um limite assintótico nas fases finais do desenvolvimento, devido à redução progressiva da taxa de expansão celular e ao direcionamento dos fotoassimilados para o enchimento e maturação das sementes. Esse comportamento mostra que, após determinado período, o aumento no comprimento das vagens torna-se reduzido, indicando a proximidade da maturidade fisiológica. Salinas *et al.* (2019) observaram que o crescimento dos frutos de mamão (*Carica papaya* L.) seguiu um padrão sigmoide, no qual o aumento de tamanho foi rápido nas fases iniciais do desenvolvimento e, posteriormente, desacelerou,

aproximando-se de um limite máximo (assintótico) próximo da maturidade fisiológica. Em relação velocidade que o comprimento da vagem se aproxima do limite assintótico, Filipinho apresentou o menor valor (2,35), indicando que o crescimento da vagem foi mais concentrado em torno do ponto de inflexão, com maior taxa máxima de alongamento em um período mais curto. Por outro lado, Manteiguinha (3,74) e Fígado-de-galinha (3,55) apresentaram valores maiores sugerindo que o crescimento foi mais distribuído ao longo das avaliações.

O ponto de inflexão do crescimento das vagens após a antese, foi estimado em aproximadamente 17 dias para Filipinho, 15 dias para Fígado-de-galinha e 14 dias para Manteiguinha. Esse momento indica período em que o crescimento passa da fase de maior aceleração para uma fase de desaceleração no crescimento (Wubs *et al.*, 2012).

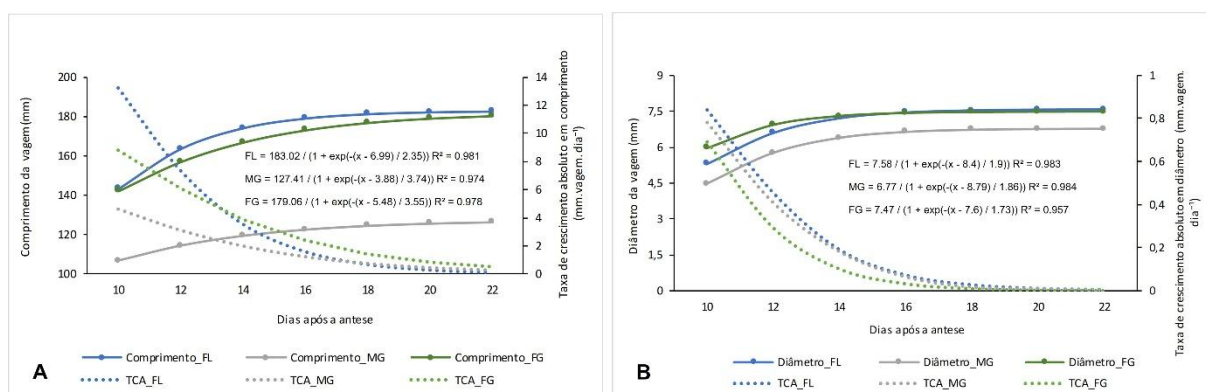


Figura 3. Crescimento e Taxa de Crescimento Absoluto (TCA) em comprimento (A) e em diâmetro (B), de vagens de três variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), em função do tempo após a antese. Variedades Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG). Manaus/AM, 2026.

A taxa de crescimento relativo (TCR) do comprimento das vagens, indica o quanto a vagem cresceu proporcionalmente em relação ao seu próprio tamanho por unidade de tempo. Observa-se na Figura 4-A que os valores de TCR reduziram de forma progressiva ao longo dos estádios de maturação, em todas as variedades. Inicialmente a variedade Filipinho apresentou o maior TCR ($0.0925 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) aos 10 dias após a antese, indicando crescimento proporcional elevado na fase inicial. Manteiguinha manteve os valores mais estáveis ao longo do tempo e Fígado-de-galinha demonstrou ter crescimento intermediário entre as variedades. A partir do 16º dia, todas as variedades apresentaram início de estabilização nos valores de TCR,

indicando que as vagens ainda podem aumentar levemente, mas nessa fase, já se observa o tamanho máximo característico da variedade (Figura 4-A).

Estudos com camapú (*Physalis angulata* L.) demonstraram que o tamanho e a massa dos frutos estabilizaram após determinado período da antese, coincidindo com o momento de maior qualidade fisiológica das sementes (Da Silva Ramos *et al.*, 2021). Em *Litchi chinensis* Sonn., Trong *et al.* (2021) observaram crescimento acentuado do comprimento e diâmetro dos frutos até atingirem valores máximos, seguido de estabilização. Segundo Nelissen e Gonzalez (2020), o tamanho final dos órgãos vegetais resulta da coordenação entre divisão, crescimento e diferenciação celular. De acordo com Mendes *et al.* (2005), a preferência inicial de assimilados, para a formação do fruto, dá-se pelo fato deste constituir estruturas que irão formar as sementes no seu interior. Na segunda etapa, já formada as estruturas do fruto, os assimilados são translocados, preferencialmente, para as sementes que são as estruturas de reprodução das plantas.

Na TCR do diâmetro das vagens (Figura 4-B), inicialmente, os valores foram altos e reduziram de forma constante ao longo das avaliações em todas as variedades. Na primeira avaliação, o maior crescimento relativo foi verificado na variedade Manteiguinha ($0,184 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e o menor em Fígado-de-galinha ($0,115 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), as variedades Manteiguinha e Filipinho mantiveram valores próximos ao longo do tempo, enquanto a Fígado-de-galinha apresentou queda mais acentuada conforme os dias.

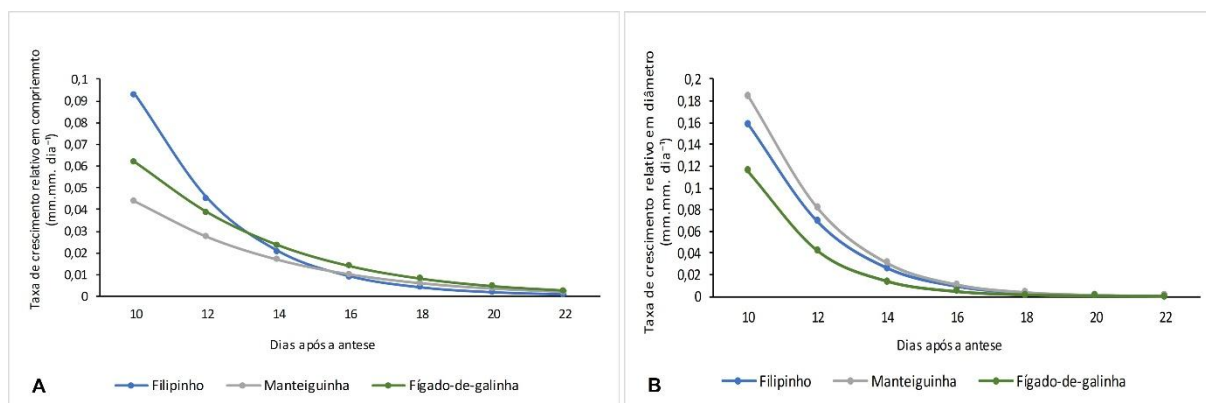


Figura 4. Taxa de Crescimento Relativo (TCR) em comprimento (A) e em diâmetro (B) de vagens de três variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), em função do tempo após a antese. Variedades Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG). Manaus/AM, 2026.

De forma semelhante ao observado na TCR do diâmetro das vagens nas variedades de feijão-caupi estudadas, Yao *et al.* (2025) verificaram que a taxa de crescimento relativo do diâmetro dos frutos de maçã (*Malus domestica* Borkh.) foi alta no início do desenvolvimento, posteriormente reduziu consideravelmente, permanecendo baixa durante todo o restante do período de desenvolvimento do fruto avaliado.

No presente estudo, o período entre 14º e 16º dia após a antese, em todas as variedades, marcou a redução da TCR em diâmetro, próxima a estabilização do crescimento. Os valores passaram a se aproximar de zero; isto indica que as maiores fases de crescimento proporcional haviam cessado. Esse comportamento sugere que a maior contribuição para o crescimento relativo em diâmetro ocorre nas fases iniciais do desenvolvimento em todas as variedades (Figura 4-B).

De acordo com Fayad *et al.* (2001), decréscimos nos valores da taxa de crescimento relativo, ao longo do ciclo, são comuns para a maioria das espécies. Conforme o fruto se aproxima da maturidade fisiológica, o crescimento proporcional diminui, indicando que o fruto já atingiu a maior parte de seu tamanho final (Ardila *et al.*, 2011; Almanza-Merchán *et al.*, 2016). A taxa de crescimento relativo é apropriada para avaliação do crescimento vegetal, que é dependente da quantidade de material acumulado gradativamente. Os resultados de TCR tendem a zero quando o órgão atinge maturidade, divisão celular termina e as células expandem sem multiplicar, parando de receber metabólitos para o crescimento (Peixoto *et al.*, 2011; Baldazzi *et al.*, 2013).

Em todas as variedades enquanto as vagens cresceram em comprimento e esse comprimento foi mantido até aos 22 dias após a antese, o diâmetro diminuiu no final do período de crescimento. Aos 18 dias após a antese, as vagens já haviam mudado de coloração amarela para amarelo pálido e aos 22 dias estavam completamente secos.

Em relação à variável massa fresca da vagem, a análise de crescimento, indicou aumento na massa em todas as variedades, atingindo um ponto máximo, seguido de redução após esse período (Figura 5-A). A taxa de crescimento absoluto, mostra que Filipinho apresentou maior taxa de crescimento inicial em massa (1,1855 g dia⁻¹), cerca de quatro vezes maior à encontrada para Manteiguinha (0,2754 g dia⁻¹).

¹), Fígado-de-galinha apresentou uma taxa semelhante a Filipinho, cerca de 1,0609 g dia⁻¹. Em todas as variedades, a partir do 16º dia, nota-se a mudança no sinal da TCA, que passou de positiva para negativa, marcando o início da redução da massa. A mudança na TCA, está associada ao processo de maturação e à perda água (Figura 5-A).

A redução da massa das vagens durante o avanço da maturação foi observada em feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.), em que a massa das vagens diminuiu do estágio inicial ao estágio mais avançado de maturidade (Tchumou *et al.*, 2023). Resultado similar também foi encontrado por Prasath *et al.* (2024) em grão-de-bico-cavalo (*Macrotyloma uniflorum* Lam.) no qual a massa fresca da vagem aumentou até um período após a antese, e posteriormente diminuiu conforme o tempo.

A redução da massa fresca das vagens durante o avanço da maturação tem sido relatada em diferentes leguminosas e está associada principalmente à perda de água e à desidratação dos tecidos do fruto (Deshmukh *et al.*, 2011; Fakir *et al.*, 2013; Sakthivel *et al.*, 2023).

O ponto de inflexão do aumento na massa das vagens de feijão-caupi ocorreu em até 16 dias após a antese para todas as variedades, indicando que a taxa máxima de crescimento não foi distante entre elas, o que sugere um comportamento de desenvolvimento inicial similar no acúmulo de massa das vagens.

A perda de massa dos frutos durante o desenvolvimento até a maturação, é comum em algumas espécies, o processo é complexo e envolve a interação entre morfologia do fruto, fisiologia e influência ambiental (Lufu *et al.*, 2024). Rocha *et al.* (2025) observaram redução na massa das vagens de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.)

após atingirem um valor máximo, os valores reduzindo constantemente, mesmo com a vagem continuando seu processo de maturação e mudança de coloração.

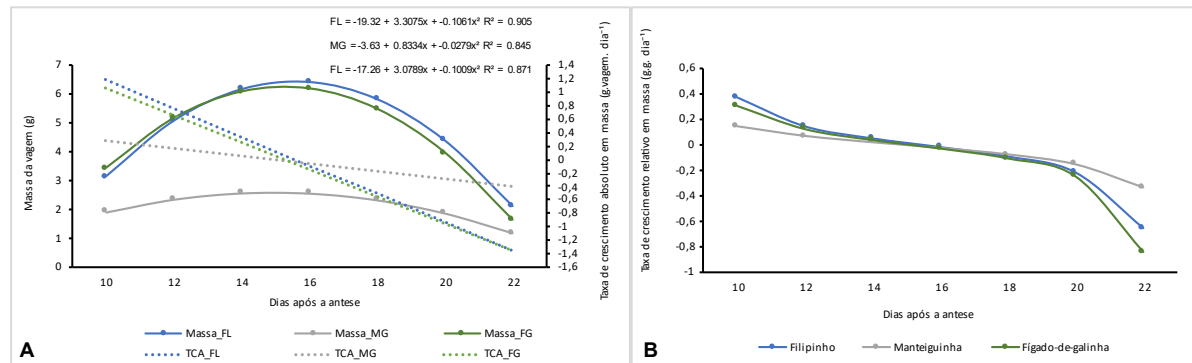


Figura 5. Crescimento em massa fresca, Taxa de Crescimento Absoluto – TCA (A), Taxa de Crescimento Relativo – TCR (B), de vagens de três variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), em função do tempo após a antese. Variedades Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG). Manaus/AM, 2026.

A taxa de crescimento relativo da massa fresca das vagens, mostrou que até o 14º dia após a antese, o crescimento aumentou proporcionalmente ao seu tamanho, em todas as variedades. No 16º dia ocorreu a inversão do crescimento relativo, iniciando a redução da massa fresca das vagens. A mudança para os valores negativos da TCR coincide com o ponto máximo estimado pelo modelo quadrático, indicando o fim da fase de acréscimo para a fase de maturação e perda de água (Figura 5-B).

Roch *et al.* (2020) analisaram o crescimento da massa fresca de vários frutos e estimaram a taxa de crescimento relativo (TCR) ao longo do desenvolvimento. Os resultados mostram que, após os altos valores iniciais, a TCR diminuiu à medida que os frutos se aproximaram da maturidade. Além das alterações nas variáveis comprimento, diâmetro e massa das vagens, a coloração das vagens também apresentou mudanças conforme o avanço da maturação, passando de verde-escuro para amarelo claro, findando com a coloração palha, típico dos feijões. A coloração das vagens e das sementes tem sido utilizada como um bom indicador do ponto de colheita; contudo, além dos processos inerentes a planta, fatores ambientais devem ser considerados, uma vez que as diferenças na coloração também podem ser influenciadas pela condição ambiental (Lopes *et al.*, 2014; Lima Cruz *et al.*, 2019; Sakthivel *et al.*, 2023).

5.2.2. Crescimento e maturação das sementes

As características morfológicas das sementes de feijão-caupi variaram entre as variedades em função das épocas de colheita, após a antese, resultando em diferenças significativas nos valores de comprimento, largura e massa da matéria fresca (Tabela 3).

Houve diferença significativa entre as variedades para a característica comprimento, aos 10 e 12 dias após a antese. Filipinho apresentou os maiores valores e Manteiguinha os menores. Do 14º ao 20º dia, não houve diferença estatística entre Filipinho e Fígado-de-galinha, enquanto Manteiguinha foi estatisticamente diferente das demais, durante todo o período de maturação avaliado. No diâmetro das sementes, aos 10 dias após a antese, não foi verificada diferença estatística entre as variedades. A partir das demais coletas, foi observado que as variedades Filipinho e Fígado-de-galinha apresentaram, em geral, os maiores diâmetros de sementes, enquanto Manteiguinha os menores valores durante o período avaliado (Tabela 3).

Sobre a massa fresca das sementes, a massa máxima das sementes foi atingida aos 14 dias após a antese nas variedades Manteiguinha (0,136 g) e Fígado-de-galinha (0,234 g), enquanto na variedade Filipinho o valor máximo ocorreu aos 16 dias (0,261 g) (Tabela 3). Esse comportamento coincide com o período em que as vagens atingiram seu maior acúmulo de massa seca. Na última colheita, aos 22 dias após a antese, as sementes apresentaram as seguintes dimensões e massa: Filipinho 7,534 x 5,024 mm e 0,127 g; Manteiguinha 5,670 x 4,126 mm e 0,063 g; Fígado-de-galinha 6,984 x 5,432 mm e 0,133 g (Tabela 3).

Na análise de crescimento da característica comprimento, estimatida pelo modelo quadrático, em função das épocas de colheita, observa-se que, todas as variedades apresentavam um crescimento progressivo sobre o comprimento, até o 16º dia após a antese (Figura 6-A). Para a característica largura, foi observado que, todas as variedades ainda apresentavam crescimento em largura até o 16º dia após a antese, com redução dos valores a partir do 18º dia (Figura 6-B). O maior comprimento inicial de semente foi observado na variedade Filipinho (7,942 mm), seguida por Fígado-de-galinha (6,510 mm), e Manteiguinha (4,782 mm) que apresentou o menor valor. No entanto, para a largura, o maior valor inicial foi observado em Manteiguinha (3,362 mm), seguida por Filipinho (3,356 mm), e Fígado-de-galinha (3,540 mm) que apresentou o menor valor.

O ponto de inflexão do comprimento das sementes, foi estimado em, aproximadamente, 15 dias para Filipinho, 16 dias para Fígado-de-galinha e 16 dias para Manteiguinha, após a antese (Figura 6-A). O ponto máximo de largura foi estimado em 16 dias após a antese para todas as variedades. Dessa forma, pode-se inferir que as três variedades atingem as dimensões máxima em aproximadamente, 16 dias após a antese.

O maior decréscimo na velocidade de crescimento em comprimento, após o ponto máximo, foi observado em Fígado-de-galinha, que apresentou maior redução na taxa de crescimento ($0,00832 \text{ dia}^{-1}$), quando comparada a Manteiguinha ($0,0582 \text{ dia}^{-1}$) e Filipinho ($0,0537 \text{ dia}^{-1}$), que apresentaram redução mais distribuída ao longo das avaliações (Figura 6-A e B).

Tabela 3. Médias das características de comprimento, largura e massa das sementes de variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG) em sete épocas de colheita, após a antese. Coeficiente de variação (CV), Desvio Padrão do Erro (DP), Erro Padrão da Média (EP). Manaus/AM, 2026.

DAA*	Comprimento (mm)			Largura (mm)			Massa (g)		
	Variedades								
	FL	MG	FG	FL	MG	FG	FL	MG	FG
10	7,942 a	4,782 c	6,510 b	3,356 a	3,362 a	3,540 a	0,016 a	0,024 a	0,014 a
12	8,940 a	6,008 c	7,816 b	5,552 a	4,652 c	5,122 b	0,167 a	0,114 b	0,187 a
14	9,942 a	6,796 c	9,090 a	7,040 a	5,656 c	6,380 b	0,173 b	0,117 c	0,207 a
16	9,662 a	7,378 b	9,356 a	6,842 a	5,566 b	6,752 a	0,188 b	0,125 c	0,219 a
18	8,980 a	7,300 b	9,152 a	6,752 a	5,454 b	6,532 a	0,261 a	0,136 c	0,234 b
20	7,936 a	5,906 b	8,062 a	5,988 a	4,968 c	5,442 b	0,157 b	0,073 c	0,179 a
22	7,534 a	5,670 c	6,984 b	5,024 b	4,126 c	5,432 a	0,127 a	0,063 b	0,133 a
	CV (%) = 3,88			CV (%) = 4,00			CV (%) = 11,80		
	DP = 0,300			DP = 0,216			DP = 0,016		
	EP = 0,134			EP = 0,096			EP = 0,007		

Médias seguidas pela mesma letra na linha, em cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

*Dias após a antese (DAA).

A taxa de crescimento absoluto em comprimento, mostra que a variedade Fígado-de-galinha apresentou a maior taxa inicial ($1,036 \text{ mm dia}^{-1}$), seguida por Manteiguinha ($0,744 \text{ mm dia}^{-1}$), e Filipinho ($0,568 \text{ mm dia}^{-1}$), confirmando os resultados estimados pelo modelo quadrático. Filipinho apresentou maior taxa inicial de crescimento absoluto em largura ($1,058 \text{ mm dia}^{-1}$), seguida por fígado-de galinha ($0,861 \text{ mm dia}^{-1}$) e Manteiguinha ($0,697 \text{ mm dia}^{-1}$). A maior velocidade na redução da largura, também foi observada em Filipinho ($0,0799 \text{ mm dia}^{-1}$) e permaneceu intermediária em fígado-de galinha ($0,0622 \text{ mm dia}^{-1}$) e menor Manteiguinha ($0,054 \text{ mm dia}^{-1}$).

A partir do 16º dia, em todas as variedades, houve redução progressiva da TCA em comprimento e largura, ao longo do tempo. Os valores foram reduzindo até o momento em que a TCA apresentou valores negativos, a partir do 18º dia após a antese (Figura 6-A e B). A redução das características nas fases finais do desenvolvimento das sementes está associada principalmente à perda de água durante a maturação e à interrupção do fluxo de assimilados, processos inerentes a maturidade fisiológica (Carvalho e Nakagawa, 2012; Bewley *et al.*, 2013; Marcos-Filho; 2015). De acordo com Marcos-Filho (2015), as primeiras etapas de crescimento das sementes são caracterizadas por intensa divisão celular e expansão, além da diferenciação de tecidos e início do acúmulo de reservas; nessas fases, a semente cresce, basicamente, em comprimento e largura.

Resultados semelhantes foram relatados por Lopes *et al.* (2025), que iniciaram as avaliações a partir do 6º dia após a antese, em feijão-comum e observaram significativo no comprimento das sementes ao longo do desenvolvimento, com maior crescimento ocorrendo no 14º dia e incremento no comprimento até o 20º dia. Nas sementes feijão-moyashi (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek), durante o período de enchimento, as sementes acumulam reservas provenientes da planta-mãe, aumentando continuamente de tamanho e massa até atingir valores máximos. Após essa fase, o início da maturação de identificado, o fluxo de assimilados diminui ou cessa e ocorre desidratação gradual das sementes ainda na planta (Rocha *et al.*, 2025).

Marcos-Filho (2015) explica que, em leguminosas, a partir do início de sua formação, as sementes se desenvolvem principalmente em comprimento e largura,

com a evolução do acúmulo de massa seca, crescem em espessura, até ocuparem completamente a respectiva cavidade no interior da vagem. Em seguida, com a intensificação da perda de água, pode haver redução significativa do tamanho e alteração do formato da semente.

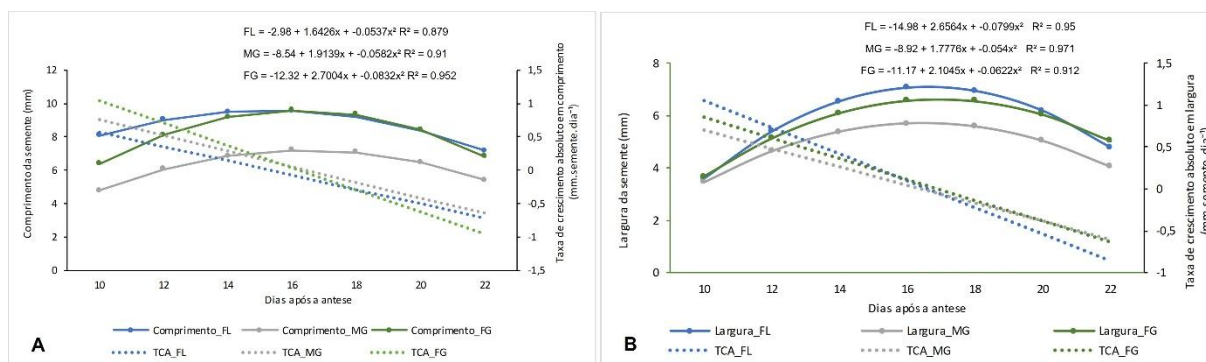


Figura 6. Crescimento e Taxa de Crescimento Absoluto (TCA) em comprimento (A) e em diâmetro (B), de sementes de três variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), em função do tempo após a antese. Variedades Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG). Manaus/AM, 2026.

Inicialmente, a taxa de crescimento relativo em comprimento e diâmetro foi alta, depois decresceu rápida e linearmente, atingindo valores negativos a partir dos 20 dias após a antese (Figura 7-A e B). Em todas as variedades, a taxa de crescimento relativo em diâmetro foi maior do que o comprimento, isto ocorreu porque no início de crescimento as sementes são alongadas (Figura 8) e com seu desenvolvimento, ocorre o enchimento da semente, modificando mais o diâmetro que o comprimento.

A taxa de crescimento relativo do comprimento das sementes de feijão-caupi, mostrou, que na primeira colheita, Manteiguinha ($0,157 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e Fígado-de-galinha ($0,163 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) apresentam crescimento relativo mais que o dobro de Filipinho ($0,070 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), indicando que proporcionalmente ao próprio tamanho, Manteiguinha e Fígado-de-galinha estavam crescendo muito mais no início. Entre o 12º e 14º, houve redução progressiva da TCR em todas as variedades, indicando que o crescimento proporcional diminui (Figura 7-A). Inicialmente, o crescimento relativo das sementes em largura foi semelhante entre as variedades, com valores de $0,2945 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ para Filipinho, $0,2354 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ para Fígado-de-galinha e $0,2019 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ para Manteiguinha. Entre o 12º e 16º, a

TCR de todas as variedades reduziu de forma progressiva, indicando que o crescimento proporcional em relação a semente diminui (Figura 7-B).

A partir do 16º dia, os valores de TCR em comprimento aproximaram-se de zero, vale ressaltar que a máxima taxa de crescimento em comprimento das sementes foi observada entre o 14º e o 16º dia após a antese. Após esse período, os valores de TCR reduziram-se progressivamente, tornando-se negativos nas avaliações finais, indicando desaceleração do crescimento e início da fase de maturação (Figura 7-A). No 18º dia, todas as variedades já apresentavam valores negativos na TCR, indicando início da fase de redução da largura, associada ao processo de maturação e perda de água (Figura 7-B).

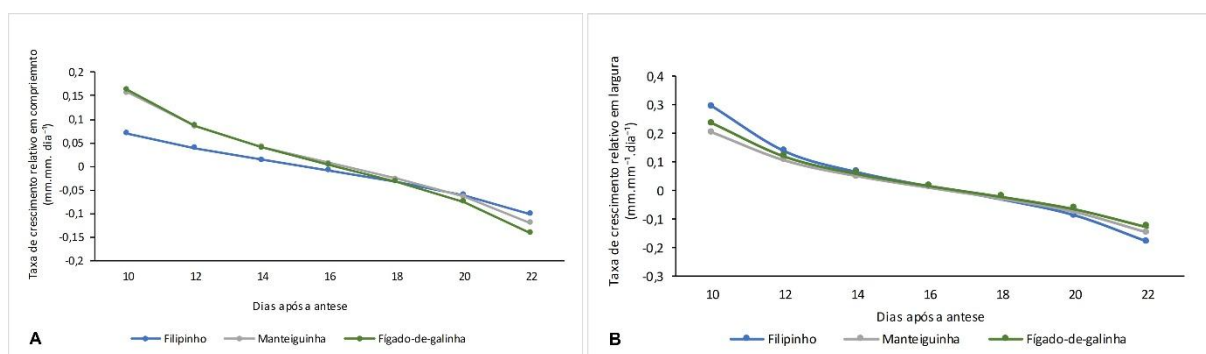


Figura 7. Taxa de Crescimento Relativo (TCR) em comprimento (A) e em diâmetro (B) de sementes de três variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), em função do tempo após a antese. Variedades Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG). Manaus/AM, 2026.

Durante o desenvolvimento da semente houve mudança na coloração das sementes. Nas fases iniciais, as sementes eram verdes claras nas variedades Filipinho e Manteiguinha, e em Fígado-de-galinha, a coloração era verde amarelado com tonalidades de vinho claro. Ao longo das avaliações a coloração foi modificando e diferenciando entre as variedades, ao final, Filipinho apresentou coloração marrom-claro, Manteiguinha bege-claro, e Fígado-de-galinha cor de vinho escuro (Figura 8).

Outra característica da maturação, é que dependendo da espécie, a coloração das sementes também sofre alterações. Em conjunto com outros parâmetros, o aspecto visual dessas mudanças apresenta correlação com a determinação das épocas de maturação das sementes (Lopes *et al.*, 2005; Agustini *et al.*, 2015; Araujo *et al.*, 2023). Em leguminosas como soja e feijão, verificou-se que o ponto de maturidade fisiológica das sementes coincidiu com a perda da coloração verde das

vagens e sementes, revelando ainda que a avaliação da cor das sementes é um parâmetro mais preciso (Borrmann *et al.*, 2009).



Figura 8. Aspectos visuais dos diferentes estádios de desenvolvimento das sementes de três variedades de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), conforme dias após a antese.

5.2.3. Acúmulo de matéria seca no pericarpo e sementes

A matéria seca do pericarpo das vagens, de todas as variedades, apresentou ganhos e perdas ao longo do tempo. Esse comportamento pode estar relacionado ao processo de dessecação natural das vagens durante a maturação, bem como à redistribuição de fotoassimilados para as sementes, característica comum em frutos secos como o feijão-caupi. Inicialmente, as variedades Filipinho e Fígado-de-galinha apresentaram os maiores valores para o acúmulo de matéria seca, 0,226 g/vagem e 0,332 g/vagem, respectivamente, sem diferença estatística entre si, enquanto Manteiguinha apresentou o menor acúmulo (0,124g/vagem) (Tabela 4).

O maior valor acumulado de matéria seca no pericarpo ocorreu no 16º dia após a antese, em todas as variedades, sendo maior em Filipinho (0,626 g/vagem), seguido por Fígado-de-galinha (0,444 g/vagem), e Manteiguinha (0,352 g/vagem). Foi observado que o acúmulo de matéria seca no pericarpo, cresceu rapidamente entre o 10º e 16º dia, após o período de máximo acúmulo, verificou-se a tendência de estabilização ou leve redução dos valores (Tabela 4). Esse comportamento pode ocorrer devido ao intenso crescimento inicial das vagens, associado à divisão e expansão celular do pericarpo. Posteriormente, o direcionamento de fotoassimilados para as sementes, além do início da senescência e dessecação das vagens, resultam na estabilização ou redução da matéria seca do pericarpo.

Tabela 4. Média da matéria seca do pericarpo das vagens (g/vagem) e das sementes (g/semente) de três variedades locais de feijão-caupi caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), em sete épocas de colheitas após a antese. Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG). Coeficiente de variação (CV), Desvio Padrão do Erro (DP), Erro Padrão da Média (EP). Manaus/AM, 2026.

Massa Seca do Pericarpo (g/vagem)							
Variedade	Dia após a antese						
	10º	12º	14º	16º	18º	20º	22º
FL	0,226 a	0,344 a	0,572 a	0,626 a	0,542 a	0,514 a	0,508 a
MG	0,082 b	0,124 b	0,342 c	0,352 c	0,331 c	0,328 c	0,314 c
FG	0,212 a	0,332 a	0,432 b	0,444 b	0,428 b	0,425 b	0,422 b
CV (%) = 3,44							
DP = 0,012							
EP = 0,057							
Massa Seca da Semente (g/semente)							
FL	0,071 a	1,730 a	3,226 a	3,467 a	3,516 a	3,514 a	3,511 a
MG	0,031 b	0,959 b	1,207 c	1,602 c	1,812 c	1,809 c	1,804 c
FG	0,061 a	1,479 ab	2,486 b	2,632 b	2,759 b	2,752 b	2,748 b
CV (%) = 13,70							
DP = 0,094							
EP = 0,0042							

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

A matéria seca das sementes (Tabela 4) apresentou acréscimo gradual ao longo do tempo, evidenciando o processo de enchimento e acúmulo de reservas. Na

primeira colheita, as variedades Filipinho e Fígado-de-galinha apresentaram os maiores valores para o acúmulo de matéria seca (0,0710 e 0,0616 g/semente, respectivamente), não diferindo entre si, enquanto Manteiguinha apresentou o menor valor entre as médias (0,0616 g/semente). Filipinho obteve as maiores médias em todas as épocas avaliadas, diferindo estatisticamente da variedade Manteiguinha, que apresentou os menores valores, Fígado-de-galinha mostrou incremento intermediário, sendo novamente, menor que Filipinho e maior que Manteiguinha.

Os dados da análise de crescimento, mostram o aumento inicial rápido da matéria seca do pericarpo até o ponto máximo e o leve incremento nos valores a partir desse momento (Figura 9-A). O ponto de inflexão da matéria seca, foi estimado em aproximadamente 10 dias para Filipinho, 12 dias para Manteiguinha e 10 dias para Fígado-de-galinha, após a antese, indicando que a máxima taxa de crescimento no acúmulo, ocorreu entre o 10º e o 12º dia. No 16º dia os valores de acúmulo começaram a reduzir até o momento em que começaram a estabilizar.

A taxa de crescimento absoluto na matéria seca do pericarpo, mostra que após o período entre o 16º e 18º dia, todas as variedades entraram em fase de maturação final, com TCA próxima de zero. A velocidade associada à TCA, evidencia que a maior velocidade de acúmulo foi em Filipinho ($1,2 \text{ g dia}^{-1}$), em Fígado-de-galinha foi intermediária ($1,46 \text{ g dia}^{-1}$) e Manteiguinha apresentou novamente velocidade mais lenta ($1,41 \text{ g dia}^{-1}$) no acúmulo de matéria seca (Figura 9-A).

De acordo com Mendes *et al.* (2005), na maturidade fisiológica, cessa a translocação de assimilados da planta para os frutos e, como a umidade dos frutos ainda encontra-se relativamente alta, é normal que haver perda de parte da matéria seca, por certo período de tempo, até a umidade alcançar níveis em que o metabolismo diminua o suficiente para, praticamente, eliminar esta perda. Na relação vagem-semente, os assimilados são translocados da planta-mãe via filamentos vasculares que se ramificam a partir do tecido vascular que percorre a vagem, atravessam o funículo e atingem os tegumentos das sementes; a partir desse momento ocorre a difusão das substâncias para os cotilédones (Marcos-Filho, 2015).

A partir do ponto máximo, o acúmulo de matéria seca do pericarpo estabilizou e passou a diminuir lentamente, o processo está associado principalmente à perda de água e pelos tecidos da vagem. A redução na massa ainda coincidiu com o início das

mudanças visuais na coloração da vagem, alteração da coloração verde, indicando o avanço do processo de maturação e dessecação dos tecidos. Em leguminosas, a distribuição de água dentro da semente no estágio final de enchimento das sementes, a perda de água gradual conforme a maturidade e posteriormente a secagem na maturação, caracterizaram o tamanho e a massa das sementes (Ramtekey *et al.*, 2022). Essa redução do tamanho, com intensidade variável, dependendo da espécie ao final da maturação, o decréscimo em sementes de leguminosas é mais evidente que o verificado em gramíneas (Marcos-Filho 2015).

Quanto ao crescimento das sementes em relação à matéria seca das variedades, observa-se que houve três fases (Figura 9-B). O acúmulo de matéria seca no início (10 dias após a antese) foi muito baixo. Esta fase corresponde à divisão celular e que durante essa etapa, a histodiferenciação e a morfogênese da semente acontecem, à medida que o zigoto unicelular se submete às divisões extensivas e as células resultantes, diferenciam-se para dar forma ao embrião (Bewley *et al.*, 2013; Marcos-Filho; 2015). Carvalho *et al.* (2023) observaram que, nos estádios iniciais de formação das sementes de timbó (*Ateleia glazioviana* Baill.), a massa das sementes era próxima de zero, tornando sua extração praticamente inviável, dificultando a avaliação do acúmulo de matéria seca. A segunda fase de crescimento foi acelerada, até os 14 dias após a antese, devido à deposição de reservas nos tecidos dos cotilédones. Depois, o crescimento foi lento até os 18 dias e a partir desse período houve a estabilização do acúmulo de matéria seca (Figura 9-A). Filipinho demonstrou ter o maior acúmulo final, seguida por Fígado-de-galinha e Manteiguinha, que apresentou o menor valor entre as variedades.

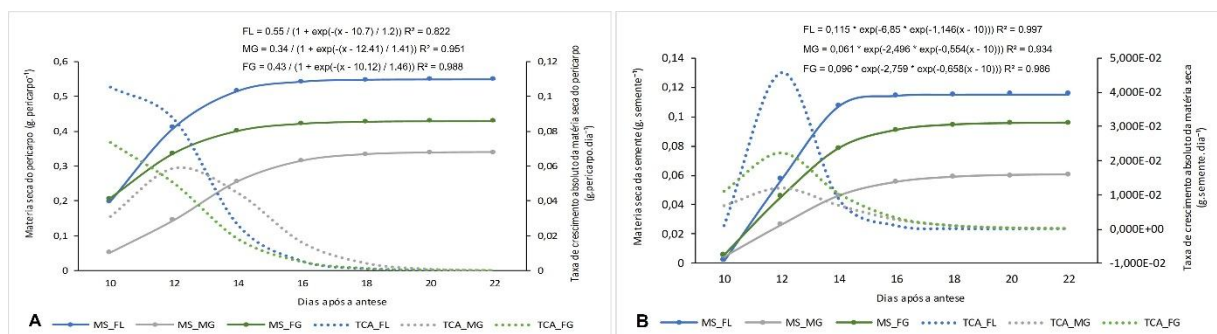


Figura 9. Acúmulo de matéria seca (MS) e Taxa de Crescimento Absoluto (TCA) do pericarpo das vagens e das sementes de três variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), em função do tempo após a antese, Variedades Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG), Manaus/AM, 2026.

O ponto de inflexão da matéria seca das sementes foi estimado em aproximadamente 12 dias após a antese. Esse ponto marcou a transição entre a fase de crescimento mais acelerado e a fase de redução gradual da velocidade de acúmulo. A partir desse período, o incremento de matéria seca começou a diminuir até a estabilização dos valores ao longo do desenvolvimento. A velocidade associada à TCA, indica que a maior velocidade de enchimento foi em Filipinho ($1,146 \text{ dia}^{-1}$), enquanto Fígado-de-galinha foi intermediária ($0,658 \text{ dia}^{-1}$) e Manteiguinha apresentou velocidade mais lenta ($0,554 \text{ dia}^{-1}$) no acúmulo de matéria seca, prolongando mais o acúmulo (Figura 9-A). Em relação à velocidade de crescimento da matéria nas sementes, verificou-se maior intensidade no período entre o 10º e o 14º dia após a antese em todas as variedades avaliadas. O acúmulo máximo de matéria ocorreu no 18º dia, sendo maior em Filipinho, seguido por Fígado-de-galinha e Manteiguinha. Após o ponto de acúmulo máximo, os valores de todas as variedades estabilizaram até o fim das avaliações, indicando que o acúmulo de matéria seca ocorreu principalmente nas fases iniciais de avaliação. O comportamento sugere que, a partir desse período, as sementes já haviam atingido próximo ao máximo acúmulo de reservas.

A TCR do acúmulo de matéria no pericarpo das variedades, mostram que, o maior incremento na matéria seca ocorreu no início das avaliações, reduzindo conforme o tempo, em todas as variedades (Figura 10-A). No 10º dia após a antese, a variedade Manteiguinha apresentou maior TCR ($0,601 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), seguida por Filipinho ($0,535 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), e Fígado-de-galinha ($0,357 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). O maior TCR indica que em proporção ao seu tamanho, Manteiguinha estava crescendo mais rápido nesse momento. A partir do 12º dia os valores da TCR reduziram em todas as variedades. Aos 14 dias, observa-se o início da fase de estabilização dos valores, Manteiguinha apresentou a maior taxa relativa ($0,173 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), evidenciando o prolongamento do período de crescimento proporcional, Fígado-de-galinha e Filipinho demonstraram que o acúmulo de matéria seca do pericarpo reduziu, consideravelmente em relação ao início $0,045 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e $0,050 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente (Figura 10-A).

A variedade Manteiguinha manteve TCR superior por período mais prolongado, indicando que o acúmulo foi mais gradual, enquanto Filipinho apresentou crescimento mais precoce e concentrado no início. No 18º dia os valores estavam próximos de

zero, caracterizando a fase de estabilização da matéria seca e aproximação da maturidade. Compreende-se que a redução na matéria seca do pericarpo de feijão-caupi, está relacionada principalmente, com a redistribuição de assimilados para as sementes e a perda de água para o ambiente conforme a maturação (Figura 10-A).

Na taxa de crescimento relativo do acúmulo de matéria das sementes, os resultados reforçam que o maior incremento de matéria seca ocorreu no início das avaliações, em todas as variedades, evidenciando uma fase inicial de acúmulo mais intenso, seguida por redução progressiva à medida que as sementes se aproximam da maturidade (Figura 10-B).

Aos 10 dias, a variedade Filipinho apresentou maior TCR ($2,99 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), seguida por Fígado-de-galinha ($1,82 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), e Manteiguinha ($1,38 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). Entre o 10º e 12º dia, os valores da TCR decresceram em todas as variedades. Aos 14 dias, Manteiguinha apresentou a maior taxa relativa ($0,151 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), evidenciando que a variedade prolongou o período de crescimento proporcional, Fígado-de-galinha manteve comportamento intermediário ($0,131 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), e em Filipinho passou a ter a menor TCR ($0,080 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$).

Comparando os dados, a massa da matéria seca das sementes inicialmente é muito pequena, dessa forma, é natural que o crescimento proporcional seja mais elevado no início. Ao longo do estudo, observou-se redução gradual da TCR em todas as variedades, com menores incrementos no acúmulo de matéria seca nas fases finais do desenvolvimento, indicando desaceleração do crescimento e aproximação da maturidade fisiológica (Figura 10-B).

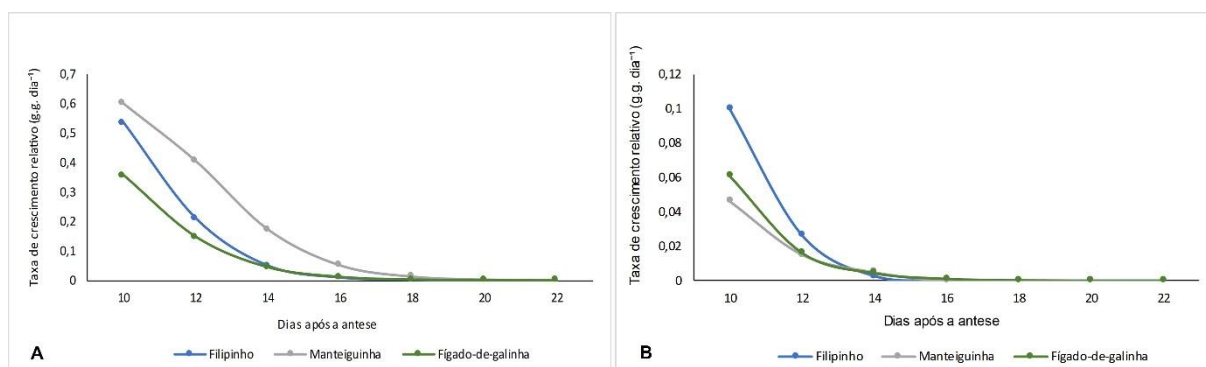


Figura 10. Taxa de Crescimento Relativo (TCR) de matéria seca do pericarpo das vagens e das sementes de três variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), em função do tempo após a antese. Variedades Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG). Manaus/AM, 2026.

Nas sementes de feijão-caupi, observou-se que período entre o 10º e 14º dia marcou a transição do enchimento rápido para o início da estabilização dos valores e máximo acúmulo de matéria seca. Resultados similares foram encontrados por Lopes *et al.* (2025) em feijão-comum, onde o enchimento das sementes mais pronunciado ocorreu entre 10º e 14º dia após a antese, sugerindo que o acúmulo de matéria iniciou por volta de 10 dias.

Com o avanço do desenvolvimento e início da fase de maturidade, as sementes passaram a ganhar massa até atingirem um máximo após a antese. Durante esse processo, ocorreu redução gradual do grau de umidade, associada ao acúmulo de matéria seca nas sementes (Marcos-Filho, 2015). Em feijão-espada (*Canvalia gladiata* L.) o acúmulo de matéria seca das sementes alcançou seu valor máximo aos 80 dias após a antese, apresentando redução nas avaliações posteriores (Kumarasamy *et al.*, 2020).

5.2.4. Grau de umidade

A determinação do grau de umidade das sementes mostrou redução contínua ao longo das avaliações, passando de valores elevados logo após a colheita em campo para porcentagens menores ao final das avaliações, em todas as variedades (Tabela 5). Esse comportamento mostra o avanço do processo de maturação e a intensificação da dessecação natural das sementes durante o desenvolvimento.

Aos 10 dias após a antese, as variedades Filipinho e Fígado-de-galinha apresentaram os maiores graus de umidade, com 85,02% e 85,41%, respectivamente, diferindo estatisticamente de Manteiguinha, que apresentou 75,77%. Aos 12 dias, não foram observadas diferenças significativas entre as variedades. No entanto, no 14º dia, a variedade Manteiguinha apresentou o maior grau de umidade (66,94%), diferindo de Fígado-de-galinha, que apresentou o menor valor (52,81%) (Tabela 5).

Aos 16 dias após a antese, apesar da redução no teor de água das sementes, não foram observadas diferenças significativas entre as variedades, comportamento que também ocorreu aos 18 DAA, em que o grau de umidade variou entre 24,35% e 29,45%. No 20º dia, Manteiguinha apresentou menor grau de umidade (15,84%) em comparação às variedades Filipinho e Fígado-de-galinha, ambas com valores

próximos de 17%. Já no 22º dia, as variedades apresentaram graus de umidades semelhantes, variando entre 14-15%, sem diferença significativa entre si (Tabela 5).

Os resultados do grau de umidade das sementes, após secagem natural, antes do teste de germinação, também apresentaram redução progressiva conforme o tempo. Após dois dias de secagem, as sementes colhidas no 10º dia após a antese, o grau de umidade de Filipinho foi de 34,4%, Fígado-de-galinha 32,6% e Manteiguinha 28,8 %, que demonstrou ser diferente estatisticamente das demais variedades. Já no 12º dia, não foi observada diferença estatística entre os materiais (Tabela 5).

Aos 14 dias após a antese, observou-se diferença significativa entre todas as variedades, sendo identificado maior grau de umidade na variedade Fígado-de-galinha (24,2%), seguida de Manteiguinha (19,8%) e Filipinho (18,2%). Esses resultados demonstram que as variedades apresentaram comportamento distinto quanto à perda de água das sementes durante a secagem, indicando que há diferentes velocidades de desidratação e avanços no processo de maturação.

Entre o 16º e 18º dia após a antese, a variedade Fígado-de-galinha manteve os maiores valores de umidade, diferindo estatisticamente das variedades Filipinho e Manteiguinha, que apresentaram graus de umidade semelhantes entre si. O resultado sugere que Fígado-de-galinha apresentou desidratação mais lenta nesse período, enquanto as demais variedades mostraram avanço mais rápido no processo de perda de água das sementes, indicando maior avanço na maturação. Aos 20 dias após a antese, não foram observadas grandes diferenças entre as variedades quanto ao grau de umidade das sementes, que apresentaram valores próximos a 13%. No 22º dia, o grau de umidade variou entre 11,6% e 12,2%, não havendo diferença significativa entre as variedades (Tabela 5).

Comparando o grau de umidade das sementes recém-colhidas com aqueles obtidos após a secagem para o teste de germinação, observou-se redução gradual dos valores em todas as épocas avaliadas, em todas as variedades. Entretanto, essa redução foi mais acentuada nas colheitas iniciais, quando as sementes ainda apresentavam elevada umidade, indicando que o processo de dessecação ainda estava em andamento.

Nas épocas finais, principalmente entre 18 e 22 DAA, os menores valores de umidade observados nas sementes recém-colhidas e após a secagem, coincidiram

com os maiores valores de germinação e vigor, evidenciando o ponto de maturidade fisiológica das sementes.

De acordo com De Oliveira *et al.* (2015), em culturas com sementes ortodoxas, como o feijão-caupi, é desejável que o grau de umidade seja igual ou inferior a 12%, pois a redução da umidade é um fator fundamental para a manutenção e melhor conservação da qualidade fisiológica das sementes.

Tabela 5. Médias do grau de umidade (%) das sementes de três variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), em função do tempo após a antese. FL (Filipinho), MG (Manteiguinha), FG (Fígado-de-galinha), DAA (Dias após a antese). Coeficiente de variação (CV), Desvio Padrão do Erro (DP), Erro Padrão da Média (EP). Manaus/AM, 2026.

Grau de umidade das sementes após colheita (%)							
Variedade	Dias após a antese						
	10º	12º	14º	16º	18º	20º	22º
FL	85,02 a	69,28 a	58,58 ab	42,60 a	29,45 a	17,77 a	15,96 a
MG	75,77 b	72,12 a	66,94 a	53,77 a	24,35 a	15,84 b	14,39 a
FG	85,41 a	72,04 a	52,81 b	38,19 a	27,37 a	17,82 a	15,34 a
CV (%) =	10.108						
DP =	4.576						
EP =	2.046						
Grau de umidade das sementes após dois dias de secagem natural (%)							
FL	34,43 a	25,57 a	18,22 c	16,34 b	14,70 b	13,32 b	11,64 a
MG	28,79 b	24,77 a	19,84 b	16,65 b	14,47 b	13,52 ab	11,75 a
FG	32,64 a	26,79 a	24,22 a	18,50 a	15,51 a	13,78 a	12,21 a
CV (%) =	4,071						
DP =	0,792						
EP =	0,354						

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

A redução do grau de umidade das sementes ao longo das épocas avaliadas demonstra o avanço do processo de maturação e dessecação natural das sementes

nas três variedades de feijão-caupi. Observou-se que o comportamento dos resultados foi semelhante entre as variedades, com maior redução no grau de umidade nas fases iniciais do desenvolvimento e tendência de estabilização nas épocas finais do estudo (Figura 11).

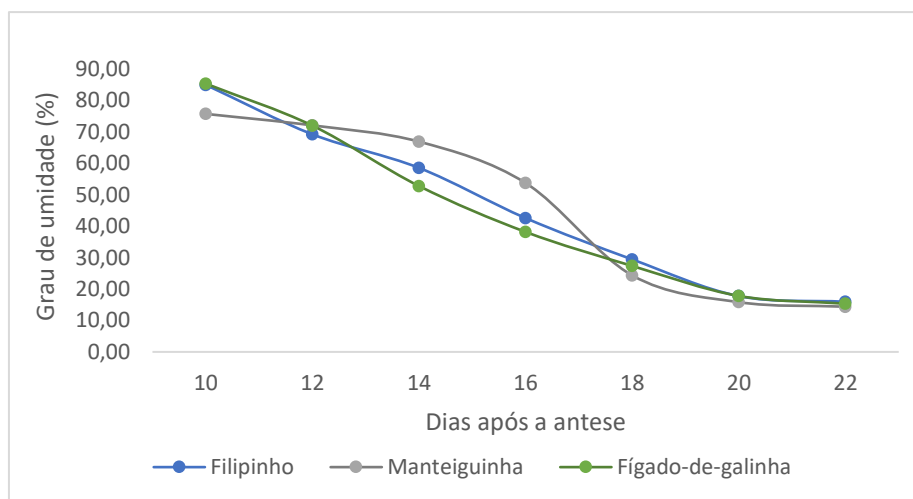


Figura 11. Grau de umidade das sementes de três variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) após as colheitas, em função do tempo após a antese. Variedades Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG). Manaus/AM, 2026.

Apesar da similaridade no desempenho dos resultados, as variedades apresentaram diferenças quanto à velocidade de perda de umidade durante o desenvolvimento das sementes, especialmente nas fases intermediárias de maturação, indicando diferenças no metabolismo entre os materiais avaliados. A redução do teor de umidade ao longo do tempo está associada à diminuição gradual da atividade metabólica e à aquisição da tolerância à dessecação, características comuns no desenvolvimento de sementes ortodoxas (Bewley *et al.*, 2013; Angelovici *et al.*, 2010).

Nas últimas épocas de avaliação, os menores teores de água coincidiram com os maiores valores de germinação e vigor das sementes, indicando proximidade com a maturidade fisiológica e o ponto adequado de colheita.

Observa-se na Figura 12 que a curva do grau de umidade das sementes teve o mesmo comportamento nas variedades. Na fase inicial de desenvolvimento da semente é alto e, a redução ao longo do período de maturação foi contínua, observou-

se ainda que a redução gradual nos valores que se aproximaram conforme o tempo, indicando diminuição da velocidade de perda de água e tendência de estabilização da umidade das sementes nas fases finais de maturação (Figura 12).

De acordo com Bewley *et al.* (2013), o desenvolvimento de sementes ortodoxas é concluído com a perda de água, processo que promove a redução progressiva do metabolismo. Essa etapa final do desenvolvimento, também é conhecida como secagem de maturação (maturation drying), na qual ocorre a promoção da transição de um estado de desenvolvimento para um estado germinativo. O maior acúmulo de matéria seca das sementes para todas as variedades, ocorreu no 18º dia após a antese (Tabela 4), no entanto, o maior percentual de germinação e melhor vigor ocorreu somente no 20º dia, não diferindo do 22º dia (Tabela 6). Portanto, a diminuição gradativa do grau de umidade do 18º ao 20º dia após a antese, melhorou a qualidade fisiológica das sementes.

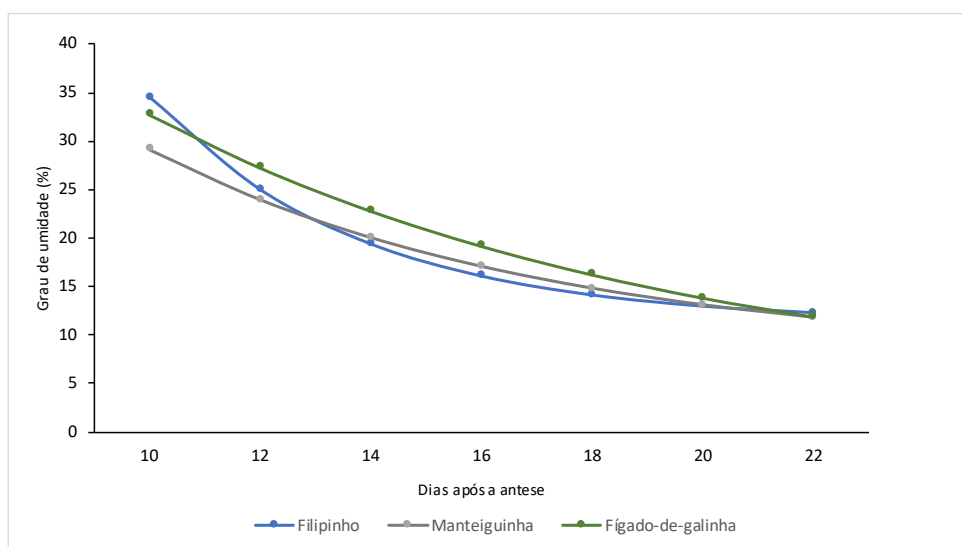


Figura 12. Grau de umidade das sementes de três variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), em função do tempo após a antese e secagem natural por dois dias. Variedades Filipinho (FL), Manteiguinha (MG) e Fígado-de-galinha (FG). Manaus/AM, 2026.

Angelovici *et al.* (2010) explicam que após a fase de dessecação, as sementes entram em um estado de repouso, também denominado fase de pós-maturação (after-ripening), ao final dessa fase, as sementes tornam-se competentes para a germinação. Os mecanismos de dessecação das sementes são ativados

progressivamente durante o acúmulo de matéria seca, de modo que a maturidade fisiológica pode ser caracterizada pelo máximo acúmulo de massa seca e redução da umidade (Marcos-Filho, 2015; Lopes et al., 2025).

5.2.5. Viabilidade das sementes

A comparação das médias nos testes de germinação (GS) e vigor (VS) indicou variação ao longo do período avaliado, com comportamento semelhante entre as variedades. Nas primeiras épocas após a antese, as sementes apresentaram baixos percentuais de germinação e vigor, porém, ao longo do tempo, houve aumento progressivo desses valores em todas as variedades, evidenciando a influência da época de colheita na qualidade fisiológica das sementes (Tabela 6).

Tabela 6. Médias das características de germinação e vigor das sementes de variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), em sete épocas de colheita, após a antese. FL (Filipinho), MG (Manteiguinha), FG (Fígado-de-galinha), DAA (Dias após a antese). Coeficiente de variação (CV), Desvio Padrão do Erro (DP), Erro Padrão da Média (EP). Manaus/AM, 2026.

DAA	*Germinação (%)			**Vigor (%)		
	Variedades					
	FL	MG	FG	FL	MG	FG
10	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
12	3,02 a	1,78 a	3,04 a	2,25 a	1,75 a	2,25 a
14	29,76 b	13,04 b	34,04 b	27,75 b	13,00 b	30,5 b
16	68,02 c	37,02 c	59,52 c	68,00 c	26,25 c	56,25 c
18	79,54 d	57,26 d	75,28 d	79,5 d	57,25 d	75,25 d
20	90,78 e	72,28 e	88,28 e	89,75 e	71,25 e	88,25 e
22	91,02 e	73,28 e	89,78 e	91,00 e	73,25 e	89,75 e
CV (%) =	7,12			CV (%) = 7,55		
DP =	3,212			DP = 3,330		
EP =	10,319			EP = 11,092		

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). *Plântula normal (8º dia da semeadura). **Plantula normal (5º dia da semeadura, primeira contagem).

Aos 10 dias após a antese, não foram observados germinação em nenhuma das variedades avaliadas. Do 14º ao 16º dia, observou-se aumento progressivo na

germinação e no vigor das sementes em todas as variedades. Aos 18 dias, os valores de germinação e vigor foram superiores a 50%, evidenciando maior capacidade de formação de plântulas normais e progressão do processo de maturação fisiológica. A partir do 20º dia, germinação e vigor atingiram os maiores valores observados, sem diferença estatística em relação aos 22 dias após a antese (Tabela 6).

O aumento da germinação e do vigor das sementes ao longo do tempo também foi observado em cultivares de feijão-caupi, com valores evoluindo de 0 a 80% em um intervalo de 20 dias após a antese (De Oliveira; Morais, 2017). Esse comportamento corrobora os resultados do presente estudo, nos quais foram observados incrementos progressivos na germinação e no vigor, conforme o tempo.

Segundo Marcos-Filho (2015), nas fases iniciais após a fecundação, a formação de plântulas normais e vigorosas é baixa devido à histodiferenciação e ao acúmulo de reservas ainda estarem em desenvolvimento. Com o avanço da maturação, as sementes atingem o máximo potencial de matéria seca, germinação e vigor, caracterizando a maturidade fisiológica e indicando o momento ideal de colheita (Barroso *et al.*, 2022).

Lima Cruz *et al.* (2019) observaram a maturidade fisiológica das sementes de feijão-caupi entre 15 e 21 dias após a antese. Nogueira *et al.* (2014) identificaram para a mesma espécie, maturidade entre 14 e 18 dias. Nesses períodos foram observados os maiores valores de germinação e acúmulo de matéria seca, indicando elevada qualidade fisiológica das sementes e que a maturação no feijão-caupi pode ocorrer precocemente após a antese. Entretanto, a duração desse processo não é fixa, variando conforme o material genético e as condições ambientais de cultivo, entre outros fatores (Marcos-Filho, 2015).

No presente estudo, os resultados mostram que o acúmulo máximo de matéria está diretamente relacionado à obtenção do potencial fisiológico das sementes. Observou-se que a redução no grau de umidade, associado à estabilização da matéria seca, marcou a transição para a fase final de maturação. Nesse contexto, a maturidade fisiológica foi atingida entre 18 e 20 dias após a antese, período em que as sementes apresentaram maior qualidade fisiológica.

5. CONCLUSÃO

Nas condições edafoclimáticas de Manaus, AM, as variedades de feijão-caupi apresentaram ciclos fenológicos distintos, variando de 71 a 74 dias, evidenciando diferenças no comportamento de desenvolvimento entre os materiais avaliados.

O crescimento de vagens e sementes seguiu padrão sigmoidal, com maiores incrementos ocorrendo até 16 dias após a antese, período que coincidiu com a intensificação do acúmulo de matéria seca, caracterizando a fase de enchimento dos grãos.

Considerando o conjunto de índices utilizados na determinação da maturidade fisiológica, observou-se que as variedades de feijão-caupi Filipinho, Manteiguinha e Fígado-de-galinha atingiram a maturidade fisiológica aos 18 dias após a antese, período em que as sementes apresentaram grau de umidade em campo entre 24% e 29%, associado ao máximo acúmulo de matéria seca no pericarpo e nas sementes.

O ponto de colheita foi identificado aos 20 dias após a antese, quando as sementes apresentaram grau de umidade em campo entre 15% e 17%, reduzindo para 13% a 14% após a secagem, além de maior porcentagem de germinação e maior vigor das sementes.

Dessa forma, a integração entre a análise fenológica, o crescimento de frutos e sementes e os parâmetros fisiológicos de maturação mostrou-se eficiente para a determinação do ponto ideal de colheita, contribuindo para o manejo adequado da cultura e para a produção de sementes de alta qualidade.

6. REFERÊNCIAS

- AGUILERA, D. B.; FERREIRA, F.A.; CECOM, P.R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 43-51, 2004.
- AGUSTINI, M. B.; WENDT, L.; PAULUS, C.; MALAVASI, M. M. Maturidade Fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* (LAM). **Revista Inova Ciência & Tecnologia / Innovative Science & Technology Journal**, v. 1, n. 1, p. 11–17, 2015.
- ALMANZA-MERCHÁN, P. J.; ARÉVALO, Y. A.; PINZÓN, E. H. Fruit growth characterization of the tomato (*Solanum lycopersicum* L.) hybrid 'Ichiban' grown under cover. **Agronomía Colombiana**, v. 34, n. 2, p. 155-162, 2016.
- ANGELOTTI, F.; BARBOSA, L. G.; BARROS, J. R. A.; SANTOS, C. A. F. D. Cowpea development under different temperatures and carbon dioxide concentrations. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, p. e59377, 2020.
- ANGELOVICI, R.; GALILI, G.; FERNIE, A. R.; FAIT, A. Seed desiccation: a bridge between maturation and germination. **Trends in Plant Science**, v. 15, n. 4, p. 211-218, 2010.
- ARDILA, G.; FISCHER, G.; BALAGUERA-LÓPEZ, H. E. Caracterización del crecimiento del fruto y producción de tres híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en tiempo fisiológico bajo invernadero. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 5, n. 1, p. 44-56, 2011.
- BALDAZZI, V.; PINET, A.; VERCAMBRE, G.; BÉNARD, C.; BIAIS, B.; GÉNARD, M. In silico analysis of water and carbon relations under stress conditions. A multi-scale perspective centered on fruit. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 495, 2013.
- BARROSO, N. D. S.; FONSECA, J. S. T.; RAMOS, C. A. D. S.; NASCIMENTO, M. N. D.; SOARES, T. L.; PELACANI, C. R. Impact of the maturity stage on harvest point of fruits and physiological quality of *Physalis peruviana* L. seeds. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 44, p. e-848, 2022.
- BEM, C. M. D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; CHAVES, G. G.; KLEINPAUL, J. A.; PEZZINI, R. V.; LAVEZO, A. Gompertz and Logistic models to the productive traits of sunn hemp. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 1, p. 225, 2017.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2004.
- BEWLEY, J. D.; BRADFORD K. J.; HILHORST H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3. ed. New York: Springer, 2013. 407 p.
- BORRMANN, D.; De ANDRADE, J. C.; LANFER-MARQUEZ, U. M. Chlorophyll degradation and formation of colorless chlorophyll derivatives during soybean (*Glycine max* L. Merrill) seed maturation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 5, p. 2030-2034, 2009.
- BRAGA, C. D. S. **Caracterização Morfoagronômica, Fenológica e Viabilidade Polínica de Genótipos de Feijão**. 2020. Dissertação (Mestrado em Genética e

Melhoramento de Plantas), Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Multicampi, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2020.

BRASIL. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2025.

CÂMARA, F. M. M.; ALVES, A. A.; CELEDÔNIO, W. F.; De OLIVEIRA, L. M.; PEREIRA, G. A.; MENDONÇA, V. Fenologia do coqueiro anão verde em região semiárida. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 4, p. 291-296, 2018.

CAMPOS, F. L.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, Â. C. de A.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, R. Q. B. da.; ROCHA, M. de M. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Cient. Rural**, v. 5, n. 2, p. 110–116, 2000.

CANUTO, V. T. B.; SANTOS, D. A.; SILVA, K. R. G.; COSTA, A. F. Produção e qualidade de sementes. *In*: **Cadernos do Semiáridos riquezas e oportunidades**, v. 17, n. 3. Recife: UFRPE, 2020.

CARELLA, A.; GIANGUZZI, G.; SCALISI, A.; FARINA, V.; INGLESE, P.; BIANCO, R. Fruit growth stage transitions in two mango cultivars grown in a Mediterranean environment. **Plants**, v. 10, n. 7, p. 1332, 2021.

CARGNELUTTI FILHO, A.; RIBEIRO, N. D. Número de repetições para avaliação de caracteres de produção, fenologia e morfologia de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, v. 40, n. 12, p. 2446-2453, 2010.

CARVALHO, G. A.; LIMA, P. A. M.; CARVALHO, M. A.; LOPES, S. O.; JACOMINO, G. R. L.; COSTA, J. S.; LOPES, J. C. Maturation and harvest time of *Ateleia glazioviana* Baill. seeds. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, 2023.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: Fundação de Apoio à Pesquisa, Ensino e Extensão, 2012. 590 p.

CASIERRA-POSADA, F.; LANCHEROS-OLMOS, J.; CUTLER, J. Fruit growth and fruit drop in banana passion fruit plants (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*). **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 11, n. 2, p. 237-246, 2017.

COAST, O.; POSCH, B. C.; BRAMLEY, H.; GAJU, O.; RICHARDS, R. A.; LU, M.; ATKIN, O. K. Acclimation of leaf photosynthesis and respiration to warming in field-grown wheat. **Plant, Cell & Environment**, v. 44, n. 7, p. 2331-2346, 2021.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília/DF**, v. 12, 2025.

COSTA, C. J.; CARMONA, R.; NASCIMENTO, W. M. Idade e tempo de armazenamento de frutos e qualidade fisiológica de sementes de abóbora híbrida. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, p. 127-132, 2006.

CRAUFURD, P. Q.; SUMMERFIELD, R. J.; ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H. Photoperiod, temperature, and the growth and development of cowpea. **Advances in cowpea research**. (Eds) BB Singh, DR Mohan Raj, KE Dashiell, LEN Jackai, p. 75-86, 1997.

Da COSTA, J. G. C. **Morfologia – Feijão**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/pre-producao/morfologia>. Acesso em: 27 jan. 2026.

Da SILVA RAMOS, C. A.; SOARES, T. L.; BARROSO, N. S.; PELACANI, C. R. Influence of maturity stage on physical and chemical characteristics of fruit and physiological quality of seeds of *Physalis angulata* L. **Scientia Horticulturae**, v. 284, p. 110124, 2021.

Da SILVA, M. O.; RIBEIRO, M. F.; De OLIVEIRA, L. M. S.; ROCHA, M. D. M. Avaliação e seleção de cultivares promissores de feijão-caupi em ensaios de valor de cultivo e uso na Região de Uruçuí-PI. In: **CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, PDVAgro**. 2024.

DAFNI, A. **Pollination ecology: a practical approach**. New York: Oxford University Press, 1992. 250 p.

De OLIVEIRA, G. P.; MORAIS, O. M. Maturação e qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 15, n. 1, p. 23-34, 2019.

De OLIVEIRA, G. P.; MORAIS, O. M. Testes de vigor para determinação da maturidade fisiológica de sementes de feijão-caupi. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 26, n. 2, p. 103-114, 2017.

De OLIVEIRA, L. M.; SCHUCH, L. O. B.; BRUNO, R. D. L. A.; PESKE, S. T. Qualidade de sementes de feijão-caupi tratadas com produtos químicos e armazenadas em condições controladas e não controladas de temperatura e umidade. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1263-1275, 2015.

DELMAS, C. E.; BANCAL, M. O.; LEYRONAS, C.; ROBIN, M. H.; VIDAL, T.; LAUNAY, M. Monitoring the phenology of plant pathogenic fungi: why and how?. **Biological Reviews**, v. 99, n. 3, p. 1075-1084, 2024.

DESHMUKH, D. V.; MATE, S. N.; BHARUD, R. W.; HARER, P. N. Analysis of pod and seed development in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. **American-Eurasian Journal of Agronomy**, v. 4, n. 3, p. 50-56, 2011.

DIAS, D. C. F. S.; NASCIMENTO, W. M. Desenvolvimento, maturação e colheita de sementes de hortaliças. In: Nascimento, W. M. (Ed.). **Tecnologia de sementes de hortaliças**. Embrapa Hortaliças, Brasília. p.11-74. 2009.

ELLIS, R. H.; LAWN, R. J.; SUMMERFIELD, R. J.; QI, A.; ROBERTS, E. H.; CHAY, P. M.; YEATES, S. J. Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. III: Cowpea *Vigna unguiculata*. **Experimental Agriculture**, v. 30, n. 1, p. 17-29, 1994.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Análise do Solo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.

FAKIR, M. S. A.; DAS, S. S.; ISLAM, F. Seed growth and seed quality in *Dipogon lignosus* (L.) Verdc. bean. **Legume Research**, v. 36, p. 380-386, 2013.

FANCELLI, A. L. **Feijão: tópicos especiais de manejo**. 1. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2009.

FANCELLI, A. L. Manejo baseado na fenologia aumenta eficiência de insumos e produtividade. **Visão agrícola**, v. 13, n. 1, p. 24-29, 2015.

FAOSTAT. **Crops and livestock products**. Rome: FAO, 2024. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 05 mar. 2025.

FAYAD, J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, F. L.; FERREIRA, F. A. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 19, p. 365-370, 2001.

FIETZ, C. R.; COMUNELLO, E.; GARCIA, R. A.; FLUMIGNAN, D. L.; SILVA, S. C.; MELO, L. C. **Demanda hídrica e risco climático de feijão superprecoce na região sul de Mato Grosso do Sul**. Dourados/MS: Embrapa. 2018.

FINEP. Financiadora de Estudos e Projetos Inovação e Pesquisa. **Embrapa Meio-Norte desenvolve estudos de melhoria genética do feijão-caupi**. 2015. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/noticias/todas-noticias/4485-embrapa-meio-norte-desenvolve-estudos-de-melhoria-genetica-do-feijao-caupi0Norte%20e%20Nordeste>. Acesso em: 01 jul. 2025.

FONSECA, F. L.; MENEGARIO, C.; MORI, E. S.; NAKAGAWA, J. Maturidade fisiológica das sementes do ipê amarelo, *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl. **Scientia Forestalis**, n. 69, p. 136-141, 2005.

FORNARA, F.; MONTAIGU, A. de.; COUPLAND, G. SnapShot: control of flowering in Arabidopsis. **Cell**, v. 141, n. 3, p. 550-550, 2010.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Prefácio. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 17-18.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. D. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. D. S.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. 1. ed. Teresina, PI: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RODRIGUES, J. E. L. F.; VIEIRA, P. F. de M. J. A cultura: aspectos socioeconômicos. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2017. p. 9-34.

FREITAS, T. K. T.; GOMES, F. D. O.; ARAÚJO, M. D. S.; SILVA, I. C. V.; SILVA, D. J. S.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; ROCHA, M. D. M. Potential of cowpea genotypes for nutrient biofortification and cooking quality. **Revista Ciência Agronômica**, v. 53, p. e20218048, 2022.

GALLEGOS-CEDILLO, V.M.; DIÁNEZ, F.; NÁJERA, C.; SANTOS, M. Plant Agronomic Features Can Predict Quality and Field Performance: A Bibliometric Analysis. **Agronomy**, v. 11, 2021.

GNYANDEV, B.; KURDIKERI, M. B.; SALIMATH, P. M. Effect of seed treatment on plant growth, seed yield and quality of chickpea varieties. **International Journal of Agricultural Science and Research**, v. 5, n. 6, p. 61-66, 2009.

HACK, H.; BLEIHOLDER, H.; BUHR, L.; MEIER, U.; SCHNOCK-FRICKE, U.; WEBER, E.; WITZENBERGER, A. Einheitliche Codierung der phänologischen

Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen -Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein. **Heft 12**, v. 44, n. 12, p. 265-270, 1992.

HE, D.; WANG, E.; KIRKEGAARD, J.; HAN, E.; MALONE, B.; SWAN, T.; LILLEY, J. Usefulness of techniques to measure and model crop growth and yield at different spatial scales. **Field Crops Research**, v. 309, p. 109332, 2024.

HERNITER, I. A.; MUÑOZ-AMATRIÁIN, M.; CLOSE, T. J. Genetic, textual, and archeological evidence of the historical global spread of cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.). **Legume Science**, v. 2, n. 4, p. e57, 2020.

HIRPARA, A. B.; SAPOVADIYA, M. H.; PATEL, J. B.; CHAUHAN, K. P.; BABARIYA, P. A. Effect of harvesting stages on seed quality of soybean (*Glycine max* L.) Varieties. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 9, n. 2, p. 2348-2350, 2020.

HONAISSER, T. C.; ROSSI, G. B.; De MOURA ROCHA, M.; ARISI, A. C. M. Comparison of grain protein profiles of Brazilian cowpea (*Vigna unguiculata*) cultivars based on principal component analysis. **Food Prod Process and Nutr** 4, v. 4, n. 1, p. 16, 2022.

HORN, L.; NGHITUWAMHATA, S.; UEITELE, I. Cowpea Production Challenges and Contribution to Livelihood in Sub-Saharan Region. **Agricultural Sciences**, v.13, n. 1, p. 25, 2022.

HUNT, R.; CAUSTON, D. R.; SHIPLEY, B.; ASKEW, A. P. A modern tool for classical plant growth analysis. **Annals of Botany**, v. 90, n. 4, p. 485-488, 2002.

ISHIYAKU, M. F.; SINGH, B. B.; CRAUFURD, P.Q. Inheritance of time to flowering in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Euphytica**, v. 142, n. 3, p. 291-300, 2005.

JIA, P.; BAYAERTA, T.; LI, X.; DU, G. Relationships between flowering phenology and functional traits in eastern Tibet alpine meadow. **Arctic, Antarctic, and Alpine Research**, v. 43, n. 4, p. 585-592, 2011.

KATAL, N.; RZANNY, M.; MÄDER, P.; WÄLDCHEN, J. Deep Learning in Plant Phenological Research: A Systematic Literature Review. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 805738, 2022.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. 1. ed. Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009.

KUMAGAI, E.; BURROUGHS, C. H.; PEDERSON, T. L.; MONTES, C. M.; PENG, B.; KIMM, H.; BERNACCHI, C. J. Predicting biochemical acclimation of leaf photosynthesis in soybean under in-field canopy warming using hyperspectral reflectance. **Plant, Cell & Environment**, v. 45, n. 1, p. 80-94, 2022.

KUMARASAMY, V.; SUNDARALINGAM, K.; RENUGADEVI, J.; RAJASHREE, V. Seed development and maturation in sword bean (*Canavalia gladiata* L.). **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 9, n. 5, p. 3156-3162, 2020.

LAING, D. R.; JONES, P. G.; DAVIS, J. H. C. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: GOLDSWORTHY, P.R.; FISHER, N. M. (Eds.). **The physiology of tropical field crops**. New York: John Wiley, 1984. p. 305-351.

LI, H.; YAN, E.; JIANG, J.; MO, D. Monitoring of key *Camellia Oleifera* phenology features using field cameras and deep learning. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 219, p. 108748, 2024.

LIMA CRUZ, J. M. F. D.; ALVES, E. U.; De FARIAS, O. R.; ARAÚJO, P. C.; De OLIVEIRA, A. P. Physiological Maturity and Determination of the Harvest Time of *Vigna unguiculata* L. Walp. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 34, n. 2, p. 1-8, 2019.

LONARDI, S.; MUÑOZ-AMATRIAÍN, M.; LIANG, Q.; SHU, S.; WANAMAKER, S. I.; LO, S.; TANSKANEN, J.; SCHULMAN, A. H.; ZHU, T.; LUO, M. C.; ALHAKAMI, H.; OUNIT, R.; HASAN, A. M.; VERDIER, J.; ROBERTS, P. A.; SANTOS, J. R. P.; NDEVE, A.; DOLEŽEL, J.; VRÁNA, J.; HOKIN, S. A.; FARMER, A. D.; CANNON, S. B.; CLOSE, T.J. The genome of cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.). **The Plant Journal**, v. 98, n. 5, p. 767-782, 2019.

LOPES, C.; FEVEREIRO, P.; ARAÚJO, S. D. S. Understanding the transition from embryogenesis to seed filling in *Phaseolus vulgaris* L. non-endospermic seeds. **Frontiers in Plant Science**, v. 16, p. 1597915, 2025.

LOPES, I. S.; NÓBREGA, A. M. F. D.; MATOS, V. P. Maturation and harvest of seed *Amburana cearensis* (Allem.) AC Smith. **Ciência Florestal**, v. 24, p. 565-572, 2014.

LOPES, J. C.; DIAS, P. C.; PEREIRA, M. D. Maturação fisiológica de sementes de quaresmeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 8, p. 811-816, 2005.

LUFU, R.; AMBAW, A.; OPARA, U. L. Mechanisms and modelling approaches to weight loss in fresh fruit: A review. **Technology in Horticulture**, v. 4, n. 1, 2024.

MAPHOSA, L.; PRESTON, A.; RICHARDS, M. F. Effect of sowing date and environment on phenology, growth and yield of lentil (*Lens culinaris* Medikus.) genotypes. **Plants**, v. 12, n. 3, p. 474, 2023.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015.

MATA, M. F.; SILVA, K. B.; BRUNO, R. D. L. A.; FELIX, L. P.; MEDEIROS FILHO, S.; ALVES, E. U. Maturação fisiológica de sementes de ingazeiro (*Inga striata*) Benth. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 549-565, 2013.

MEDEIROS, M. A. D.; GRANGEIRO, L. C.; TORRES, S. B.; FREITAS, A. V. L. Maturação fisiológica de sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 17-24, 2010.

MEDEIROS, M. G.; SILVA, J. S. D. S.; OLIVEIRA, G. B. S.; TORRES, S. B.; SILVEIRA, L. M. D. Physiological maturity of *Luffa cylindrica* (L.) Roem. seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, p. 76-82, 2019.

MEIER, U.; BLEIHOLDER, H.; BUHR, L.; FELLER, C.; HACK, H.; HEß, M.; LANCASHIRE, P. D.; SCHNOCK, U.; STAUß, R.; VAN DEN BOOM, T. The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants – history and publications. **Journal für Kulturpflanzen**, v. 61, n. 2, p. 41-52, 2009.

MELO, A. S. D.; MELO, Y. L.; LACERDA, C. F. D.; VIÉGAS, P. R.; FERRAZ, R. L. D. S.; GHEYI, H. R. Water restriction in cowpea plants [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]:

Metabolic changes and tolerance induction. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 3, p. 190-197, 2022.

MENDES, A. M. S.; FIGUEIREDO, A. F.; SILVA, J. F. Crescimento e maturação dos frutos e sementes de urucum. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p. 25-34, 2005.

MIR, M. S.; SINGH, P.; KANTH, R. H.; BHAT, T. A.; SHAH, Z. A.; DAR, E. A.; ELSHIKH, M. S. Impact of different sowing dates and weed management strategies on phenological development, productivity, and thermal efficiencies of direct seeded rice. **Advances in Weed Science**, v. 42, p. e020240069, 2024.

MORELLATO, L. P. C. A pesquisa em fenologia na América do Sul, com ênfase no Brasil, e suas perspectivas atuais. In: REGO, G. M.; NEGRELLE, R. R. B.; MORELLATO, L. P. C. (Eds.). **Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

MOURA, J. Z.; PÁDUA, L. E. M.; GONÇALVES, M. S.; TORRES, S. J.; SILVA, R. M. P. Escala de desenvolvimento fenológico e exigência térmica associada a graus-dia do feijão-caupi. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 3, p. 66-71, 2012.

MOUSSA, O. A.; RABIOU, A. B. D. O. U.; ABDOU, H. A. R. O. U.; SO TIMOTHÉE KOUASSI, A. G. B. O.; MASSAOU DOU, D. B.; YACOUBA, B. A. K. A. S. S. O. Agromorphological evaluation of six varieties of Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] in the Zinder region (Niger). **Journal of Applied & Natural Science**, v. 15, n. 4, 2023.

MUNIER-JOLAIN, N. G. M.; MUNIER-JOLAIN, N. M.; ROCHE, R.; NEY, B.; DUTION, C. Seed growth rate in grain legumes I. Effect of photoassimilate availability on seed growth rate. **Journal of Experimental Botany**, v. 49, n. 329, p. 1963-1969, 1998.

NELISSEN, H.; GONZALEZ, N. Understanding plant organ growth: a multidisciplinary field. **Journal of Experimental Botany**, v. 71, n. 1, p. 7-10, 2020.

NIETO, L.; SCHWALBERT, R.; PRASAD, P. V.; OLSON, B. J.; CIAMPITTI, I. A. An integrated approach of field, weather, and satellite data for monitoring maize phenology. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 15711, 2021.

NJONJO, M. W.; MUTHOMI, J. W.; MWANG'OMBE, A. W. Production practices, postharvest handling, and quality of cowpea seed used by farmers in Makueni and Taita Taveta Counties in Kenya. **International Journal of Agronomy**, v. 2019, n. 1, p. 1607535, 2019.

NO, D. H.; BAEK, D.; LEE, S. H.; CHEONG, M. S.; CHUN, H. J.; PARK, M. S.; KIM, M. C. High-temperature conditions promote soybean flowering through the transcriptional reprogramming of flowering genes in the photoperiod pathway. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 3, p. 1314, 2021.

NOGUEIRA, N. W.; FREITAS, R. M. O. D.; TORRES, S. B.; LEAL, C. C. P. Physiological maturation of cowpea seeds. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 3, p. 312-317, 2014.

OLIVEIRA, A. B.; MESQUITA, R. O.; GUIMARÃES, M. A.; NETO, H. S. L.; SILVA, T. M. Exigências Edafoclimáticas e Ecofisiologia. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão-caupi do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017. p. 52-69.

OLIVEIRA, I. J.; FONTES, J. R. A.; DIAS, M. C.; BARRETO, J. F. Recomendações técnicas para o cultivo de feijão-caupi no estado do Amazonas. Manaus, Brazil: **Embrapa Amazônia Ocidental**, 2019.

OLIVEIRA, M. G. C. D.; OLIVEIRA, L. F. C.; WENDLAND, A.; GUIMARÃES, C. M.; QUINTELA, E. D.; BARBOSA, F. R.; CARVALHO, M. C. S.; LOBO JUNIOR, M.; SILVEIRA, P. M. Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos. **Embrapa Arroz e Feijão**: Brasília, 2018. p. 59.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. D.; PEIXOTO, M. F. S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 51-76, 2011.

PEZZINI, R. V.; CARGNELUTTI FILHO, A.; De BEM, C. M.; De SOUZA, J. M.; GÃ, G.; NEU, I. M. M.; PROCEDI, A. Modelos Gompertz e Logístico para caracteres morfológicos de cultivares de capim-sudão em épocas de semeadura. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 6, p. 3399-3418, 2019.

POMMERENING, A.; MUSZTA, A. Relative plant growth revisited: Towards a mathematical standardisation of separate approaches. **Ecological modelling**, v. 320, p. 383-392, 2016.

POORTER, H. Interspecific variation in relative growth rate: on ecological causes and physiological consequences. **Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants**, v. 24, p. 45-68, 1989.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: ABRATES, 1985.

POTGIETER, A. B.; ZHAO, Y.; ZARCO-TEJADA, P. J.; CHENU, K.; ZHANG, Y.; PORKER, K.; BIDDULPH, B.; DANG, Y. P.; NEALE, T.; ROOSTA, F.; CHAPMAN, S. Evolution and application of digital technologies to predict crop type and crop phenology in agriculture. In **Silico Plants**, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2021.

PRASATH, S.; MENAKA, C.; GEETHA, R.; YUVARAJA, A. Pattern of Seed Development and Maturation in Horse Gram (*Macrotyloma uniflorum* Lam.). **Legume Research: An International Journal**, v. 47, n. 6, 2024.

QIAN, W.; HU, Y.; LIN, X.; YU, D.; JIA, S.; YE, Y.; GAO, S. Phenological growth stages of *Abelmoschus manihot*: Codification and description according to the BBCH Scale. **Agronomy**, v. 13, n. 5, p. 1328, 2023.

RAMTEKEY, V.; CHERUKURI, S.; KUMAR, S.; V, S. K.; SHEORAN, S.; K, U. B.; SINGH, H. V. Seed longevity in legumes: deeper insights into mechanisms and molecular perspectives. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 918206, 2022.

REGISTRO NACIONAL DE CULTIVARES – RNC. **Registro de cultivares de feijão-caupi**. Cultivar Web. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Disponível em: https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php. Acesso em: 19 mar. 2026.

REN, Y.; ZHU, J.; ZHANG, H.; LIN, B.; HAO, P.; HUA, S. Leaf carbohydrate metabolism variation caused by late planting in rapeseed (*Brassica napus* L.) at reproductive stage. **Plants**, v. 11, n. 13, p. 1696, 2022.

ROCH, L.; PRIGENT, S.; KLOSE, H.; CAKPO, C. B.; BEAUVOIT, B.; DEBORDE, C.; GIBON, Y. Biomass composition explains fruit relative growth rate and discriminates climacteric from non-climacteric species. **Journal of Experimental Botany**, v. 71, n. 19, p. 5823-5836, 2020.

ROCHA, L. G.; MASETTO, T. E.; ARAÚJO, R. M.; SILVA, D. M.; TOLEDO, M. Z. Seed development of mung bean: an approach of maturation in tropical conditions. **Brazilian Journal of Biology**, v. 85, 2025.

ROCHA, M. de M. **Cultivares de feijão-caupi**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao-caupi/pre-producao/caracteristicas-e-relacoes-com-o-ambiente/cultivares>. Acesso em: 11 mai. 2024.

ROCHA, M. de M.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, K. J. D.; RIBEIRO, V. Q. Feijão-caupi: biologia floral. Teresina: **Embrapa Meio-Norte**, 2007.

SAKTHIVEL, S.; RENUGADEVI, J.; RAJA, K.; SWARNAPRIYA, R. Assessing the Pattern of Seed Development and Maturation in Yard Long Bean [*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdcourt]. **Legume Research**, v. 46, n. 5, 2023.

SALINAS, I.; HUESO, J. J.; CUEVAS, J. Fruit growth model, thermal requirements and fruit size determinants in papaya cultivars grown under subtropical conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 246, p. 1022-1027, 2019.

SANTOS, J. B.; GAVILLANES, M. L. Botânica. In: Vieira. C.; Junior Paula, T. J.; Borém, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 41-65.

SHARMA, P.; SARDANA, V.; KANDHOLA, S. S. Effect of Sowing Dates and Harvesting Dates on Germination and Seedling Vigor of Groundnut (*Arachis hypogaea*) Cultivars. **Research Journal of Seed Science**, v. 6, n. 1, p. 1-15, 2013.

SILVA, F. S. O.; PEREIRA, E. C.; MENDONÇA, V.; SILVA, R. M. D.; ALVES, A. A. Phenology and yield of the 'roxo de valinhos' fig cultivar in western potiguar. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 802-810, 2017.

SILVA, F. W. R.; SANTOS, J. Z. L. Growth performance of cowpea plants grown under different ionic concentrations of the nutrient solution. **Ciência Rural**, v. 54, p. e20230145, 2024.

SILVA, K. J. D. **Feijão-caupi: estatística da produção**. 2021. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) - Brasília, DF. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao-caupi/pre-producao/socioeconomia/estatisticas-da-producao>. Acesso em: 19 mai. 2024.

SILVA, R.; GONÇALVES, I. S.; OLIVEIRA, G.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; SANTIAGO, E. J. P.; PEREIRA, A. V. A. Caracterização fenológica associada a graus-dia em genótipos de feijão-caupi para o Submédio do Vale do São Francisco. In: **IV INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, XXVI CONIRD – Congresso Brasileiro de Irrigação e Drenagem e III SBS – Simpósio Brasileiro de Salinidade**, 2017.

SILVA, Z. L. " **Verão e inverno amazônico**" perspectiva meteorológica e a percepção dos moradores do município de Manaus/AM. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas, 2022.

STRECK, N. A.; BOSCO, L. C.; MICHELON, S.; WALTER, L. C.; MARCOLIN, E. Ciclo de desenvolvimento de cultivares de arroz em função da emissão de folhas no colmo principal. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1086-1093, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TAVARES, D. S.; FERNANDES, T. E. K.; RITA, Y. L.; ROCHA, D. C.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; GOMES, M. P. Germinative metabolism and seedling growth of cowpea (*Vigna unguiculata*) under salt and osmotic stress. **South African Journal of Botany**, v. 139, p.399-408, 2021.

TCHUMOU, M.; WOHI, M.; OUPHO, B. B.; TANO, K. Impact of maturity stage on physicochemical, phytochemical characteristics and antioxidant activity of seeds of Phaseolus lunatus (Fabaceae) three cultivars consumed in Ivory Coast. **American Journal of Food Science and Technology**, v. 11, n. 5, p. 162-174, 2023.

TERASAWA, J. M.; PANOBIANCO, M.; POSSAMAI, E.; KOEHLER, H. S. Antecipação da colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Bragantia**, v. 68, p. 765-773, 2009.

TRONG, L. V.; KHANH, N. N.; HUYEN, L. T.; PHUONG, H. T.; HIEN, V. T. T. Physiological changes during the growth and development of litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn.) grown in Vietnam. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, p. e-658, 2021.

TSAKALDIMI, M.; GANATSAS, P.; JACOBS, D. F. Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology. **New Forests**, v. 44, n. 3, p. 327-339, 2013.

VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2017. 267 p.

VIJAY, M.; RATHOD, D.; SINGH, N.; TIWARI, S.; KAHAR, L.; MALVIYA, D.; AHARWAR, M. Assessment of germination dynamics through maturity and pretreatment studies in *Flacourtia indica* (Burm. f.) Merr. **International Journal of Research in Agronomy**, v. 8, n. 4, p. 30-36, 2025.

WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; ROSA, H. T.; ALBERTO, C. M.; OLIVEIRA, F. B. D. Desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de cultivares de trigo e sua associação com a emissão de folhas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2320-2326, 2009.

WAN, Y.; XIN, F.; BIANBA, J.; GUO, X.; XIE, H.; ZHANG, C.; LIU, J. Establishing the phenological development stages of Sophora moorcroftiana using the BBCH scale. **Scientific Reports**, v. 15, n. 1, 2025.

WUBS, A. M.; MA, Y. T.; HEUVELINK, E.; HEMERIK, L.; MARCELIS, L. F. Model selection for nondestructive quantification of fruit growth in pepper. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 137, n. 2, p. 71-79, 2012.

YAO, Y.; JING, S.; NAMBEESAN, S. U.; MALLADI, A. Growth regulation during early fruit development in apple (*Malus× domestica* Borkh.): a temporal event map of transcriptome and phytohormone changes. **BMC Plant Biology**, v. 25, n. 1, 2025.

ZADRAVEC, P.; VEBERIC, R.; STAMPAR, F.; SCHMITZER, V.; ELER, K. Fruit growth patterns of four apple cultivars using nonlinear growth models. **Eur. J. Hortic. Sci.** v. 79, p. 52-59, 2014.

ZHANG, H.; YUAN, W.; LIU, S.; DONG, W.; FU, Y. Sensitivity of flowering phenology to changing temperature in China. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 120, n. 8, p. 1658-1665, 2015.