



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ESTUDO DE MATURAÇÃO DE SEMENTES DE GRÃO-DE-BICO
(*Cicer arietinum* L.) DOS TIPOS DESI E KABULI

THAÍS LARYSSA SILVA DE OLIVEIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF
FEV/2026



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ESTUDO DE MATURAÇÃO DE SEMENTES DE GRÃO-DE-BICO
(*Cicer arietinum* L.) DOS TIPOS DESI E KABULI

THAÍS LARYSSA SILVA DE OLIVEIRA

ORIENTADORA: NARA OLIVEIRA SILVA SOUZA
COORIENTADOR: RICARDO CARMONA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF
FEV/2026



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ESTUDO DE MATURAÇÃO DE SEMENTES DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.)
DOS TIPOS DESI E KABULI**

THAÍS LARYSSA SILVA DE OLIVEIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

APROVADO POR:

**Prof. Dra. NARA OLIVEIRA SILVA SOUZA (FAV/UnB)
(Orientadora)**

**Prof. Dr. RICARDO CARMONA (FAV/UnB)
(Coorientador)**

**Dr. JOSÉ DE OLIVEIRA CRUZ (FAV/UnB)
(Examinador interno)**

**Dr. ISAAC LEANDRO DE ALMEIDA (Embrapa Arroz e Feijão)
(Examinador externo)**

BRASÍLIA/DF, 10 de Fevereiro de

RESUMO

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é a segunda leguminosa mais consumida no mundo, proveniente do sudeste turco, esta é uma cultura em expansão no Brasil. Pertencente à família Fabaceae, o grão-de-bico apresenta hábito de crescimento indeterminado e possui dois grupos de sementes: Desi e Kabuli. A utilização de sementes de alta qualidade é fundamental para um bom desempenho em campo, sendo a época de colheita um dos fatores determinantes para sua qualidade. O conhecimento dos índices de maturidade fisiológica da cultura possibilita a colheita no momento em que a semente atinge sua máxima qualidade fisiológica, caracterizada por parâmetros como teor de umidade, acúmulo de matéria seca, tamanho da semente, germinação e vigor. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar a maturação e a qualidade fisiológica e física de sementes de grão-de-bico com o intuito de determinar o ponto de maturidade fisiológica. O estudo de campo foi conduzido na Fazenda Água Limpa, da Universidade de Brasília – UnB/FAL, e as determinações e testes no Laboratório de Tecnologia de Sementes, na Universidade de Brasília. As vagens de grão-de-bico dos tipos Desi e Kabuli foram coletadas semanalmente após a antese até que estas entrassem em senescência. Em laboratório foram realizadas determinações do grau de umidade, matéria seca das sementes, tamanho da semente e os testes de germinação e vigor, por meio da primeira contagem de germinação e envelhecimento acelerado. Para a cultura do Kabuli, a janela adequada para a colheita de sementes de grão-de-bico ocorre entre a 11^a e a 13^a semana após a antese (2024) e entre a 9^a e a 11^a semana (2025). No que se refere ao Desi, esta ocorre entre a 11^a e a 13^a semana após a antese (2024) e entre a 8^a e a 10^a semana (2025).

PALAVRAS-CHAVE: caracteres morfofisiológicos, maturidade fisiológica, ponto de colheita, viabilidade, vigor.

ABSTRACT

Chickpeas (*Cicer arietinum* L.) is the second most consumed legume in the world, originating from southeastern Turkey, and is a growing crop in Brazil. Belonging to the Fabaceae family, chickpeas have an indeterminate growth habit and two seed groups: Desi and Kabuli. The use of high-quality seeds is fundamental for good field performance, with the harvest time being one of the determining factors for their quality. Knowledge of the crop's physiological maturity indices allows harvesting when the seed reaches its maximum physiological quality, characterized by parameters such as moisture content, dry matter accumulation, seed size, germination, and vigor. Therefore, this study aimed to evaluate the maturation and physiological and physical quality of chickpea seeds in order to determine the point of physiological maturity. The field study was conducted at the Água Limpa Farm, University of Brasília – UnB/FAL, and the determinations and tests were carried out at the Seed Technology Laboratory, University of Brasília. Chickpea pods of the Desi and Kabuli varieties were harvested weekly after anthesis until senescence. In the laboratory, determinations were made of moisture content, seed dry matter, seed size, and germination and vigor tests were performed using the first germination count and accelerated aging. For the Kabuli variety, The appropriate window for harvesting chickpea seeds occurs between the 11th and 13th week after anthesis (2024) and between the 9th and 11th week (2025). Regarding Desi, this occurs between the 11th and 13th week after anthesis (2024) and between the 8th and 10th week (2025).

KEYWORDS: harvest point, harvest, physiological maturity, morphophysiological characters.

“Para que todos vejam, e saibam, e considerem,
e juntamente entendam que a mão do Senhor fez isto.”

Isaías 41:20

SUMÁRIO

RESUMO	4
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3. REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1 Contexto Agrônômico e Econômico.....	12
3.1.1 A cultura do grão-de bico	12
3.1.2 Cultivo do grão-de-bico no Brasil.....	13
3.1.3 Aspectos econômicos	13
3.2 Características e manejo do Grão-de-Bico.....	14
3.2.1 Botânica do grão-de-bico	14
3.2.2 Manejo da cultura do grão-de-bico	15
3.3 Aspectos da Qualidade de Sementes	16
3.3.1 Qualidade de sementes.....	16
3.3.2 Maturação fisiológica.....	17
3.4 Metodologias de Análise de Sementes.....	19
3.4.1 Determinações e testes para a avaliação da qualidade fisiológica e física.....	19
3.4.2 Determinação do grau de umidade.....	19
3.4.3 Matéria seca das sementes	19
3.4.4 Tamanho da semente e coloração	20
3.4.5 Germinação.....	20
3.4.6 Vigor.....	21
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
CAPÍTULO 1	27
1. INTRODUÇÃO.....	30
2. MATERIAL E MÉTODOS	31
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4. CONCLUSÃO	49
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	50
CAPÍTULO 2	55
1. INTRODUÇÃO.....	58
2. MATERIAL E MÉTODOS	59

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
4. CONCLUSÃO	76
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1 - Temperaturas (T) máximas (max), médias (med) e mínimas (min), precipitação pluviométrica (P) e umidade relativa do ar (UR), da Fazenda Água Limpa – FAL/UNB – DF em 2024 e 2025. Fonte: Laboratório de Agroclimatologia da Universidade de Brasília.

Figura 2 - Teor de água das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Figura 3 - Massa seca das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Figura 4 - Comprimento das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Figura 5 - Largura das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Figura 6 - Espessura das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Figura 7 - Coloração das vagens avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Figura 8 - Coloração das vagens avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus na 15^a semana após a antese em 2024.

Figura 9 - Coloração das vagens avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus na 13^a semana após a antese em 2025.

Figura 10 - Germinação das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Figura 11 - Primeira Contagem de Germinação das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Figura 12 - Envelhecimento acelerado das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus ao longo

dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

CAPÍTULO 2

Figura 1 - Temperaturas (T) máximas (max), médias (med) e mínimas (min), precipitação pluviométrica (P) e umidade relativa do ar (UR), da Fazenda Água Limpa – FAL/UNB – DF em 2024 e 2025. Fonte: Laboratório de Agroclimatologia da Universidade de Brasília.

Figura 2 - Teor de água das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Cappuccino ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Figura 3 - Massa seca das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Cappuccino ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Figura 4 - Comprimento das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Cappuccino ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Figura 5 - Largura das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Cappuccino ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Figura 6 - Espessura das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Cappuccino ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Figura 7 - Coloração das vagens avaliadas de *Cicer arietinum* GB Cappuccino ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Figura 8 - Germinação das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Cappuccino ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Figura 9 - Primeira Contagem de Germinação das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Cappuccino ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Figura 10 - Envelhecimento acelerado das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Cappuccino ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

1. INTRODUÇÃO

As pulses, consideradas leguminosas de grão seco, são alimentos altamente nutritivos, ricos em proteínas, fibras, minerais e vitaminas, ocupando posição de destaque nas discussões sobre nutrição humana. Reconhecendo sua importância, a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou o ano de 2016 como o Ano Internacional das Pulses. Além de seus benefícios contribuírem com nutrição, saúde humana e segurança alimentar global, as pulses também desempenham uma função relevante na promoção da sustentabilidade ambiental do planeta. Dentre as pulses, destaca-se o grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), que, segundo a FAO (2017), é a segunda leguminosa mais consumida no mundo.

No Brasil, tanto o consumo quanto a produção desse grão vêm aumentando ao longo dos anos. No entanto, devido ao alto consumo, a demanda interna do mercado supera a oferta nacional, tornando-se necessário importar a maior parte do que é consumido. O país apresenta grande potencial para ampliar a produção, especialmente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, por apresentarem características de clima e altitude favoráveis para o cultivo.

Para a expansão da cultura e aumento da produção é essencial o fornecimento de sementes de elevada qualidade física, fisiológica, genética e sanitária. A utilização de sementes de elevada qualidade é fundamental para uma rápida emergência de plântulas em campo, lavouras uniformes e de alta produtividade. Um dos fatores que afeta a qualidade da semente é a realização da colheita na época adequada (Nascimento; Silva, 2019; Trancoso, 2023).

A determinação da melhor época de colheita exige o conhecimento das alterações estruturais e fisiológicas das sementes, conhecidas como índices de maturidade fisiológica. Cada espécie apresenta particularidades em relação aos índices, que baseiam-se nas características físicas e fisiológicas, como coloração, tamanho, vigor, germinação, teor de umidade e acúmulo de matéria seca. Assim, o ponto de maturidade fisiológica corresponde ao estágio em que a semente atinge a sua máxima qualidade fisiológica.

Avaliar o processo de maturação das sementes visa determinar para cada espécie, como e quando ele é atingido, no sentido de orientar, quanto ao estágio em que as sementes apresentam a máxima de qualidade (Cruz, 2017).

O grão-de-bico é considerado pronto para a colheita quando grande parte das plantas estão amarelas e a maioria das vagens estão maduras, com coloração amarela à marrom. Mas, nesse estágio, as plantações podem ter sementes ainda verdes (Khatun et al., 2010). Em estudo realizado por Trancoso (2021), o conteúdo de matéria seca e o tamanho das sementes foi máximo quando as vagens apresentavam coloração amarela, enquanto a máxima qualidade fisiológica foi constatada em sementes obtidas de vagens com coloração amarela, amarelo dourado e marrom.

Apesar desses avanços, persiste uma lacuna de conhecimento sobre a dinâmica precisa da maturação fisiológica para os tipos de grão-de-bico (desi e kabuli) cultivados no Brasil, bem como sobre a definição de uma janela de colheita segura que maximize a qualidade das sementes em condições de maturação desuniforme.

Diante da relevância em compreender o processo de maturação fisiológica e a época ideal de colheita de sementes da cultura de grão-de-bico, este trabalho foi realizado com o objetivo estudar a maturação de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) dos tipos desi e kabuli, com o intuito de determinar o ponto de maturidade fisiológica.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a maturação de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) dos tipos desi e kabuli, com o intuito de determinar o ponto de maturidade fisiológica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Avaliar características de natureza física: biometria e coloração – relacionadas à maturação de sementes de grão-de-bico dos tipos desi e kabuli.
- 2) Avaliar características de natureza fisiológica: teor de água, matéria seca, germinação e vigor – associadas à maturação de sementes de grão-de-bico dos tipos desi e kabuli.
- 3) Relacionar as alterações físicas das sementes e vagens com os parâmetros fisiológicos durante o processo de maturação.
- 4) Identificar o ponto de maturidade fisiológica de sementes de grão-de-bico dos tipos desi e kabuli.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Contexto Agronômico e Econômico

3.1.1 A cultura do grão-de bico

O primeiro relato do descobrimento da espécie selvagem do grão-de-bico, *Cicer reticulatum* Ladiz., foi datado em 1975, no sudeste da Turquia, próximo à Síria, e esta tornou-se a base para o desenvolvimento do grão-de-bico cultivado. A partir do seu centro de origem, o grão-de-bico se espalhou, primeiramente, pela Europa (especialmente na região do Mediterrâneo) e mais tarde pela África (principalmente Etiópia), América (nos países México, Chile e Argentina) e Austrália. Existem 44 espécies do gênero *Cicer*, se estendendo desde o Oriente Médio, Turquia, Israel e Ásia Central (Souza, 2019; Queiroga et al., 2021).

A espécie *Cicer arietinum* é tradicionalmente cultivada em regiões de clima temperado, preferencialmente em áreas com baixo índice pluviométrico. Apresenta boa capacidade de adaptação a condições de estresse hídrico, mas apresenta sensibilidade às condições climáticas extremas (Sousa, 2021).

A cultura do grão-de-bico possui ampla potencialidade de uso. Enquanto a planta pode ser aproveitada como adubo verde, seus grãos apresentam versatilidade na culinária. Em função do seu elevado índice proteico, que pode atingir cerca de 19%, o grão é utilizado em diversas preparações como pastas, e, com o grão inteiro, em sopas e saladas, além de ser importante fonte de alimento vegano de modo geral (Lana, 2016).

3.1.2 Cultivo do grão-de-bico no Brasil

O grão-de-bico chegou ao Brasil por meio de imigrantes espanhóis, sírios e libaneses – do Oriente Médio. Seu cultivo ganhou relevância no Cerrado, região onde os primeiros estudos foram realizados, em 1982, com uma variedade de pedigree desconhecida, trazida da Índia (Sousa, 2021). A cidade goiana de Cristalina é pioneira e se destaca na produção de grão-de-bico no Brasil. Embora o cultivo desta cultura ainda seja recente no país, ele está em fase de desenvolvimento em diversas etapas da cadeia produtiva (Mariano, 2020).

Por se adaptar bem ao calendário agrícola, como cultura de safrinha (ou segunda safra), bem como ao cultivo no período de inverno sob irrigação, os produtores rurais do Cerrado têm se interessado cada vez mais pelo cultivo deste grão (Sousa, 2021).

As pesquisas com grão-de-bico, no Brasil, tiveram início na década de 1980, na Embrapa Hortaliças/DF, onde se encontra um banco ativo de germoplasma e desenvolvimento de novas cultivares. Graças a investimentos e incentivos, foi possível alcançar produtividades superiores a 3 t/ha, o que tem atraído a atenção de produtores, resultando na expansão das áreas cultivadas para atender a crescente demanda de exportação (Reyes, 2022). No entanto, a produção de grão-de-bico ainda é insuficiente para atender ao mercado consumidor interno brasileiro, havendo a necessidade de importá-la de outros países, principalmente do México e da Argentina (Souza, 2019).

Em 2016, de acordo com o Banco de Dados de Estatísticas do Comércio Internacional das Nações Unidas (UN Comtrade), a Índia importou 873 mil toneladas de grão-de-bico, o equivalente a US\$ 688 milhões em volume de negócio.

3.1.3 Aspectos econômicos

O grão-de-bico é cultivado em cerca de 57 países, em diversas condições ambientais, com destaque para o Sul e o Sudeste Asiático, que dominam a produção.

As cultivares do tipo Desi correspondem a 80% da área cultivada mundialmente, sendo preferidas para consumo em países árabes e na Índia. Essas cultivares são comercializadas principalmente secas, seja em grãos partidos ou sob a forma de farinhas. Com o objetivo de expandir o portfólio e aumentar a competitividade com países exportadores de grão-de-bico, torna-se necessária a disponibilização de cultivares do tipo Desi que sejam adaptadas às condições locais e apresentem características competitivas com as cultivares importadas (Merga; Haji, 2019; Sousa, 2021). Contudo, no Brasil, os consumidores e o comércio têm preferência pelo tipo Kabuli (Carvalho et al., 2021).

A FAO reportou que no ano de 2019 foram cultivados 13.721.962 hectares no mundo todo com a cultura do grão-de-bico. A Índia foi responsável por 9.547.030 hectares, atingindo produtividades de aproximadamente 1,041 t/ha. Para demais países, como a Turquia, a área produzida foi de 630.000 hectares, a produtividade foi de 1,217 t/ha. Enquanto para a Rússia, Mianmar e Paquistão, computou-se produtividades de 0,917 t/ha, 1,316 t/ha e 0,473 t/ha respectivamente (Faostat, 2021; Reyes, 2022).

3.2 Características e manejo do grão-de-bico

3.2.1 Botânica do grão-de-bico

O grão-de-bico, pertencente à família Fabaceae, subfamília Papilionoideae e gênero *Cicer*, é uma leguminosa diploide e autógama. Sua polinização ocorre antes da abertura das flores, um fenômeno denominado de cleistogamia. Com germinação hipógea, as plântulas crescem de forma ereta, mostrando ao nível do solo as primeiras folhas, que surgem fechadas, enquanto os cotilédones, permanecem sob o solo (Nascimento et al., 2016).

Quanto à coloração, as hastes do grão-de-bico podem apresentar duas variações: verde com manchas de coloração púrpura e verde, as quais diferenciam os tipos Desi e Kabuli, respectivamente. Com base na inclinação das hastes pode-se ainda citar cinco hábitos de crescimento: ereto, semiereto, semi-inclinado, inclinado e prostrado (Nascimento et al., 2016).

O sistema radicular é do tipo pivotante, com a raiz principal, que ao desenvolver-se completamente, pode aprofundar-se em até 2 metros. Ela apresenta inúmeras raízes laterais de origem endógena, sendo a maior proporção delas até 60 cm. Quanto mais volumosa a massa radicular, melhor será a tolerância à seca da cultivar. O espessamento acentuado da raiz principal funciona como um órgão de reserva para o armazenamento de água e nutrientes das plantas em desenvolvimento (Queiroga et al., 2021).

A ramificação, do tipo monopodial, varia entre 3 e 5 eixos principais alternos, bastante ramificados. O crescimento do grão-de-bico é indeterminado, ou seja, não há necessidade de

tutoria. Os padrões de ramificação estão relacionados ao surgimento dos nós no caule principal, dependendo da temperatura e da umidade ambiente (Gan et al., 2006).

As folhas, pubescentes, geralmente são compostas por folíolos imparipinulados, com margens serradas, mas também podem se apresentar paripinulados ou trifoliolados. O número de pares de folíolos por folha pode variar de três a mais de 13. Os folíolos, geralmente, possuem 10-15 mm de comprimento e 4-12 mm de largura. As estípulas têm, em geral, 3-5 mm de comprimento e 2-4 mm de largura. Toda a superfície externa da planta, com exceção da corola, é coberta por pêlos (Vieira et al., 2001).

A floração e o desenvolvimento dos legumes ocorrem de forma acropética, ou seja, desde a base até a região apical. O florescimento, quando em condições favoráveis, pode se prolongar por até 50 dias, mas pode ser interrompido após 20 dias em condições adversas. Somente 20-50% das flores produzem vagens em condições de temperaturas amenas, levando mais tempo para a maturação. A produtividade do grão-de-bico tende a ser maior quando o desenvolvimento da cultura é mais longo (Singh; Saxena, 1999).

O fruto do grão-de-bico é uma vagem pubescente, acuminada e intumescida. Seu formato pode ser romboide, oblongo ou ovado (Inácio, 2021). As sementes variam quanto à assimetria, podendo ser redondas, quadrangulares, triangulares ou ovais. O lóbulo radicular proeminente dá-lhes a aparência de “bicos”, o que determina a região mais sensível da semente. A superfície da semente pode ser enrugada ou áspera, característica das sementes do tipo Desi, enquanto as sementes do tipo Kabuli apresentam a superfície lisa ou ligeiramente enrugada (Singh et al., 1999).

As cultivares do grupo Desi têm sementes pequenas, de coloração amarela, marrom ou preta, de forma angular e de superfície áspera. As plantas contêm antocianina resultando em flores róseas ou púrpuras. Os folíolos são pequenos e, geralmente, produzem de dois a três grãos por vagem. O grupo Kabuli caracteriza-se por suas sementes graúdas, com formato de “cabeça de carneiro”, coloração creme e baixo teor de fibras. As plantas não contêm antocianina, logo, as flores são brancas. Os folíolos são grandes e, normalmente, formam-se dois grãos por vagem (Van Der Maesen, 1972; Braga et al., 1992; Queiroga, 2021).

3.2.2 Manejo da cultura do grão-de-bico

O grão-de-bico, leguminosa de estação fria, nos trópicos é cultivado como safra de inverno e, em ambientes temperados, como safra de verão ou primavera. O ciclo da cultura e a floração são condicionados pelo genótipo, pela temperatura, fotoperíodo e pela disponibilidade de água (Gordillo, 1991). A faixa de temperatura ótima para a germinação do grão-de-bico é de 28 °C a 33 °C, o que pode variar conforme a cultivar a utilizada. Geralmente, temperaturas do ar superiores a 30 °C limitam a produção em pulses de outono-inverno. Em regra, temperaturas do ar entre 10 °C

e 30 °C são mais favoráveis para a maioria das cultivares (Braga et al., 2023).

Solos de textura média a argilosa, com boa drenagem natural e ricos em nutrientes e matéria orgânica, são os mais adequados para o desenvolvimento da cultura. O grão-de-bico não tolera solos encharcados e com alto teor de salinidade. A faixa de pH ideal, dependendo do solo, pode variar de 6,0 a 8,0 (Guilherme-Filho, 2021). O plantio pode ser realizado em linhas, por meio de semeadeira, com espaçamento ideal de 30 a 50 cm entre linhas e 10 a 15 cm entre plantas, dependendo da variedade utilizada. E a lanço, do final de março ao início de maio (Sharna, 1984).

Entre as doenças que mais afetam a cultura, destacam-se a queima de *Ascochyta*, murcha-de-esclerócio, *Fusarium*, podridões de raízes e nematoides de cistos, formadores de galhas e parasitas (Nascimento et al., 2016). Plantas daninhas anuais de folha larga competem com a cultura devido à similaridade no padrão de crescimento, afetando as perdas de rendimento do grão-de-bico, considerando seu hábito de crescimento, exigências nutricionais e absorção de água (Amaral, 2013). Quando controladas de forma eficaz, a produtividade do grão-de-bico pode aumentar de 17 a 105% (Icarda, 1986).

3.3 Aspectos da Qualidade de Sementes

3.3.1 Qualidade de sementes

De acordo com Peske et al. (2003), uma semente de qualidade precisa apresentar quatro atributos: qualidade física, fisiológica, genética e sanitária.

A qualidade física diz respeito às características visíveis ou externas que podem interferir na qualidade interna das sementes. O grau de umidade em que a semente foi colhida, por exemplo, pode interferir na qualidade física. As sementes, quando colhidas com elevado teor de umidade, podem ser mais susceptíveis aos danos mecânicos, lesões e danos na epiderme. Os danos também podem intervir no metabolismo das sementes, deixando-as com aspectos visuais de depreciadas, a aparência faz parte da qualidade física, o visual pode interferir na aceitação do produto (Santos; Baldoni, 2018).

A qualidade fisiológica da semente tem relação direta com sua capacidade de desempenhar suas funções vitais, como a longevidade, germinação e vigor. Logo, o resultado dos efeitos sobre a qualidade é observado na queda da porcentagem de germinação, aumento de plântulas anormais e diminuição do vigor. O estabelecimento da cultura, desenvolvimento das plantas, uniformidade e a produtividade podem ser afetadas pelo nível de vigor das sementes (Toledo et al., 2009; Santos et al., 2019).

A qualidade genética consiste, entre outros, dos atributos de pureza varietal, homogeneidade, potencial de produtividade, resistência a moléstias e insetos, precocidade e qualidade dos produtos. A qualidade sanitária, por sua vez, compreende a condição da semente quanto à presença e grau de

ocorrência de patógenos e insetos que causam doenças ou injúrias à semente ou que, transmitidos pela semente, são capazes de causar doenças e reduzir a qualidade e produtividade das lavouras (Popinigis, 1985).

Compreender as alterações morfofisiológicas das sementes ao longo da maturação, até que estas atinjam sua máxima qualidade, permite o estabelecimento de um referencial adequado para o planejamento do processamento da colheita. Essa operação deve ser rigorosamente planejada para ser levada à efeito no momento e segundo métodos adequados, evitando possíveis contaminações, danificações e perdas significativas – afetando a qualidade das sementes (Souza; Smiderle, 2024).

Ainda que o grão-de-bico seja mais resistente do que alguns grupos de feijão, as sementes são extremamente frágeis, facilitando a ocorrência de danos e injúrias. As máquinas de colheita devem estar bem reguladas e evitar-se o manuseio excessivo, as embalagens precisam ser cuidadosamente manipuladas. Operações com movimentações inadequadas podem romper o revestimento externo da semente, causando lesões críticas. Portanto, sementes bem manejadas e armazenadas de forma adequada proporcionam bons estandes de semeadura e possibilitam plantas vigorosas (Long et al., 2019; Almeida, 2023).

3.3.2 Maturação fisiológica

O processo que envolve o desenvolvimento e a maturação das sementes tem início na fertilização do óvulo e abrange uma série de alterações físicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares contínuas, até o momento em que as sementes estão prontas para a colheita (Marcos-Filho, 2015). Na fase inicial, o teor de água das sementes é alto, e o acúmulo de massa seca da semente aumenta gradativamente até que atingir um valor máximo. Neste ponto, a semente alcança a maturidade fisiológica, e desliga-se fisiologicamente da planta mãe, o que significa que não ocorre mais a translocação de fotoassimilados (Marcos-Filho, 2015). De modo simultâneo ao aumento da massa seca, ocorre também o aumento da germinação e do vigor da semente, de forma que o potencial fisiológico máximo é atingido próximo ao ponto de maturidade fisiológica (Trancoso, 2023).

Willard (1925) é apontado por Marcos-Filho (2005) como um dos precursores nos estudos sobre o processo de maturação de sementes. Nesse contexto, ao avaliar a cultura da soja, o pesquisador relacionou a proximidade do ponto de maturidade ao amarelecimento das folhas e início de sua queda. Constatou que, quando o índice de abscisão foliar atingiu aproximadamente 50%, as vagens apresentaram alterações na coloração. Simultaneamente à redução da área foliar, houve acréscimos no peso da matéria seca das sementes, de forma lenta inicialmente, mas com a evolução do processo, esses acréscimos aumentaram até que se estabilizasse.

No Brasil, Carvalho (1972) conduziu o primeiro trabalho relevante sobre o tema,

investigando a maturação de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.). A abordagem predominante nessas pesquisas estava voltada à tecnologia de sementes, com o objetivo de investigar as principais modificações que caracterizam a maturação, identificar o ponto de maturidade e o estabelecer bases para a determinação segura do momento da colheita (Marcos-Filho, 2005).

Diversos estudos realizados sobre a maturação de sementes de diferentes espécies demonstraram que o ponto de máximo conteúdo de matéria seca é o melhor e mais seguro indicativo de que as sementes atingiram a maturidade fisiológica. Entretanto, no campo, o monitoramento não é tão simples, pois a fixação de uma data ou época para a ocorrência da maturidade fisiológica pode variar em função de eventos como a semeadura, o florescimento, a frutificação, e, ainda, pode apresentar diferenças para uma mesma espécie e cultivar em função das condições climáticas (Carvalho; Nakagawa, 2012; Peske et al. 2006).

Em ensaio realizado por Marcos-Filho (1980), na cultura da soja (*Glycine max*), ele corroborou que a ausência de sementes verde-amareladas, com o hilo homocromo, e de plantas com vagens verdes, é o momento em que as sementes atingem a máxima qualidade fisiológica. Assim, é de extrema importância conhecer diferentes parâmetros que possam auxiliar na detecção da maturidade fisiológica, correlacionando-a com características morfológicas da planta, dos frutos e/ou sementes (Carvalho; Nakagawa, 2012; Peske et al. 2006).

Na cultura do grão-de-bico, uma das principais dificuldades encontradas na produção é a desuniformidade de maturação das vagens e sementes. A desuniformidade é uma consequência do hábito de crescimento indeterminado da planta. Devido ao florescimento e maturação contínuos, é possível encontrar, na mesma planta, vagens verdes e maduras. Como consequência, práticas de colheita, assim como a determinação da época adequada para a colheita de sementes, são prejudicadas (Subedi et al., 2017; Trancoso, 2023).

Segundo estudo realizado por Dias (2022), onde as sementes de grão-de-bico do tipo Kabuli foram colhidas em diferentes estádios fenológicos da cultura, em R11, 50% das vagens estavam na coloração amarelo-dourada; R11.5, 75% das vagens na coloração amarelo-dourado; R12, 90% das vagens maduras e com coloração amarelo-dourado e R12 + 7, ou seja, 7 dias após R12, ocorreu a desfolha da planta. Quando as plantas apresentarem 90% de suas hastes e vagens a descoloração esverdeada e coloração amarelo dourado, as sementes estarão prontas para serem colhidas.

A colheita da soja, por exemplo, deve ser realizada quando as plantas estiverem secas e os grãos completamente maduros, com umidade adequada. Para algumas cultivares, a maturação dos grãos ocorre entre 60 e 70 dias após a floração, quando a sua umidade é ainda muito alta (23-37%). Para evitar danos aos grãos, a colheita mecânica deve ser feita somente quando o grau de umidade

atingir 13-15% (Giordano et al., 1998).

O ciclo completo da cultura varia conforme o tipo e variedade, compreendendo de 120 a 180 dias, desde a germinação até a colheita, e é dividido em cinco estádios: emergência, floração, formação de grãos, maturidade fisiológica e colheita. O florescimento ocorre entre 30 a 100 dias após o plantio (Singh et al., 2016).

3.4 Metodologias de Análise de Sementes

3.4.1 Determinações e testes para a avaliação da qualidade fisiológica e física

As principais modificações durante a maturação ocorrem no teor de umidade, no tamanho das sementes, no peso da matéria seca, no poder germinativo e no vigor da semente (Popinigis, 1985). Assim, a avaliação desses parâmetros permite caracterizar e determinar o ponto de maturidade fisiológica das sementes. Para o grão-de-bico, exemplificadamente, estudos como o de Trancoso (2021) demonstram que o monitoramento integrado dessas variáveis permite identificar com precisão o estágio de máxima qualidade das sementes.

A junção de diferentes índices de maturidade tem sido avaliada conjuntamente no sentido de possibilitar uma adequada avaliação do ponto de maturidade fisiológica de sementes. O conhecimento do processo de maturação é de suma importância para indicar o ponto certo da coleta das sementes, assegurando máxima produção e elevada qualidade fisiológica (Mata et al., 2013; Nogueira et al., 2013; Sena, 2022).

3.4.2 Determinação do grau de umidade

O teor de umidade do óvulo, no momento da fertilização, é de aproximadamente 80%. Depois da fertilização, ele aumenta gradativamente ou se mantém em níveis aproximados por alguns dias para, em seguida, decrescer progressivamente à medida que a semente se desenvolve, até que entre em equilíbrio com o ambiente, entre 14 e 20% de umidade (Popinigis, 1985).

Vieira e Vieira (1997) sustentam que o feijão (*Phaseolus vulgaris*) deve ser colhido com um teor de umidade entre 15 e 18%, sendo esse o intervalo considerado ideal para a colheita. Conhecer as variações do teor de umidade das sementes durante a maturação é fundamental para o planejamento da colheita, pois essa etapa depende de o teor de umidade da semente estar compatível com os equipamentos de colheita e bem como as instalações de secagem e armazenamento disponíveis (Popinigis, 1985).

3.4.3 Matéria seca das sementes

A chamada “matéria seca” das sementes é composta por proteínas, açúcares, lipídios e outras substâncias acumuladas durante o processo de desenvolvimento da semente. Assim que ocorre a

fertilização, o acúmulo de matéria seca é processado de maneira lenta, pois predominam as divisões celulares. Em seguida, observa-se um aumento contínuo e rápido na matéria seca, acompanhado por um aumento no poder germinativo e no vigor, até atingir seu valor máximo (Silva et al., 2014).

O acúmulo de matéria seca nas sementes tem sido considerado como um dos indicadores mais confiáveis da maturidade fisiológica da semente, dado que é a partir deste momento que a semente não recebe mais nada, ou quase nada, da planta mãe (Netto et al., 2006).

3.4.4 Tamanho da semente e coloração

De maneira geral, as sementes crescem em tamanho rapidamente, atingindo o valor máximo em um período de tempo relativamente curto, em relação à duração total do período de maturação. Atingido o tamanho máximo, este é mantido por um determinado tempo, e, ao final do período ocorre uma redução no tamanho, embora mínima. A redução é mais ou menos acentuada, a variar conforme a espécie, e corresponde ao período de rápida e intensa desidratação (Carvalho; Nakagawa, 2012).

O tamanho da semente é uma característica plástica, ou seja, ela pode variar dentro das populações, entre as plantas individuais, inflorescências e até mesmo entre os frutos, devido às condições ambientais durante a maturação, fatores genéticos, taxa de polinização, disponibilidade de nutrientes, posição na planta, água e luz (Fenner; Thompson, 2005; Kaiser et al., 2016; Silva; Ribeiro, 2017).

A coloração é uma característica importante e utilizada com frequência para aferir a maturidade fisiológica, uma vez que durante o processo ocorrem várias mudanças na coloração, indicando o grau de maturação da semente e auxiliando a prática da colheita das sementes no campo na época adequada (CRUZ, 2017).

A identificação visual da maturidade fisiológica contribui para detectar a época em que as sementes apresentam a máxima qualidade ou encontram-se muito próximas desse nível. Assim, de posse dessa informação, o produtor pode aguardar a perda de água pelas sementes e iniciar a colheita tão logo seja possível efetua-la, dentro de margens razoáveis de segurança (Marcos-Filho, 2005).

3.4.5 Germinação

Para Marcos-Filho (1986), a germinação compreende uma sequência ordenada de eventos metabólicos que irão resultar no reinício do desenvolvimento do embrião, originando uma plântula. O processo germinativo compreende três etapas principais: embebição, processo bioquímico preparatório e emergência propriamente dita. Essas etapas podem ser identificadas, respectivamente, como: reativação, indução do crescimento e crescimento (Bewley; Black, 1994).

Esse processo é influenciado por fatores externos – água, temperatura, luz e oxigênio – e internos – longevidade, viabilidade –, que atuam de forma isolada ou conjunta. Quando realizada em laboratório, a germinação envolve a emergência e o desenvolvimento da plântula até um estágio em que o aspecto de suas estruturas essenciais indica se ela é ou não capaz de se desenvolver normalmente em condições de campo (Silva et al., 2014).

3.4.6 Vigor

O vigor de uma semente, no decorrer da maturação, é uma característica que, geralmente, acompanha o acúmulo de matéria seca de forma proporcional. Assim, uma semente atinge seu máximo vigor quando atinge também o máximo peso de matéria seca, embora possa ter defasagens entre as curvas, em função da espécie e das condições ambientais. A partir desse ponto, a evolução dessa característica é semelhante à germinação, tendendo se manter estável ou a decrescer, conforme a influência de fatores ambientais, da maneira e do momento da colheita (Carvalho; Nakagawa, 2012; Silva et al., 2014).

A primeira contagem da germinação avalia a porcentagem de plântulas normais obtidas a partir da primeira contagem do teste de germinação na amostra analisada, e é uma ferramenta eficaz para determinar o vigor das sementes (Guedes et al., 2012).

Dentre os diversos procedimentos utilizados para avaliar o vigor de sementes, o teste de envelhecimento acelerado é um dos mais utilizados (Dutra; Vieira, 2004). Esse teste é importante para identificar quais sementes são mais vigorosas e, portanto, maior tolerância às temperaturas elevadas e umidade relativa do ar (Fina, 2016; Santos, 2022). O teste de envelhecimento acelerado engloba diversas das características desejadas em um teste de vigor, pois é rápido, econômico, simples e útil para todas as espécies (Bertolin et al., 2011).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, I. L. de. **Herbicidas dessecantes e condições de armazenamento na qualidade de sementes de grão-de-bico**. 2023. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2023.
- AMARAL, C. L. do. **Interferência das plantas daninhas na cultura do grão-de-bico cultivado sob doses de adubação nitrogenada**. 2013. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.
- BERTOLIN, D. C.; SÁ, M. E. de; MOREIRA, E. R. Parâmetros do teste de envelhecimento acelerado para determinação do vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 104-112, 2011.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.
- BRAGA, M. B. *et al.* **Zoneamento agrícola de risco climático (Zarc) para a cultura do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.): sequeiro e irrigado**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2023.
- BRAGA, N. R.; VIEIRA, R. F.; RAMOS, J. A. de O. A cultura do grão-de-bico. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 174, p. 47-52, 1992.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Comex Stat: estatísticas de comércio exterior**.
- CARVALHO, N. M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p.
- CARVALHO, N. M. **Maturação de sementes de algodão**. 1972. 71 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Jaboticabal, 1972.
- CARVALHO, S. I. C. de; BIANCHETTI, L. de B.; SILVA, P. P. da; NASCIMENTO, W. M. **Fenologia do grão-de-bico tipo Kabuli**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2021. 5 p. (Comunicado Técnico, n. 133).
- CRUZ, J. O. **Maturação e qualidade fisiológica de diásporos de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All.** 2017. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.
- DIAS, D. C. F. S. Pesquisa em tecnologia de sementes de pulses. **SeedNews**. Setembro de 2022.
- DUTRA, A. S.; VIEIRA, R. D. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 715–721, maio/jun. 2004.
- FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2021.
- FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2017.

FENNER, M.; THOMPSON, K. **The Ecology of Seeds**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 250 p.

GUILHERME-FILHO, S. B. Portaria SPA/MAPA nº 553, de 6 de dezembro de 2021. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 234, p. 4, 7 dez. 2021.

FINA, B. L.; LUPO, M.; DRI, N.; LOMBARTE, M.; RIGALLI, A. Comparison of fluoride effects on germination and growth of *Zea mays*, *Glycine max* and *Sorghum vulgare*. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 11, p. 3679–3687, 2016.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; COSTA, E. M. T.; SANTOS-MOURA, S. da S.; SILVA, R. dos S. da; CRUZ, F. R. da Silva. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 859-866, jul./ago. 2013.

GAN, Y.; WANG, J.; POPPY, L. Node and branch development of chickpea in a semiarid environment. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 86, p. 1333-1337, 2006.

GIORDANO, L. de B.; NASCIMENTO, W. M.; PESSOA, H. B. S. V. **Cultivo do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.)**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 1998. (Instruções Técnicas, n. 14).

GORDILLO, E. Fases de desarrollo: aspectos fisiológicos. In: GORDILLO, M. (ed.). **El garbanzo: una alternativa para el secano**. Madrid, España: Mundi-Prensa, 1991. p. 33-39.

ICARDA - International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. **Farming System Program**, annual report. Aleppo (Syria), 1986.

INÁCIO, José Miguel Mira Lopes. **Controlo de infestantes em pós-emergência na cultura do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.)**. 2021. 91 F. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agronómica, Universidade de Évora, Évora, Portugal.

KAISER, D. K.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C.; DRANSKI, J. A. L.; FREITAS, L. C. N. D.; KOSMANN, C. R.; ANDRIOLI, K. K. Physiological maturity of seeds and colorimetry of the fruits of *Allophylus edulis* [(A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.]. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 2, p. 92-100, 2016.

KHATUN, A.; BHUIYAN, M. A. H.; NESSA, A.; HOSSAIN, S. M. B. Effect of harvesting time on yield and yield attributes of chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Bangladesh Journal of Agricultural Research**. 2010; 35(1):143-148.

KÖPPEN Brasil. **Classificação climática de Köppen para os municípios brasileiros**. Disponível em: <https://koppenbrasil.github.io/>.

LANA, M. M. **Leguminosas: qualidade e uso**. In: NASCIMENTO, W. M. (ed). Hortaliças Leguminosas. Embrapa, Brasília, 2016. p. 149-216.

LONG, R.; LEINFELDER-MILES, M.; MATHESIUS, K.; BALI, K.; LIGHT, S.; GALLA, M.; MEYER, R. D. Garbanzo bean (chickpea) production in California. Davis: University of California, **Agriculture and Natural Resources** (ANR), 2019. 18 p. (Publication, 8634).

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ,

2005.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 659 p.

MARCOS-FILHO, J. Maturidade fisiológica de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 4, p. 447-460, out. 1980.

MARCOS-FILHO, J. Germinação de sementes. In: CÍCERO, S. M.; MARCOS-FILHO, D.; SILVA, W. R. (ed.). **Atualização em produção de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 11-39.

MARIANO, L. A. **O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) como oportunidade de diversificação produtiva em Cristalina, Goiás**. 2020. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.

MERGA, B.; HAJI, J. Economic importance of chickpea: Production, value, and world trade. **Cogent Food & Agriculture**, v. 5, n. 1, p. 1615718, 2019.

NASCIMENTO, W. M.; SILVA, P.P. Grão-de-bico: nova aposta do agronegócio brasileiro. **Revista Seed News**, v.23, n.3, p.18-22, 2019.

NASCIMENTO, W. M.; SILVA, P. P. da; ARTIAGA, O. P.; SUINAGA, F. A. Grão-de-bico. In: NASCIMENTO, W. M. (org.). **Hortalças leguminosas**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 117–145. 232 p.

NETTO, D. A. M. *et al.* Avaliação da maturação fisiológica e qualidade de sementes de híbridos simples de milho doce. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 2.; SIMPÓSIO SOBRE *COLLETOTRICHUM GRAMINICOLA*, 1., 2006, Belo Horizonte. **Inovação para sistemas integrados de produção: trabalhos apresentados**. Sete Lagoas: ABMS, 2006.

PESKE, S. T.; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A. C. S. A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2. ed. ver. e ampl. Pelotas: Editora Universitária/UFPeL, 2006. 470 p.

PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. R. M. **Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos**. Pelotas – RS. 2003.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: [s. n.], 1985. 289 p.

QUEIROGA, V. de P.; GIRÃO, Ê. G.; ALBUQUERQUE, E. M. B. de. Capítulo I – Sistema produtivo do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). QUEIROGA, V. de P.; GIRÃO, Ê. G.; ALBUQUERQUE, E. M. B (org.). **Grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.): tecnologias de plantio e utilização**. 1. ed. Campina Grande: AREPB, 2021. 199 f.

RIBEIRO, L. K. M.; ZUCHI, J.; COSTA, A. R.; SILVA, P. C. **Indicações técnicas para execução de teste de tetrazólio em sementes de grão de bico**. **Informe Goiano**, Rio Verde, v. 9, n. 1, 2021.

- REYES, C. P. **Insetos heliotíneos associados ao cultivo de grão-de-bico no Distrito Federal e região do entorno, Brasil**. 2022. 56 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2022.
- SANTOS, D. M.; BALDONI, A. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho. **GETEC**, v.7, n.19, p.19- 30/2018.
- SANTOS, F. G.; SILVEIRA, D. R.; JAMHOUR, J. Atributos de qualidade de sementes salvas de feijão. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, n. 22, 2019.
- SANTOS, S. G. F. **Beneficiamento na qualidade física e fisiológica de sementes de grão-de-bico**. 2022. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2022.
- SHARNA, R. D. **Algumas informações sobre a cultura do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.)**. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 1984. 20 p. (EMBRAPA – CPAC. Circular Técnica, n. 18).
- SILVA, A. P. de O.; RIBEIRO, I. S. **Parâmetros tecnológicos da maturação de sementes de Crambe**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Departamento de Agronomia, Dourados, MS, 2017.
- SILVA, L. M. de M.; ALMEIDA, F. de A. C.; NETO, J. J. da S. B. Maturação de sementes. In: NETO, J. J. da S. B.; ALMEIDA, F. de A. C.; QUEIROGA, V. de P.; GONÇALVES, C. C. (org.). **Sementes** [recurso eletrônico]: estudos tecnológicos. Aracaju: IFS, 2014. p. 271–285.
- SILVA, L. M. de M.; ALMEIDA, F. de A. C.; QUEIROGA, V. de P. Germinação de sementes. In: NETO, J. J. da S. B.; ALMEIDA, F. de A. C.; QUEIROGA, V. de P.; GONÇALVES, C. C. (org.). **Sementes** [recurso eletrônico]: estudos tecnológicos. Aracaju: IFS, 2014. p. 285.
- SINGH, A.; SINGH, N. P.; ASTHANA, A. N. Genetic potential of wide crosses in chickpea. **Legume Research**, v.22, p.19-25, 1999.
- SINGH, K.; SAXENA, M. The chickpea plant. En: COSTE, R. (ed.). **The tropical agriculturalist: Chickpea**. Londres: CTA/Macmillan, 1999. p. 8-13.
- SINGH, G. et al. Irrigation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) increases yield but not water productivity. **Experimental Agriculture**, v. 52, n. 1, p. 1-13, 2016.
- SOUSA, G. C. S. **Diversidade fenotípica de linhagens de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) do tipo “Desi” em condições de campo no Brasil Central**. 2021. 38 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2021.
- SOUZA, A. das G.; SMIDERLE, O. J. Colheita: maturação, momento, métodos e planejamento para a colheita de sementes. In: MELO, J. O. F.; SILVA, A. P. C. M.; GARCIA, E. M.; TAROCO, H. A.; REINA, L. D. C. B. (org.). **Ciências agrárias: tecnologia, sustentabilidade e inovação**. Guarujá-SP: Científica Digital, 2024.

SOUZA, C. V. A. **Características agrônômicas e qualidade fisiológica de sementes de grão-de-bico em função da densidade de plantas**. 2019. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2019.

SUBEDI, M.; WILLENBORG, C. J.; VANDENBERG, A. Influence of harvest aid herbicides on seed germination, seedling vigor and milling quality traits of red lentil (*Lens culinaris* L.). **Frontiers in Plant Science**, v. 8, 2017.

TRANCOSO, A. C. R. **Alterações fisiológicas e bioquímicas e potencial de armazenamento de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) colhidas em diferentes estádios de maturação**. 2023. 60 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2023.

TRANCOSO, A. C. R. et al. Anatomical, histochemical and physiological changes during maturation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, n. 4, p. e20207534, 2021.

TOLEDO, M. Z. *et al.* Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 124–133, 2009.

VAN DER MAESEN, L. J. G. *Cicer L., a monograph of the genus, with special reference to the chickpea (*Cicer arietinum* L.), its ecology and distribution*. Wageningen, Holanda: Mendelian Landbouw Hogeschool, 1972. 1, 1972. 341 p.

VIEIRA, E. H. N.; VIEIRA, N. R. de A. **Indicadores visuais de maturação fisiológica do feijão**. Goiânia: Embrapa – CNPAF-APA, 1997. 22 p.

VIEIRA, R. F.; VIEIRA, C.; VIEIRA, R. F. **Leguminosas graníferas**. Viçosa: Editora UFV, 2001. 206 p.

WILLARD, C. J. The time of harvesting soybeans for hay and seed. **Journal of the American Society of Agronomy**, v. 17, n. 83, p. 157-168, 1925.

CAPÍTULO 1

Maturação fisiológica em sementes de grão-de-bico tipo Kabuli

MATURAÇÃO FISIOLÓGICA EM SEMENTES DE GRÃO-DE-BICO TIPO KABULI

Resumo: O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), uma cultura em expansão no Brasil, requer sementes de alta qualidade, sendo a colheita no ponto de maturidade fisiológica fundamental para a obtenção de sementes com elevado potencial fisiológico e vigor. Este estudo avaliou a maturação de sementes do tipo Kabuli (cv. GB Zeus) com o objetivo de identificar o ponto de maturidade fisiológica e sua relação com características físicas e fisiológicas. A etapa de campo foi conduzida na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília (UnB/FAL) e as determinações e testes foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Universidade de Brasília, nos anos de 2024 e 2025, com coletas semanais após a antese. A janela adequada para a colheita de sementes de grão-de-bico ocorre entre a 11^a e a 13^a semana após a antese (2024) e entre a 9^a e a 11^a semana (2025). As condições climáticas, especialmente a precipitação elevada em 2024, impactaram negativamente a qualidade das sementes, acelerando a deterioração. A maturidade fisiológica correlacionou-se com características visuais, como a coloração bege das vagens, a estabilização das dimensões da semente e a redução do teor de água. Os testes fisiológicos de germinação, primeira contagem de germinação e envelhecimento acelerado demonstraram ser ferramentas precisas e eficazes para identificar a janela ideal de colheita. Conclui-se que a determinação precisa da maturidade fisiológica é essencial para a produção de sementes de grão-de-bico com alto potencial fisiológico e vigor.

Palavras-chave: *Cicer arietinum* L, maturidade fisiológica, maturação, ponto de colheita.

PHYSIOLOGICAL MATURATION IN KABULI TYPE CHICKPEA SEEDS

Abstract: Chickpeas (*Cicer arietinum* L.), a growing crop in Brazil, requires high-quality seeds, and harvesting at the point of physiological maturity is fundamental for obtaining seeds with high physiological potential and vigor. This study evaluated the maturation of Kabuli-type seeds (cv. GB Zeus) with the aim of identifying the point of physiological maturity and its relationship with physical and physiological characteristics. The field phase was conducted at the Água Limpa Farm of the University of Brasília (UnB/FAL), and the determinations and tests were carried out at the Seed Technology Laboratory of the University of Brasília in 2024 and 2025, with weekly collections after anthesis. The appropriate window for harvesting chickpea seeds occurs between the 11th and 13th week after anthesis (2024) and between the 9th and 11th week (2025). Climatic conditions, especially the high rainfall in 2024, negatively impacted seed quality, accelerating deterioration. Physiological maturity correlated with visual characteristics such as the beige color of the pods, the stabilization of seed dimensions, and the reduction in water content. Physiological germination tests, first germination count, and accelerated aging proved to be accurate and effective tools for identifying the ideal harvest window. It is concluded that the precise determination of physiological maturity is essential for the production of chickpea seeds with high physiological potential and vigor.

Keywords: *Cicer arietinum* L., Kabuli, physiological maturity, ripening, harvest point.

1. INTRODUÇÃO

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é uma das mais importantes leguminosas de grãos alimentares no mundo. Seu baixo custo de produção, ampla adaptação climática, utilização em rotação de culturas e capacidade de fixar nitrogênio atmosférico fazem dessa hortaliça uma das leguminosas mais importantes em sistemas de agricultura sustentável (Giordano et al., 1998; Artiaga et al., 2015). O grão-de-bico é uma leguminosa que tem, nutricionalmente, grande potencial a ser explorado, a fim de minimizar as deficiências proteicas da população. Sua proteína tem sido considerada a de melhor valor nutricional entre as leguminosas (Ferreira et al., 2006). Com a crescente demanda por essa pulse no Brasil, há notável incentivo e investimento de organizações públicas e privadas em pesquisas, buscando aumentar a produção para atender a demanda de consumo interno reduzindo a necessidade de importações (Ribeiro, 2021; Nascimento; Silva, 2019).

A utilização de sementes com alto potencial fisiológico é de grande importância para agricultores, pois está, diretamente, relacionada à alta produtividade (Wendt et al., 2014). Um dos fatores que afetam a qualidade da semente é a realização da colheita na época adequada (Nascimento; Silva, 2019). A determinação da época adequada de colheita de sementes é essencial, uma vez que sementes maduras apresentam um desenvolvimento físico e fisiológico que lhes garantem o máximo poder germinativo e vigor (Bolina, 2012), portanto, a colheita deve acontecer o mais próximo possível da maturidade fisiológica. O acompanhamento do desenvolvimento das sementes é feito com base em modificações como tamanho, teor de água, conteúdo de matéria seca, germinação e vigor; o ponto de máximo conteúdo de matéria seca é apontado como sendo o melhor e mais seguro indicativo de que as sementes atingiram a maturidade fisiológica (Dias, 2001; Silva et al., 2010).

As condições climáticas durante o ciclo da cultura, especialmente na fase de enchimento de grãos e pré-colheita, exercem influência decisiva na qualidade final das sementes. Marcos-Filho (2005) explica que durante o período de transferência de matéria seca da planta para as sementes é uma etapa crítica do processo de desenvolvimento. A escassez ou excesso hídrico e a elevação da temperatura, exemplificadamente, são responsáveis por causarem distúrbios à formação da semente. À primeira vista, pode-se inferir que as sementes sempre apresentam alta qualidade na época da maturidade fisiológica, entretanto, adversidades provocadas por fatores ambientais em estádios críticos do desenvolvimento da planta e das sementes vão interferir em sua qualidade e vigor.

O grupo Kabuli caracteriza-se pelas sementes graúdas, com a forma de “cabeça de carneiro”, coloração creme e baixo teor de fibras. As plantas não possuem antocianina, as flores

são brancas, os folíolos, grandes e, geralmente, formam-se dois grãos por vagem (Braga et al., 1992). Geralmente apresenta grãos maiores quando comparado a outros grupos, apresenta melhor capacidade de absorção de água, menor tempo de cozimento e maior valor calórico do que o tipo Desi (Khalil et al., 2007).

Entretanto, existe uma carência de estudos detalhados sobre a trajetória fisiológica da maturação no grão-de-bico tipo Kabuli em condições brasileiras, especialmente no que se refere ao estabelecimento de uma faixa segura de colheita para otimizar a qualidade das sementes frente à dessincronização da maturação.

Diante do exposto, este trabalho teve o objetivo de estudar a maturação de sementes do tipo Kabuli, com o intuito de identificar o ponto de maturidade fisiológica e avaliar as características de natureza física e fisiológica associadas à maturação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Experimento de campo

O estudo de campo foi conduzido na Fazenda Água Limpa, da Universidade de Brasília – FAL/UnB, em 2024 e 2025. Localizada no Núcleo Rural Vargem Bonita, está situada numa altitude de 1.100 m, entre as coordenadas 15°56' S e 47°58' W Gr, no Distrito Federal. O solo predominante na área de estudo é o Latossolo Vermelho Amarelo (Lima, 2010).

Segundo a classificação de Köppen o clima da região é do tipo Aw, com temperatura média de 21 °C e precipitação anual de 1531,5 mm por ano. Ao longo do período experimental foram coletados dados diários de precipitação, temperaturas (máxima e mínima) e umidade, fornecidos pela Área Experimental de Agroclimatologia da Fazenda Água Limpa – FAL/UnB.

A área utilizada foi de 200 m² com espaçamento entre linhas de 0,30 m. As sementes foram distribuídas manualmente nos sulcos, com 12 sementes por metro linear e profundidade de 2-3 cm. As sementes utilizadas no plantio foram previamente tratadas com Vitavax (UPL) e Cruiser (Syngenta), com recomendação de 100 - 300 mL/100Kg de semente.

A cultivar de grão-de-bico avaliada foi a GB Zeus. No ano de 2024, a semeadura do plantio foi realizada em 07 de junho. A floração iniciou-se em 23 de julho se estendendo até 18 de setembro; as primeiras sementes foram coletadas em 21 de agosto. Em 2025, a semeadura foi efetuada no dia 29 de maio. A floração teve início em 30 de julho e se estendeu até 10 de setembro; as primeiras sementes foram coletadas em 13 de agosto.

O preparo do solo foi realizado de forma convencional, por meio de aração e gradagem.

Quanto à adubação, procedeu-se à aplicação de fertilizante de plantio uma semana antes da sementeira, seguida de adubação de cobertura. Utilizou-se o fertilizante NPK 20-05-20, com dosagem ajustada conforme as recomendações técnicas para a cultura.

A irrigação no plantio foi realizada por aspersores. Inicialmente, a área era irrigada diariamente, conforme o desenvolvimento da cultura e a necessidade hídrica, houve a redução gradual da lâmina. Em 2024, a irrigação foi cortada em 26 de setembro. No ano de 2025, a irrigação foi cortada em 17 de setembro.

No que diz respeito ao controle de pragas, foram realizadas aplicações de Match EC (Syngenta), BtControl (Simbiose) e Prêmio (FMC) para as recomendações de aplicação foram consideradas, respectivamente, a lagarta-desfolhadora e *Helicoverpa armigera* – respeitando os intervalos de aplicação e doses recomendadas de acordo com a dimensão da área. O controle de plantas daninhas foi executado manualmente e semanalmente.

As vagens do grão-de-bico foram coletadas em intervalos regulares ao longo de todo o seu ciclo reprodutivo. Em 2024, as coletas iniciaram-se vinte e nove dias após o início da floração; em 2025, aproximadamente quatorze dias. As colheitas tinham intervalos de sete dias entre uma e outra, até que as plantas entrassem no processo de senescência. Foram amostradas vagens provenientes de três posições distintas da planta: parte basal, intermediária e final dos ramos, a fim de obter-se uma amostra composta. Para o experimento em campo, não houve a utilização de delineamento e parcelas experimentais.

Foram realizadas doze coletas sequenciais em cada ano. Em 2024, a primeira coleta ocorreu na 5ª semana após a antese e a última coleta foi na 16ª semana após antese. Em 2025, a primeira coleta ocorreu mais cedo, na 3ª semana após a antese, estendendo-se até a 14ª semana após antese.

As coletas foram realizadas de forma manual, e, após a coleta, as vagens foram acondicionadas em embalagens de papel tipo Kraft, devidamente identificadas, assim, para serem transportadas para o Laboratório de Tecnologia de Sementes, onde foram realizadas as determinações e testes.

2.2. Determinações e testes de laboratório

As determinações e testes foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV) da Universidade de Brasília (UnB), Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Distrito Federal.

2.2.1. Determinação do grau de umidade – Teor de água

O teste foi realizado pelo método de estufa, a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, por 24 horas, conforme estabelecido pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Para tal determinação, utilizou-se 4 repetições de 20 sementes. Os resultados foram expressos em porcentagem de umidade (%).

2.2.2. Matéria seca das sementes

Ao final da exposição das sementes à determinação do grau de umidade, as amostras foram pesadas e determinada a massa seca de cada repetição. A massa foi dividida pelo número de sementes avaliadas (Oliveira; Morais, 2019; Trancoso, 2023). Os resultados foram expressos em miligramas (mg) por semente.

2.2.3. Biometria da semente e coloração

O comprimento (CP), espessura (ES) e a largura (LA) foram determinados por meio de medições realizadas diretamente, com auxílio de um paquímetro. Utilizou-se 4 repetições de 10 sementes. Os resultados são expressos em milímetros (mm). As determinações de coloração das vagens foram realizadas pelo método de classificação visual dos diferentes estádios de maturação.

2.2.4. Germinação

O substrato utilizado foi o papel germitest, umedecido com água destilada na proporção de 2 vezes o seu peso seco. Os rolos de papel com as sementes foram mantidos na Biological Oxygen Demand (B.O.D.) à temperatura de 20°C . As avaliações das plântulas foram realizadas de acordo as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), no 8º dia após a instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

2.2.5. Primeira contagem de germinação

A primeira contagem é realizada simultaneamente ao teste de germinação. Considerou-se as plântulas que ao 5º dia da instalação do teste de germinação apresentarem-se normais, conforme descrito nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009; Oliveira; Morais, 2019). Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

2.2.6. Envelhecimento acelerado

O teste foi conduzido conforme proposto por Santos (2022). As sementes foram distribuídas em camada única sobre uma tela de plástico, dispostas em caixas do tipo “gerbox”, contendo no fundo solução de cloreto de sódio (NaCl) na concentração de 40%. As caixas foram colocadas em câmara Biological Oxygen Demand (B.O.D.), a 41 °C, por 24 horas. Posteriormente, as sementes foram transferidas para o ambiente de germinação, sob as mesmas condições de germinação descritas no item 3.2.4, e as plântulas foram avaliadas quanto à normalidade, conforme a metodologia descrita para o teste de germinação.

DELINEAMENTO E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todas as características avaliadas em laboratório foram submetidas à análise estatística, adotando-se delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos consistiram nas épocas de coleta, com quatro repetições cada. O estudo das relações foi realizado por meio de análise de regressão, testando-se modelos polinomiais cúbicos e quadráticos. As análises foram processadas no programa Sisvar, versão 5.6 (Build 86) (Ferreira, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados climáticos fornecidos pela Área Experimental de Agroclimatologia da Fazenda Água Limpa – FAL/UnB (Figura 1), verificou-se que no ano de 2024 as condições durante o período reprodutivo do grão-de-bico apresentaram características marcantes que influenciaram diretamente no processo de maturação.

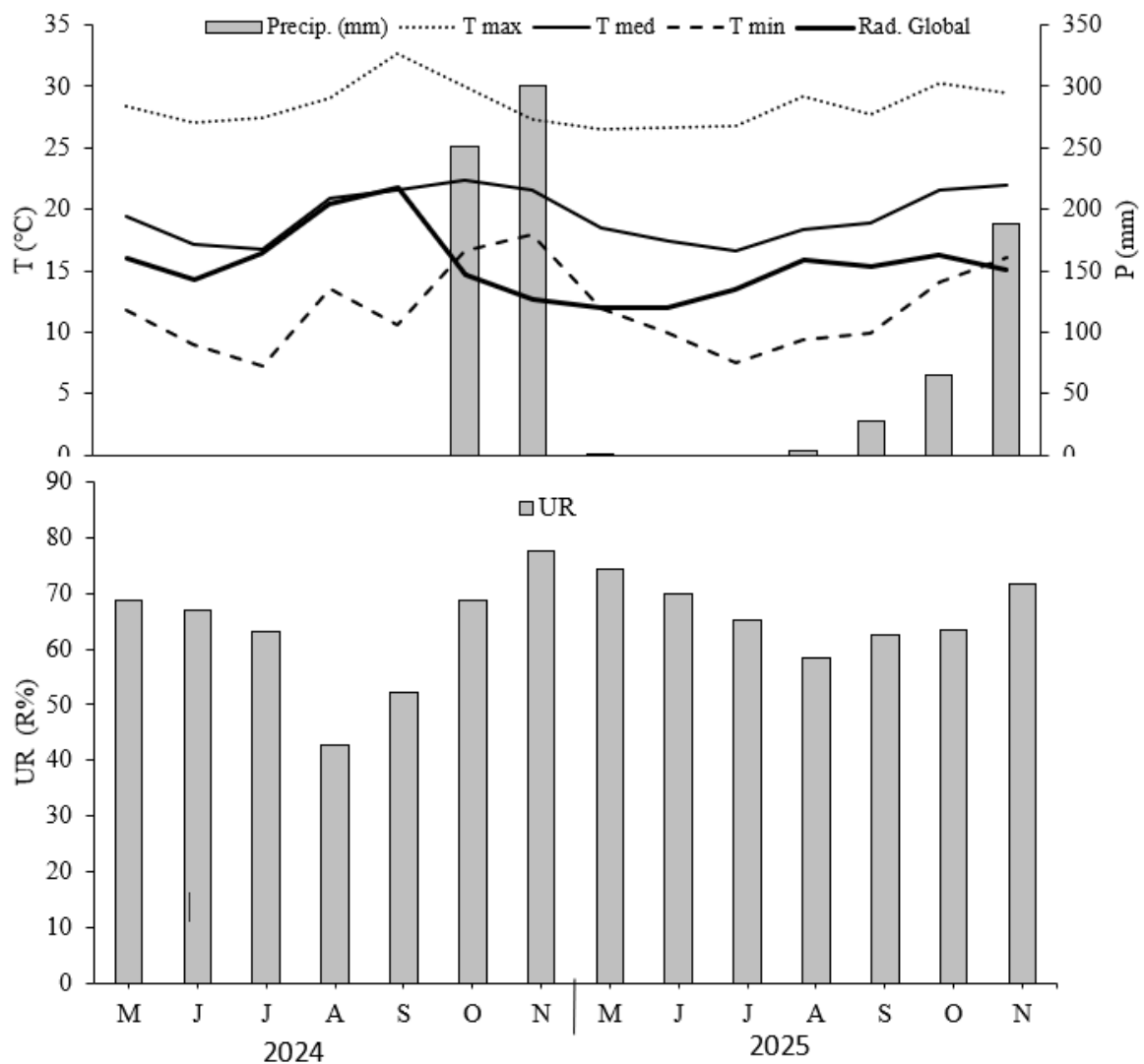


Figura 1. Temperaturas (T) máximas (max), médias (med) e mínimas (min), precipitação pluviométrica (P) e umidade relativa do ar (UR), da Fazenda Água Limpa – FAL/UNB – DF em 2024 e 2025. Fonte: Laboratório de Agroclimatologia da Universidade de Brasília.

As temperaturas máximas, em 2024, atingiram pico em setembro (32,6 °C) mantendo-se elevadas no mês de outubro (30,0 °C), enquanto a radiação solar também apresentou valor máximo neste mês (21,8 MJ/m²/dia). O aspecto mais crítico foi a precipitação concentrada nos meses finais do ciclo: outubro registou 251,0 mm e novembro 300,7 mm, acompanhados por elevada umidade relativa (68,8% e 77,7%, respectivamente). A combinação de chuvas intensas com alta umidade durante fases de desenvolvimento e colheita podem comprometer a viabilidade das sementes. Sementes submetidas a condições desfavoráveis em qualquer uma dessas fases podem ter danos fisiológicos, comprometendo sua qualidade (Gris et al., 2010; Castro et al., 2016).

Em contraste, o ano de 2025 apresentou um padrão climático mais favorável ao desenvolvimento e maturação das sementes. As temperaturas máximas foram ligeiramente inferiores (27,7°C em setembro e 30,3°C em outubro), com radiação solar mais uniforme e moderada (15,3-16,3 MJ/m²/dia). Embora tenha ocorrido precipitação em outubro (65,5 mm) e novembro (188,2 mm), os volumes foram significativamente menores que em 2024, e distribuídos de forma mais regular. A umidade relativa também se manteve em níveis mais adequados (63,4% em outubro e 71,7% em novembro).

Com a semeadura da GB Zeus no ano de 2024, em junho, a floração se estendeu aos 58 dias, esse prolongamento da floração embora benéfico para o número de vagens, tornou a cultivar mais vulnerável às variações climáticas. O período de enchimento dos grãos coincidiu com picos de temperatura em setembro e alta radiação solar, seguidos por chuvas intensas em outubro e novembro.

Em 2025, a semeadura antecipada resultou em um florescimento concentrado, com cerca de 42 dias, e melhor sincronizado com as condições climáticas mais estáveis. A uniformidade da floração permitiu que houvesse maior homogeneidade na maturação das vagens de grão-de-bico. Durante o período de enchimento dos grãos, as temperaturas foram mais amenas, a radiação solar mais uniforme e a precipitação moderada e distribuída – permitindo alta qualidade fisiológica e maior vigor, conforme atestado pelos testes de germinação e vigor. Assim como verificado para a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merr.), temperaturas baixas ou moderadas favorecem a qualidade da semente e que condições quentes e úmidas com excesso de precipitação podem afetar a qualidade da semente produzida (Carter; Hartwig, 1962; Vieira et al., 1982; Costa, 2003).

As condições excessivas de umidade durante a maturação favoreceram processos de reidratação e deterioração no campo, enquanto em 2025, as condições mais equilibradas permitiram que a secagem fosse gradual e uniforme, refletindo na melhor qualidade fisiológica das sementes de grão-de-bico.

No que diz respeito aos parâmetros avaliados, o teor de água (Figura 2) se ajustou ao modelo de regressão polinomial quadrático nos dois anos, refletindo o padrão esperado de perda gradual de umidade ao longo da maturação. Seus pontos mínimos coincidem temporalmente com o período de máxima massa seca e vigor fisiológico.

No ano de 2024, o teor de água mínimo ocorreu na 14^a semana após a antese (24,48%) e em 2025, na 13^a semana após a antese (16,74%) (Figura 2). Conforme as sementes de grão-de-bico avançam em direção à maturidade fisiológica, há o decréscimo do teor de água, condicionando o processo de enchimento dos grãos e integrando-se aos demais indicadores de qualidade avaliados –

interferindo na maturação (Grabe, 1989; Sarmiento et al., 2015).

Marcos-Filho (2005) discorre que o teor de água de água inicialmente é de, no mínimo, 80% – indo ao encontro dos resultados obtidos. Esse valor decresce durante o processo de maturação das sementes, embora permaneça relativamente elevado durante todo esse período, pois a transferência de matéria seca da planta para as sementes deve ocorrer em meio líquido. Enquanto as sementes estão em processo de acumulação de fotossintatos, a desidratação é lenta, e torna-se acelerada quando atingem a máxima matéria seca (Oliveira; Morais, 2019).

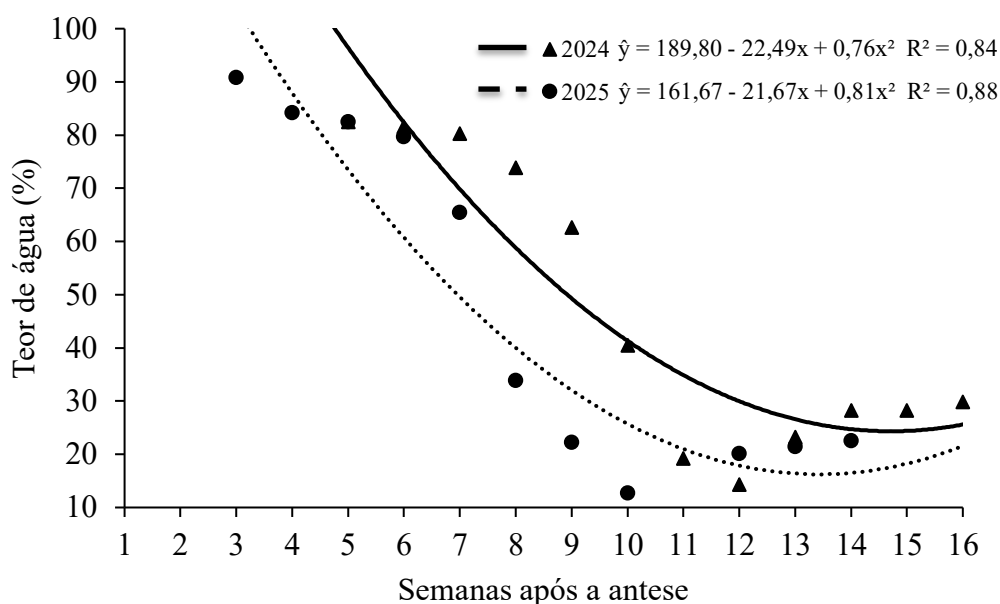


Figura 2. Teor de água das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Entretanto, no final da safra de 2024, há um processo de reidratação nas sementes de grão-de-bico no final do ciclo, influenciado pelas condições de precipitação e umidade noturna. Esse processo pode ser diretamente atribuído às precipitações elevadas nos meses de outubro (251,0 mm) e novembro (300,7 mm), quando as sementes já se encontravam em processo de dessecação na plantamãe. Diversos autores afirmam que elevados índices pluviométricos em determinados períodos de desenvolvimento da semente, especialmente em pré-colheita, podem ser prejudiciais à qualidade das sementes, pois ocasiona enrugamento e rachaduras no tegumento das sementes, devido à expansão e contração dos tecidos em função da exposição a ciclos alternados de variação na temperatura e na umidade relativa autores (França-Neto; Henning, 1984; França-Neto et al., 2000; Cunha et al., 2009; Terasawa et al., 2009; Carvalho et al., 2019).

O teor de água das sementes e a massa seca são inversamente proporcionais, sendo indicadores

de maturidade fisiológica de sementes (Lopes et al., 2008; Cruz, 2017), pois o elevado teor de água se mantém até a semente alcançar o máximo acúmulo de massa seca – comportamento esperando durante o processo de maturação de sementes (Santos et al., 2012; Sena et al., 2022).

O acúmulo de massa seca nas sementes de grão-de-bico ao longo das semanas após a antese seguiu um padrão quadrático, sendo precisamente descrito por modelos polinomiais de segundo grau com alto coeficiente de determinação.

A massa seca das sementes de grão-de-bico colhidos em diferentes períodos de colheita apresentou acúmulos significativos ao longo dos dois anos (Figura 3). Na 13ª semana após a antese, as sementes produzidas em 2024 apresentaram massa seca de 345,83 mg. Enquanto as de 2025, na 11ª semana após a antese, atingiram 338,84 mg – nota-se uma pequena redução de massa seca de um ano para o outro.

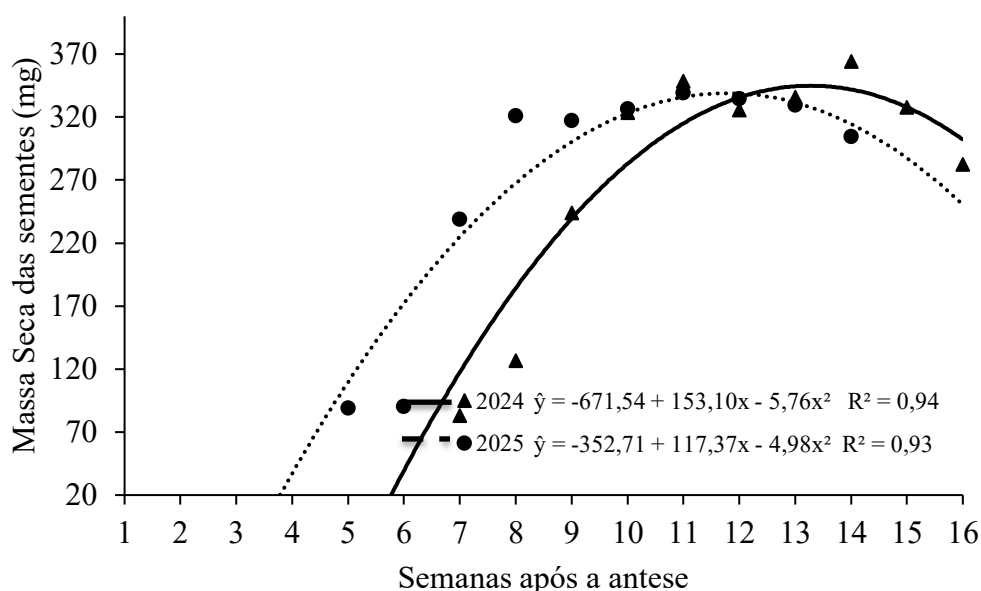


Figura 3. Massa seca das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

As diferenças observadas no acúmulo de matéria seca entre os anos pode ser atribuída à interação de fatores climáticos – radiação solar e temperatura ambiente. No ano de 2024, a elevada radiação solar (21,8 MJ/m²/dia) combinada com temperaturas mais altas (média máxima de 32,6 °C) favoreceu o rápido acúmulo de assimilados. Em 2025, a radiação solar foi menor (15,3 MJ/m²/dia), o que, associado às temperaturas moderadas, resultou em maior eficiência fotossintética e conversão mais eficiente em biomassa das sementes, permitindo um desenvolvimento mais ordenado. O acúmulo de reservas de sementes não é determinado apenas pela capacidade intrínseca do embrião

de acumular reservas, mas também por outros processos que ocorrem na planta durante seu ciclo de vida, que são controladas tanto pelo genótipo quanto pelo ambiente (Gallardo et al., 2008).

As características quantitativas e qualitativas da produtividade são fortemente afetadas pelo processo de enchimento das sementes e pelo acúmulo de reservas e nutrientes das sementes em processo de desenvolvimento e em fase de maturação, ambas sensíveis às condições ambientais (Sehgal et al., 2018; Yang; Zhang, 2006; Barnabás et al., 2008).

O momento mais adequado à colheita é o mais próximo possível da maturidade fisiológica, ou quando for tecnicamente viável. Na maturidade fisiológica, as sementes apresentam o máximo acúmulo de matéria seca, sendo uma referência importante da independência da semente em relação à planta mãe (Oliveira et al., 2021).

Além dos padrões observados no acúmulo de massa seca das sementes, as características biométricas das sementes apresentam dados complementares. As variações nas dimensões das sementes foram descritas por modelos polinomiais cúbicos, que capturaram com precisão as fases de crescimento, estabilização e desaceleração do tamanho das sementes.

No que diz respeito à caracterização biométrica das sementes (Figuras 4, 5 e 6), os valores máximos de comprimento, largura e espessura, em 2024, se deram entre 8^a e 9^a semana após a antese, – para todas as características, com 1,21 mm; 0,99 mm e 0,90 mm, respectivamente. Em 2025, os valores máximos foram identificados entre a 6^a e 7^a semana após a antese – comprimento (1,17 mm), largura (0,95 mm) e espessura (0,90 mm).

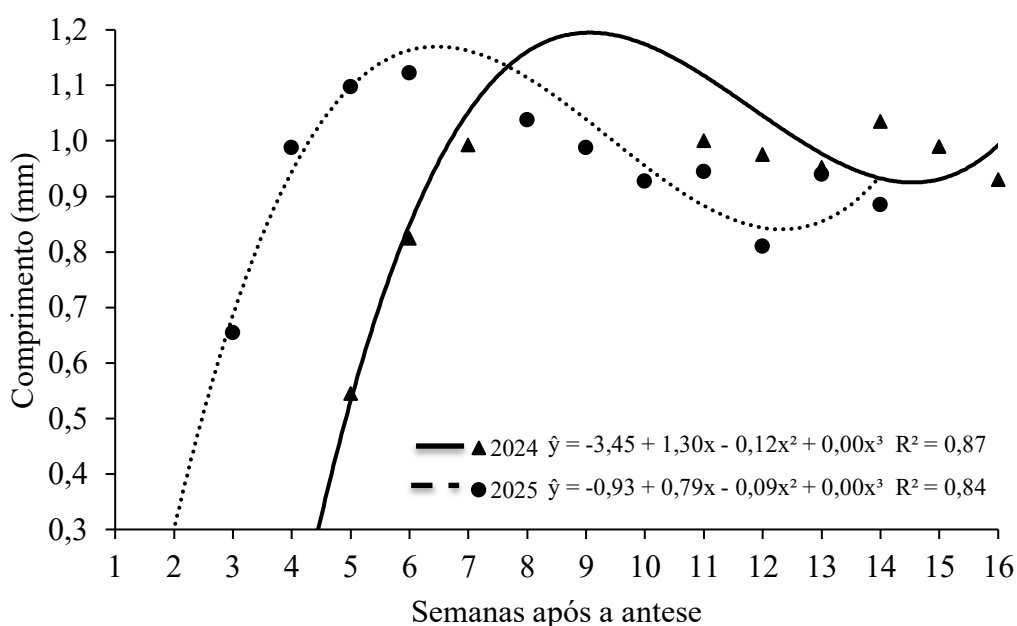


Figura 4. Comprimento das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus ao longo dos

anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

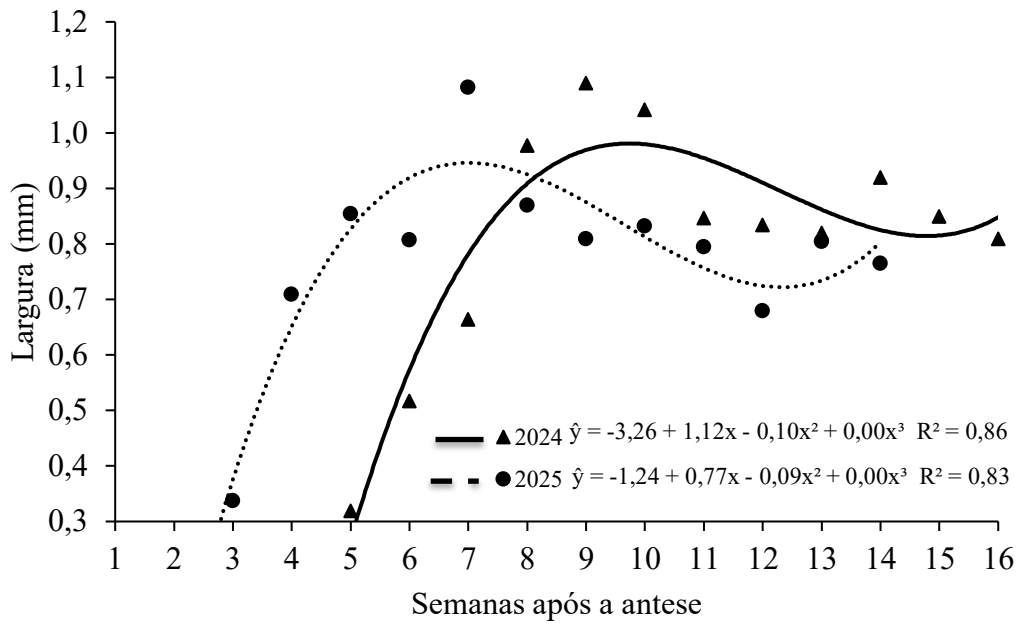


Figura 5. Largura das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

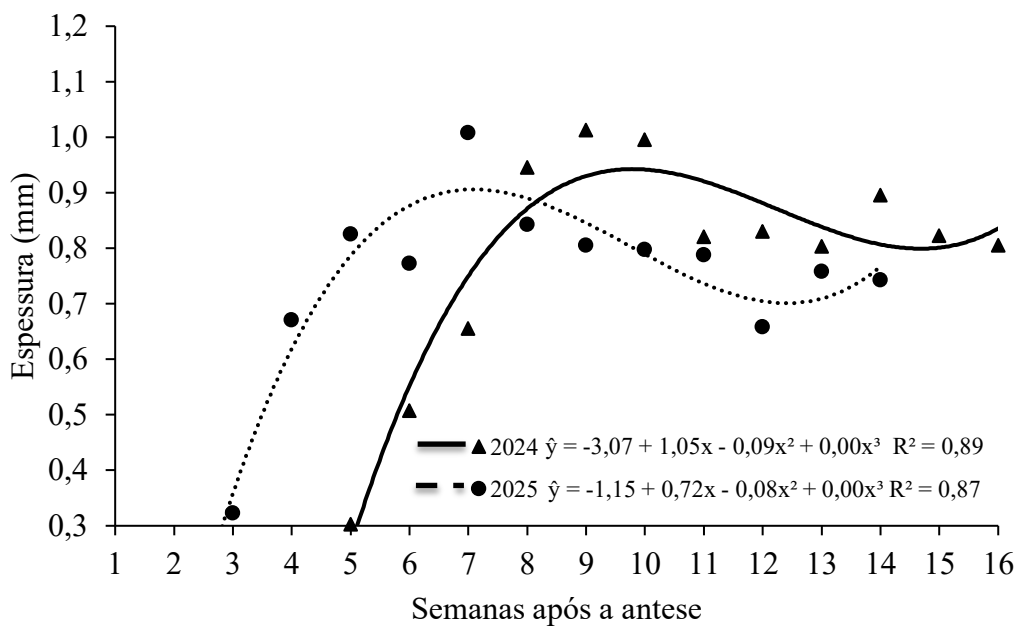


Figura 6. Espessura das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Embora as sementes produzida no ano de 2025 tenham apresentado dimensões ligeiramente inferiores às de 2024, assim como nos dados de matéria seca, essa circunstância também pode ser atrelada ao conjunto de fatores ambientais anteriormente mencionados. A semeadura antecipada em 2025, no mês de maio, pode ter resultado em um desenvolvimento vegetativo menos estressado. Com a semeadura em junho de 2024, com temperatura e radiação solar mais elevada durante o período de enchimento dos grãos, houve uma abundante disponibilidade de assimilados e aceleração do metabolismo das sementes – resultando em maiores dimensões. No entanto, o enchimento acelerado de sementes em condições de estresse térmico compromete a integridade das membranas celulares, reduzindo o vigor das sementes (Dornbos; Mullen, 1991; Devi et al., 2023, Smith; Lu, 2024).

No início das análises biométricas realizadas com as sementes de grão-de-bico, as sementes coletadas nas primeiras semanas possuíam menores valores de comprimento, largura e espessura em relação às demais épocas de coleta. Considerando que o processo de formação das sementes estava apenas no início, o acúmulo de fito massa ainda estava baixo, mas, no decorrer do processo de maturação fisiológica, as sementes aumentaram seu tamanho em função do acúmulo de matéria seca e da quantidade de água (Mendes, 2014).

O aumento progressivo do tamanho da semente em formação se dá em ocorrência da intensa divisão celular e sua expansão, o esperado é que atinjam seu tamanho máximo aproximadamente na metade do período de acúmulo de matéria seca (Marcos-Filho, 2005; Carvalho; Nakagawa, 2012). O autor ainda aborda que há redução, com intensidade variável, dependendo da espécie e do grau de desidratação verificada ao final da maturação. Neste caso, nos dois anos, foi possível observar oscilações no tamanho das sementes especialmente no final do ciclo, a qual foi influenciada pelas chuvas e umidade relativa.

Para algumas culturas, como o amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens* Tul.), em trabalho realizado a respeito da maturação de suas sementes, por Carvalho et al. (1980), não se teve variações significativas para o tamanho das sementes. Mas, de acordo com os dados obtidos com o grão-de-bico, a biometria pode ser uma característica interessante para auxiliar na definição do ponto de maturação fisiológica, ainda que no presente estudo tenha sido fortemente influenciada pelas condições ambientais.

Paralelamente às mudanças nas dimensões das vagens, a coloração apresentou gradiente característico ao longo da maturação das sementes de grão-de-bico. As vagens e as sementes colhidas em diferentes estádios de maturação nos anos de 2024 e 2025, da 1ª à 16ª semana após a antese apresentaram variações na coloração (figura 7).

Da 5ª a 7ª semana após a antese (2024) e 3ª à 5ª semana após a antese, a coloração das

vagens e das sementes foi um verde escuro intenso; da 8ª semana após a antese (2024) e 6ª semana após a antese (2025) em diante estas começaram o processo de amarelecimento de forma gradual. Na 9ª e 10ª semana após a antese (2024) e 7ª e 8ª semana após a antese (2025) ainda era possível observar vagens verdes nas plantas, uma vez que o crescimento do grão-de-bico é indeterminado, mas em sua maioria, as vagens encontravam-se de amarelas para bege. A partir da 11ª semana após a antese e estendendo até a 14ª semana após a antese (2024), e 9ª à 11ª semana após a antese (2025), foi possível observar no campo plantas com coloração bege. Da décima primeira semana experimental em diante, as vagens e as sementes começaram a se deteriorar, apresentando uma coloração de marrom escuro à preto.



Figura 7. Coloração das vagens avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

As observações visuais indicaram que as vagens no ano de 2024 (Figura 8) apresentavam uma coloração mais escura nas semanas finais em comparação com as de 2025 (Figura 9). Essa característica, possivelmente, está associada à maior incidência de chuvas durante a maturação, que favoreceu o desenvolvimento de patógenos.



Figura 8. Coloração das vagens avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus na 15^a semana após a antese em 2024.



Figura 9. Coloração das vagens avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus na 13^a semana após a antese em 2025.

Na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), Chamma (1988) obtiveram resultados semelhantes, pois constataram que com a sequência dos diferentes momentos de colheita, as porcentagens de sementes de cor amarelo esverdeada decresceram e que, simultaneamente, foram verificados acréscimos nas porcentagens das sementes de coloração marrom. Em outro estudo realizado também com a cultura deste feijão, por Vieira e Vieira (1997), o ponto de maturação fisiológica das cultivares avaliadas coincidiu com o início da mudança da cor das vagens. A coloração do tegumento da semente, identificada em cada uma das cultivares como indicadora do ponto de máximo conteúdo de matéria seca da semente e ápice de germinação, foi considerada como uma maneira prática e segura de visualizar, em campo, o ponto em que já é possível realizar a colheita da cultura.

Marcos-Filho (2005) afirma que a identificação visual da maturidade fisiológica contribui para detectar a época em que as sementes apresentam a máxima qualidade fisiológica ou encontram-se muito próximas desse final, o que vai ao encontro dos resultados obtidos na cultura do grão-de-bico, uma vez que na 13ª semana após a antese (2024) e 11ª semana após a antese (2025), onde se tem o máximo acúmulo de matéria seca, as vagens e as sementes se encontraram beges.

Os parâmetros físicos e visuais das sementes relacionam-se, também, com a qualidade fisiológica das sementes, auxiliando na determinação do ponto ótimo de maturidade fisiológica. A germinação apresentou uma resposta quadrática característica ao longo do processo de maturação, com aumento progressivo até um pico ótimo seguido de declínio natural – padrão fortemente modulado pelas condições ambientais durante a colheita (Figura 10).

Assim, os dados referentes à germinação das sementes de grão-de-bico coletados em diferentes estádios de maturação no ano de 2024 aumentam de forma progressiva ao longo das semanas, atingindo a máxima germinação entre a 11ª e 12ª semana após a antese (79,20%), inferindo para estas colheitas o ponto de maturidade fisiológica das sementes (Figura 10). O declínio acentuado na taxa de germinação justifica-se pela precipitação, que coincidiu com o ápice de germinação das sementes, logo, o ponto ótimo de colheita foi prejudicado, possivelmente pelas condições climáticas.

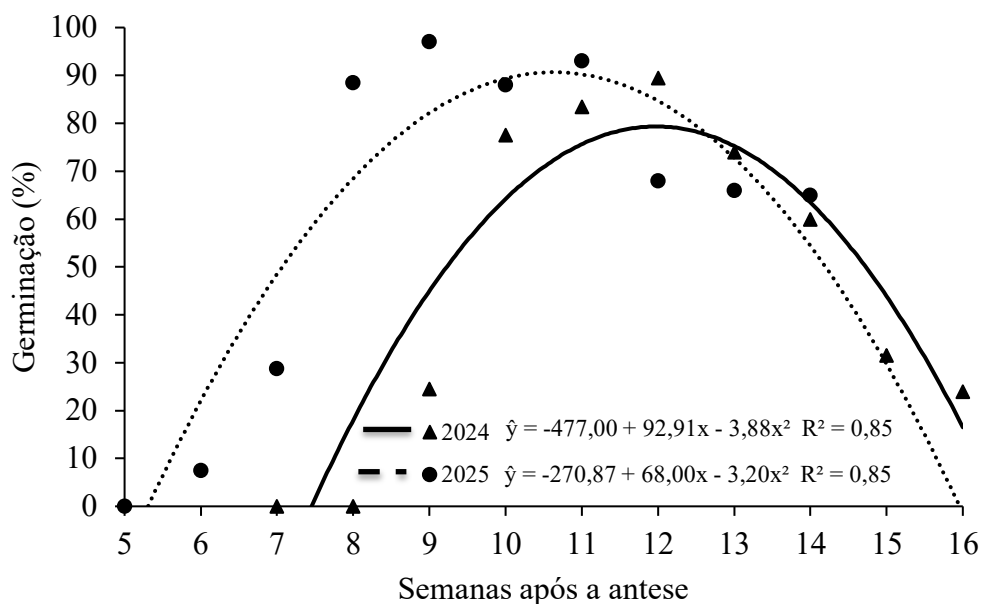


Figura 10. Germinação das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Em 2025, a máxima germinação das sementes foi observada em uma janela mais ampla, entre a 9ª e 11ª semana após a antese (90,37%) (Figura 10). Diferente do ano anterior, as sementes foram colhidas no ponto ótimo sob condições secas, sem interferência da chuva, o que possibilitou a alta germinação por um período maior. A taxa de germinação decaiu ao longo do tempo em função das condições de campo, uma vez que está sujeita às intempéries.

A precipitação em 2024, nos meses de outubro e novembro, com médias diárias de 8,1 mm/dia e 10,7 mm/dia, totalizando 251,0 mm em outubro e 300,7 mm em novembro, favoreceu a deterioração das sementes por umidade excessiva, comprometendo a secagem natural das sementes. Costa et al. (1995) também obtiveram baixos valores de germinação em estudo conduzido com a cultura da soja, em função da época da colheita, que acabará sendo prejudicada pelos elevados índices pluviométricos. Oscilações de temperatura, associados a altos índices pluviométricos e/ou elevada umidade relativa do ar, vão contribuir gradativamente para que o processo seja acentuado com perdas significativas no potencial de germinação das sementes (Delouche, 1973; Pereira et al., 1979).

A ocorrência de chuvas na colheita leva as sementes de grão-de-bico à deterioração, o que pode ser atribuído à redução da germinação das sementes. Esse e outros fatores, como o atraso na colheita, podem acelerar o processo de deterioração da semente, que é considerado um processo complexo, degenerativo contínuo; inicia-se a partir da maturidade fisiológica e se estende até a perda completa da viabilidade das sementes (Mittler, 2017; Rajani et al, 2020;

Trancoso, 2023).

Em um estudo realizado por Bolina (2012), com maturação fisiológica de sementes de feijão, a pesquisadora constatou que o teste padrão de germinação mostrou grande frequência de sementes mortas nas primeiras e últimas épocas de colheita, e de plântulas anormais somente nas épocas finais, tal verificação sugere o fraco vigor relacionado com a viabilidade das sementes, e os efeitos da deterioração que ocorre no campo após a maturidade fisiológica das sementes, assim como ocorre, também, com as sementes de grão-de-bico.

A Primeira Contagem de Germinação (PCG) também seguiu uma tendência quadrática, assemelhando-se à germinação total, com os valores máximos concentrados no período de maturidade fisiológica e refletindo claramente o impacto das condições ambientais.

Os valores foram ligeiramente inferiores em relação à germinação total, indicando uma emergência inicial lenta (Figura 11). Isso justifica-se pela colheita precoce das sementes, uma vez que as sementes em estádios iniciais possuem embriões imaturos e baixa reserva de nutrientes, o que retarda o processo germinativo. A germinação total, por sua vez, permite que os embriões concluam seu desenvolvimento. Trancoso (2023) também atestou baixos valores na emergência de plântulas em sementes de grão-de-bico colhidas precocemente – ou em estádios iniciais – atribuindo essa redução ao menor vigor e longevidade das sementes imaturas.

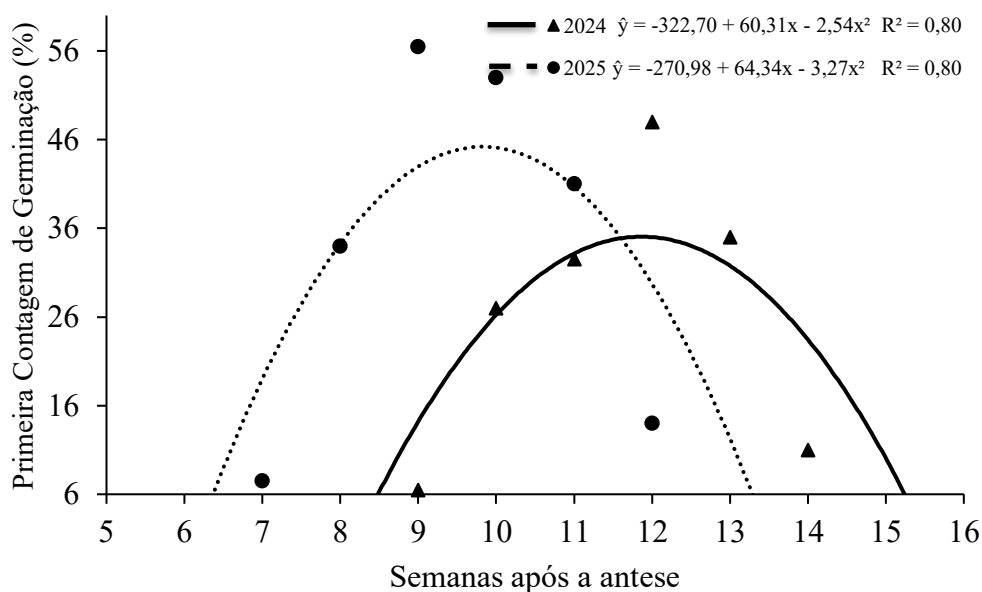


Figura 11. Primeira Contagem de Germinação das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

No ano de 2024 a máxima de primeira contagem foi observada entre a 11^a e a 12^a semana

após a antese, correspondendo a 35,29% de germinação. Em 2025, foi entre a 9ª e 10ª semana após a antese, com 45,50% de germinação na primeira contagem.

As condições climáticas adversas em 2024 – como a alta umidade relativa, amplitude térmica e precipitação – influenciaram diretamente na emergência das plântulas em 2024, uma vez que os embriões possivelmente foram afetados, tornando a germinação mais lenta. O teste de primeira contagem, indiretamente avalia a velocidade de germinação, pois a maior porcentagem de germinação na primeira contagem significa que umas sementes germinaram mais rapidamente que as demais (Galindo et al., 2012; Nakagawa, 1999).

As condições climáticas mais moderadas em 2025 proporcionou um desenvolvimento uniforme das sementes, refletindo em melhores condições de germinação ao quinto dia. Botelho et al. (2010), ao realizarem um estudo sobre o desempenho fisiológico de sementes de feijão colhidas em diferentes períodos do desenvolvimento, também observaram uma tendência na queda da emergência de plântulas a qual foi provada pelo início do período chuvoso, favorecendo o processo de deterioração e causando a queda no vigor. O estresse térmico resultou em uma janela estreita de máxima qualidade fisiológica e declínio acelerado do vigor e da germinação. A exposição das sementes a ciclos alternados de temperatura resulta na sua deterioração (França-Neto et al., 2016).

Ainda que as sementes tenham sofrido influência das condições climáticas, ressalta-se a importância do estágio de maturação para realização da colheita. Este é um fator primordial, pois influencia na qualidade fisiológica da semente (Finch-Savage; Bassel, 2016). Os maiores valores da primeira contagem de germinação foram observados próximo ao período de máxima germinação total, reforçando que a colheita realizada no estágio de maturação adequado resulta em elevados índices de germinação e alto vigor. Em estudo conduzido com aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb), Nakagawa et al. (1994) corroboraram que a primeira contagem de germinação, enquanto teste de vigor, mostrou-se eficiente e deve ser considerada para a determinação do ponto de maturidade fisiológica das sementes.

O teste de envelhecimento acelerado, que se adequou ao modelo quadrático, avalia a capacidade das sementes em manter sua viabilidade sob condições adversas de estresse. Os resultados revelaram que o vigor fisiológico máximo também se concentra no período de maturidade fisiológica. As sementes da safra de 2025 demonstraram maior tolerância ao estresse (figura 12).

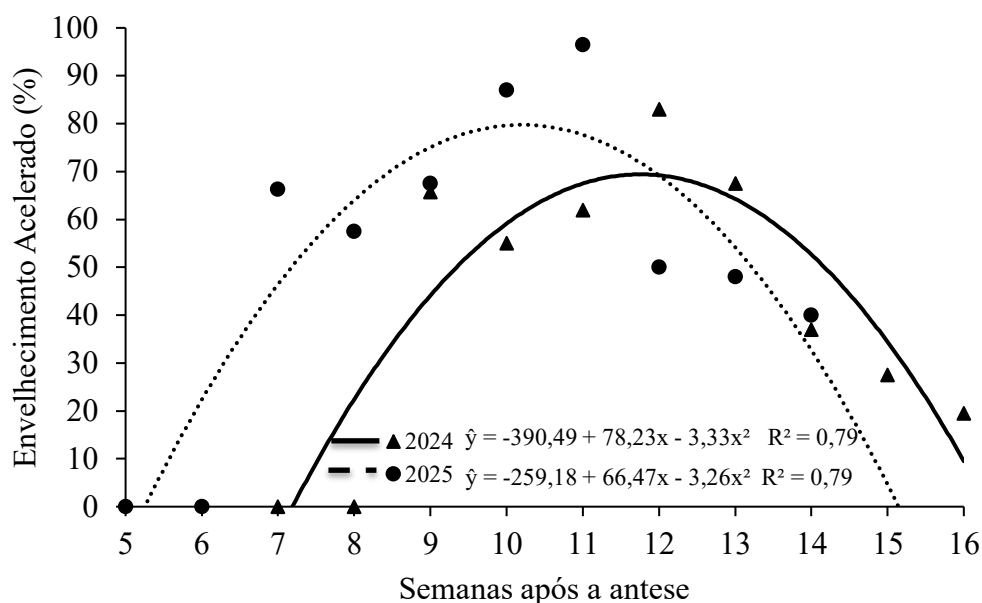


Figura 12. Envelhecimento acelerado das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Zeus ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

A germinação após o teste de envelhecimento acelerado das sementes de grão-de-bico apresentou os maiores percentuais e, conseqüentemente, melhor vigor, entre a 11ª e 12ª semana após a antese no ano de 2024 (68,97%) e entre 10ª e 11ª semana após a antese em 2025 (79,63%).

A eficácia deste teste para a avaliação do vigor é consolidada na literatura para diversas culturas. Para a cultura da lentilha (*Lens culinaris*), o teste de envelhecimento acelerado com uso de solução salina saturada mostra-se eficiente para avaliar o vigor de sementes, sendo o procedimento mais adequado para a classificação dos lotes em diferentes níveis de vigor (Freitas; Nascimento, 2006). De forma semelhante, em soja (*Glycine max* (L.) Merrill), o envelhecimento acelerado foi determinado como o procedimento mais adequado para avaliação do vigor através da porcentagem de plântulas normais após o estresse (Belniaki et al., 2016)

Os resultados obtidos corroboram diretamente os dados de primeira contagem de germinação e germinação total, consolidando a janela entre a 11ª semana após a antese e a 12ª semana após a antese, em 2024; e da 10ª semana após a antese à 13ª semana após a antese não apenas como o ponto de máxima qualidade fisiológica, mas também de maior vigor das sementes do grão-de-bico. A eficácia do teste de envelhecimento acelerado para detectar o pico de vigor associado à maturidade fisiológica encontra respaldo em estudos anteriores, como os de Kulik; Yaklich (1982), Caliarri; Marcos-Filho (1990) e Mendes (2014).

4. CONCLUSÃO

A janela adequada para a colheita de sementes de grão-de-bico ocorre entre a 11^a e a 13^a semana após a antese (2024) e entre a 9^a e a 11^a semana (2025). Esses períodos foram definidos com base na correlação entre as características físicas e fisiológicas das vagens e das sementes e o ponto de maturidade fisiológica.

Nesse intervalo, as sementes apresentaram-se próximas ou já haviam atingido o teor mínimo de água, associado ao máximo acúmulo de matéria seca. Além disso, observou-se redução no tamanho das sementes e consolidação da coloração característica (bege). Os testes de germinação e de vigor realizados indicaram porcentagens elevadas, confirmando a qualidade fisiológica das sementes nesse estágio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ARTIAGA, O. P.; SPEHAR, C. R.; BOITEUX, L. S.; NASCIMENTO, W. M. Avaliação de genótipos de grão de bico em cultivo de sequeiro nas condições de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 1, p. 102-109, 2015.

BARNABÁS, B.; JÄGER, K.; FEHÉR, A. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. **Plant, Cell & Environment**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 11–38, 2008.

BELNIAKI, A. C.; GRZYBOWSKI, C. R. S.; SILVA, R. C.; PANOBIANCO, M. Teste de envelhecimento acelerado para sementes de soja: avaliação da porcentagem ou do comprimento das plântulas normais? **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 26, n. 1, 2, 3, dez. 2016.

BRAGA, N.R.; VIEIRA, R.F.; RAMOS, J.A. de O. A cultura do grão-de-bico. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 174, p. 47-52, 1992.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

BOLINA, C. C. **Maturação fisiológica da semente e determinação da época adequada de colheita do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. **Linkania Master**, [S. l.], n. 2, abr./jul. 2012.

BOTELHO, F. J. E.; GUIMARÃES, R. M.; OLIVEIRA, J. A.; EVANGELISTA, J. R. E.; ELOI, T. A.; BALIZA, D. P. Desempenho fisiológico de sementes de feijão colhidas em diferentes períodos do desenvolvimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 900-907, jul./ago. 2010.

CALIARI, M. F.; MARCOS-FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ervilha (*Pisum sativum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 12, n. 3, p. 52-75, 1990.

CARTER, L. J.; HARTWIG, E. E. The management of soybean. **Advances in Agronomy**, [S. l.], v. 14, p. 359-419, 1962.

CARVALHO, B. L.; BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇANETO, J. B.; HENNING, F. A. Conteúdo de lignina e tolerância à deterioração em pré-colheita e efeito na qualidade de sementes de soja. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 14., 2019, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2019. (Documentos / Embrapa Soja, 415). ISSN 2176-2937.

CARVALHO, N. M.; SOUZA FILHO, J. F.; GRAZIANO, T. T.; AGUIAR, I. B. Maturação fisiológica de sementes de amendoim do campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 2, n. 2, p. 23-28, 1980.

CARVALHO, N. M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p.

CASTRO, E. M.; OLIVEIRA, J. A.; LIMA, A. E.; SANTOS, H. O.; BARBOSA, J. I. L. Physiological quality of soybean seeds produced under artificial rain in the pre-harvesting period. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 38, n. 1, p. 14-21, 2016.

CHAMMA, H. M. C. P. **Maturação de sementes de feijão ‘Aroana’ (*Phaseolus vulgaris* L.) e sua influência sobre o potencial de armazenamento.** 1988. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

COSTA, N. P.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; CABRAL, N. T.; MENDES, M. C. Efeito da época de semeadura sobre a qualidade fisiológica de semente de soja no estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 17, n. 1, p. 107-112, 1995.

COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M.; MAURINA, A. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. Qualidade fisiológica, física e sanitária de sementes de soja produzidas no Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 128-132, 2003.

CRUZ, J. O. **Maturação e qualidade fisiológica de diásporos de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All.** 2017. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

CUNHA, J. P. A. R.; OLIVEIRA, P.; SANTOS, C. M.; MION, R. L. Qualidade das sementes de soja após a colheita com dois tipos de colhedora e dois períodos de armazenamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1420-1425, 2009.

DELOUCHE, J. C. Precepts of seed storage. In: SHORT COURSE FOR SEEDSMEN, 16., 1973, Mississippi. **Proceedings...** Mississippi: Mississippi State University, 1973. p. 97-122.

DEVI, P. et al. Understanding the effect of heat stress during seed filling on nutritional composition and seed yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Scientific Reports**, [S. l.], v. 13, p. 15450, 2023.

DIAS, D. C. F. Maturação de sementes. **Seed News**, Pelotas, v. 5, n. 6, p. 22-24, 2001.

DORNBOS, D. L.; MULLEN, R. E. Influence of stress during soybean seed fill on seed weight, germination, and seedling growth rate. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 71, n. 2, p. 373-383, 1991.

FERREIRA, A. C.; BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V. Alterações químicas e nutricionais do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) cru irradiados e submetidos à cocção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 80-88, jan./mar. 2006.

FERREIRA, D. F. 2014. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia** (Brasil) 38(2): 109-11.

FINCH-SAVAGE, W. E.; BASSEL, G. W. Seed vigour and crop establishment: Extending performance beyond adaptation. **Journal of Experimental Botany**, [S. l.], v. 67, n. 3, p. 567-591, 2016.

FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja.** Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1984. 39 p. (Circular Técnica, 9).

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P.; LORINI, I.; HENNING, F. A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta**

qualidade. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82 p. il. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 380). E-book.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; COSTA, N. P. **Tecnologia de produção de sementes**. In: A CULTURA da soja no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 1 CD-ROM.

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A.; PADUA, G.P.; LORINI, I.; HENNING, F.A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82p. il. color. (Embrapa Soja. Documentos, 380).

FREITAS, R. A.; NASCIMENTO, W. M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de lentilha. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 59-63, 2006.

GALINDO, E. A.; ALVES, E. U.; SILVA, K. B.; BARROZO, L. M.; MOURA, S. S. Germinação e vigor de sementes de *Crataeva tapia* L. em diferentes temperaturas e regimes de luz. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 138-145, jan./mar. 2012.

GALLARDO, K.; THOMPSON, R.; BURSTIN, J. Reserve accumulation in legume seeds. **Comptes Rendus Biologies**, [S. l.], v. 331, n. 10, p. 755-762, 2008.

GIORDANO, L. de B.; NASCIMENTO, W. M.; PESSOA, H. B. S. V. **Cultivo do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.)**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 1998. (Instruções Técnicas, n. 14).

GRABE, D. F. Measurement of seed moisture. In: STANWOOD, P. C.; McDONALD, M. B. (Ed.). **Seed Moisture**. Madison: Crop Science Society of America, 1989. p. 69-92.

GRIS, C. F.; VON PINHO, E. V. R.; ANDRADE, T.; BADONI, A.; CARVALHO, M. L. M. Qualidade fisiológica e teor de lignina no tegumento de sementes de soja convencional e transgênica RR submetidas a diferentes épocas de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 374-381, 2010.

KHALIL, A. W.; ZEB, A.; MAHMOOD, F.; TARIQ, S.; KHATTAK, A. B.; SHAH, H. Comparação das características de qualidade dos brotos de cultivares de grão-de-bico do tipo desi e kabuli (*Cicer arietinum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 40, n. 6, p. 937-945, ago. 2007.

KULIK, M. M.; YAKLICH, R. W. Evaluation of vigor tests in soybean seeds: Relationship of accelerated aging, cold, sand bench and speed of germination tests to field speed performance. **Crop Science**, [S. l.], v. 22, n. 4, p. 766-770, 1982.

LIMA, E. M. **Influência do desbaste na estrutura, florística e dinâmica da vegetação lenhosa de um cerrado sentido restrito em Brasília, DF**. 2010. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2010.

LOPES, U. F. E. S.; MATHEUS, M. T.; CORRÊA, N. B.; DA SILVA, D. P. Germinação de sementes de embiruçu (*Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns) em diferentes estádios de maturação e substratos. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 331-337, 2008.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005.

MENDES, L. D. **Maturação fisiológica em amaranto (*Amaranthus cruentus* L.)**. 2014. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

MITTLER, R. ROS are good. **Trends in Plant Science**, [S. l.], v. 22, n. 1, p. 11-19, 2017.

NASCIMENTO, W.M; SILVA, P.P. Grão-de-bico: nova aposta do agronegócio brasileiro. **Revista Seed News**, v.23, n.3, p.18-22, 2019.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; MACHADO, J. R. Maturação de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.). I. Maturidade do campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 315-326, fev. 1994.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSWIKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 2, p. 2.1-2.24.

OLIVEIRA, G. P. de O.; MORAIS, O. M. Maturação e qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, PB, v. 15, n. 1, p. 23-34, jan./mar. 2019. ISSN 1808-6845.

OLIVEIRA, J. A.; ROSA, S. D. V. F.; CARVALHO, E. R. Secagem de sementes. In: OLIVEIRA, J. A. (Org.). **Processamento pós-colheita de sementes: abordagem agrônômica visando aprimorar a qualidade**. Lavras: UFLA, 2021. p. 67-93.

PEREIRA, L. A. G.; COSTA, N. P.; QUEIROZ, E. F.; NEUMAIER, N.; TORRES, E. Efeito da época de semeadura sobre a qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 1, n. 3, p. 77-89, 1979.

RAJANI, K. et al. Physiological and biochemical assesment of chickpea and lentil grown in different agroclimatic zones of bihar. **Current Journal of Applied Science and Technology**, [S. l.], v. 39, n. 8, p. 68–78, 2020.

RIBEIRO, L. K. M.; ZUCHI, J.; COSTA, A. R.; SILVA, P. C. **Indicações técnicas para execução de teste de tetrazólio em sementes de grão de bico**. **Informe Goiano**, Rio Verde, v. 9, n. 1, 2021.

SANTOS, S. B. et al. Acúmulo de matéria seca e óleo nas sementes de pinhão-mansão e qualidade do óleo extraído. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 2, p. 209-215, 2012.

SANTOS, S. G. F. **Beneficiamento na qualidade física e fisiológica de sementes de grão-de-bico**. 2022. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2022.

SARMENTO, H. G. S.; DAVID, A. M. S. S.; BARBOSA, M. G.; NOBRE, D. A. C.; AMARO, H. T. R. Determinação do teor de água em sementes de milho, feijão e pinhão-mansão por métodos alternativos. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 30, n. 3, p. 249-256, jul./set. 2015.

SEHGAL, A.; SITA, K.; SIDDIQUE, K. H. M.; KUMAR, R.; BHOGIREDDY, S.; VARSHNEY, R. K.; HANUMANTHARAO, B.; NAIR, R. M.; PRASAD, P. V. V.; NAYYAR, H. Drought or/and heat-stress effects on seed filling in food crops: impacts on functional biochemistry, seed yields, and nutritional quality. **Frontiers in Plant Science**, [S. l.], v. 9, art. 1705, nov. 2018.

SENA, D. V. A.; ALVES, E. U.; ARAÚJO, L. R.; SILVA, R. S.; NETO, A. P. A.; RODRIGUES, C. M. Ponto de maturidade fisiológica de sementes de *Sideroxylon obtusifolium* [(Roem. & Schult.) T. D. Penn.]. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 1106-1124, jul./set. 2022.

SILVA, C. A. T.; SILVA, T. T. A.; CARVALHO, B. O.; OLIVEIRA, J. A.; VILELA, X. M. S. Qualidade fisiológica de sementes de sorgo durante a maturação e secagem. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. 1 CD-ROM.

TERASAWA, J. M.; PANOBIANCO, M.; POSSAMAI, E.; KOEHLER, H. S. Antecipação da colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 765-773, 2009.

TRANCOSO, A. C. R. **Alterações fisiológicas e bioquímicas e potencial de armazenamento de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) colhidas em diferentes estádios de maturação.** 2023. 60 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2023.

VIEIRA, E. H. N.; VIEIRA, N. R. A. **Indicadores visuais da maturação fisiológica do feijão.** Goiânia: Embrapa - CNPAF, 1997.

VIEIRA, L. R. D.; SEDIYAMA, J.; SILVA, R. E.; SEDIYAMA, C. S.; THIEBAUT, J. T. I.; XIMENES, P. A. Estudo da qualidade fisiológica de semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivar UFV-1 em quinze épocas de colheita. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Brasília. **Anais...** Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1982. v. 1, p. 633-644.

WENDT, L.; JUNIOR, F. G. G.; ZORATO, M. F.; MOREIRA, G. C. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja por meio de imagens. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 3, p. 280-286, jul./set. 2014.

YANG, J.; ZHANG, J. Grain filling of cereals under soil drying. **New Phytologist**, [S. l.], v. 169, n. 2, p. 223-236, 2006.

CAPÍTULO 2

Maturação fisiológica em sementes de grão-de-bico tipo Desi

MATURAÇÃO FISIOLÓGICA EM SEMENTES DE GRÃO-DE-BICO TIPO DESI

Resumo: O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é uma cultura de alto valor nutricional e crescente importância no Brasil, cuja qualidade das sementes está diretamente associada ao ponto de colheita na maturidade fisiológica. Este estudo teve como objetivo avaliar a maturação de sementes do tipo Desi (cv. GB Cappuccino), visando identificar o ponto de maturidade fisiológica e sua relação com características físicas e fisiológicas. O experimento foi conduzido em campo na Fazenda Água Limpa (UnB) nos anos de 2024 e 2025, com coletas semanais de sementes a partir da antese até a 16ª semana após a antese. As determinações de teor de água, massa seca, biometria, coloração, germinação, primeira contagem de germinação e envelhecimento acelerado foram realizadas em laboratório. Os resultados indicaram que a janela adequada para a colheita de sementes de grão-de-bico ocorre entre a 11ª e a 13ª semana após a antese (2024) e entre a 8ª e a 10ª semana (2025). As condições climáticas, em especial a precipitação elevada no final do ciclo de 2024, impactaram negativamente a qualidade das sementes, acelerando a deterioração. A maturidade fisiológica correlacionou-se com a coloração bege das vagens, a estabilização das dimensões das sementes e a redução do teor de água. Os testes fisiológicos aplicados demonstraram ser ferramentas precisas para identificar a janela ideal de colheita. Conclui-se que a determinação precisa da maturidade fisiológica é essencial para a produção de sementes de grão-de-bico com alto potencial fisiológico e vigor.

Palavras-chave: *Cicer arietinum* L., Desi, maturidade fisiológica, maturação, ponto de colheita.

PHYSIOLOGICAL MATURATION IN DESI TYPE CHICKPEA SEEDS

Abstract: Chickpeas (*Cicer arietinum* L.) is a crop of high nutritional value and growing importance in Brazil, whose seed quality is directly associated with the harvest point at physiological maturity. This study aimed to evaluate the maturation of Desi-type seeds (cv. GB Cappuccino), aiming to identify the point of physiological maturity and its relationship with physical and physiological characteristics. The experiment was conducted in the field at Fazenda Água Limpa (UnB) in 2024 and 2025, with weekly seed collections from anthesis until the 16th week after anthesis. Determinations of water content, dry mass, biometrics, color, germination, first germination count, and accelerated aging were performed in the laboratory. The results indicated that the appropriate window for harvesting chickpea seeds occurs between the 11th and 13th week after anthesis (2024) and between the 8th and 10th week (2025). Climatic conditions, especially the high rainfall at the end of the 2024 cycle, negatively impacted seed quality, accelerating deterioration. Physiological maturity correlated with the beige coloration of the pods, stabilization of seed dimensions, and reduction in water content. The applied physiological tests proved to be accurate tools for identifying the ideal harvest window. It is concluded that the precise determination of physiological maturity is essential for the production of chickpea seeds with high physiological potential and vigor.

Keywords: *Cicer arietinum* L., Desi, physiological maturity, ripening, harvest point.

1. INTRODUÇÃO

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é uma leguminosa, sendo considerada como uma das mais importantes cultivadas no mundo, pois apresenta alto valor nutricional, uma vez que é rico em proteínas, fibras e minerais. Utilizado para a alimentação humana, seus grãos e brotos são consumidos tanto *in natura* como vegetais e saladas, quanto processados como farinha, além da sua aplicabilidade em sistemas de produção agrícolas (Dirings; Gheller, 2024). A cultura apresenta baixo custo de produção devido à menor demanda por aplicações de defensivos agrícolas em função da baixa incidência de pragas e doenças e menor exigência de adubação (Nascimento; Silva, 2019). Diante da crescente demanda nacional por essa pulse, observa-se um investimento significativo de instituições públicas e privadas em pesquisas voltadas ao aumento da produção, visando atender ao mercado interno e reduzir a dependência de importações (Ribeiro, 2021; Nascimento; Silva, 2019).

A utilização de sementes com alta qualidade fisiológica é fundamental para o êxito do estabelecimento da cultura, assegurando maior rapidez na emergência, estande uniforme e plantas com elevado vigor (França-Neto, 2016; Bigolin et al., 2022). Entre os fatores que determinam essa qualidade, destaca-se a realização da colheita no momento adequado (Nascimento; Silva, 2019), uma vez que tanto a antecipação quanto o atraso no período de colheita podem resultar em perdas significativas na qualidade fisiológica das sementes, especialmente quando as variáveis associadas aos estádios pré e pós-maturação não são devidamente conhecidas (Zanatta et al., 2018). Por meio de modificações que ocorrem em algumas características físicas e fisiológicas, como tamanho, teor de água, conteúdo de matéria seca acumulada, germinação e vigor, é possível acompanhar o ciclo de desenvolvimento das sementes. O ponto de máximo acúmulo de matéria seca é tido como melhor e mais seguro indicativo de que as sementes atingiram a maturidade fisiológica (Dias, 2001; Silveira et al., 2002; Silva et al., 2010).

O desenvolvimento e a maturação das sementes são aspectos importantes a serem considerados na tecnologia de produção de sementes, pois entre os fatores que determinam a qualidade das sementes estão as condições de ambiente predominantes na fase de florescimento/frutificação e a colheita na época adequada (Peske, 2006).

As cultivares do grupo Desi têm sementes pequenas de coloração amarela, marrom ou preta, de forma angular e de superfície áspera. As plantas contêm antocianina, as flores são róseas ou púrpuras, os folíolos, pequenos e, em geral, são produzidos de dois a três grãos por vagem (Braga et al., 1992).

Todavia, carece-se de estudos detalhados sobre a dinâmica fisiológica da maturação do grão-de-bico tipo Desi sob as condições edafoclimáticas do Brasil, em especial quanto à definição de uma janela de colheita eficaz para a obtenção de sementes com qualidade superior, mesmo em cenários de dessincronização da maturação.

Nesse sentido, o presente trabalho teve o objetivo de estudar a maturação de sementes do tipo Desi, com o intuito de identificar o ponto de maturidade fisiológica e avaliar as características de natureza física e fisiológica associadas à maturação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Experimento de campo

O estudo de campo foi conduzido na Fazenda Água Limpa, da Universidade de Brasília – FAL/UnB, em 2024 e 2025. Localizada no Núcleo Rural Vargem Bonita, está situada numa altitude de 1.100 m, entre as coordenadas 15°56' S e 47°58' W Gr, no Distrito Federal. O solo predominante na área de estudo é o Latossolo Vermelho Amarelo (Lima, 2010).

Segundo a classificação de Köppen o clima da região é do tipo Aw, com temperatura média de 21 °C e precipitação anual de 1531,5 mm/ano. Ao longo do período experimental foram coletados dados diários de precipitação, temperaturas (máxima e mínima) e umidade, fornecidos pela Área Experimental de Agroclimatologia da Fazenda Água Limpa – FAL/UnB.

A área utilizada foi de 200 m² com espaçamento entre linhas de 0,30 m. As sementes foram distribuídas manualmente nos sulcos, com 12 sementes por metro linear e profundidade de 2-3 cm. As sementes utilizadas no plantio foram previamente tratadas com Vitavax (UPL) e Cruiser (Syngenta), com recomendação de 100 - 300 mL/100Kg de semente.

A cultivar de grão-de-bico avaliada foi GB Cappuccino. No ano de 2024, a semeadura do plantio foi realizada em 07 de junho. A floração iniciou-se em 26 de julho se estendendo até 21 de setembro; as primeiras sementes foram coletadas em 28 de agosto. Em 2025, a semeadura foi efetuada no dia 29 de maio. A floração teve início em 31 de julho e se estendeu até 11 de setembro; as primeiras sementes foram coletadas em 13 de agosto.

O preparo do solo foi realizado de forma convencional, por meio de aração e gradagem. Quanto à adubação, procedeu-se à aplicação de fertilizante de plantio uma semana antes da semeadura, seguida de adubação de cobertura. Utilizou-se o fertilizante NPK 20-05-20, com dosagem ajustada conforme as recomendações técnicas para a cultura.

A irrigação no plantio foi realizada por aspersores. Inicialmente, a área era irrigada diariamente, conforme o desenvolvimento da cultura e a necessidade hídrica, houve a redução

gradual da lâmina. Em 2024, a irrigação foi cortada em 26 de setembro. No ano de 2025, a irrigação foi cortada em 17 de setembro.

No que diz respeito ao controle de pragas, foram realizadas aplicações de Match EC (Syngenta), BtControl (Simbiose) e Prêmio (FMC) para as recomendações de aplicação foram consideradas, respectivamente, a lagarta-desfolhadora e *Helicoverpa armigera* – respeitando os intervalos de aplicação e doses recomendadas de acordo com a dimensão da área. O controle de plantas daninhas foi executado manualmente e semanalmente.

As vagens do grão-de-bico foram coletadas em intervalos regulares ao longo de todo o seu ciclo reprodutivo. Em 2024, as coletas iniciaram-se trinta e três dias após o início da floração; em 2025, aproximadamente quatorze dias. As colheitas tinham intervalos de sete dias entre uma e outra, até que as plantas entrassem no processo de senescência. Foram amostradas vagens provenientes de três posições distintas da planta: parte basal, intermediária e final dos ramos, a fim de obter-se uma amostra composta. Para o experimento em campo, não houve a utilização de delineamento e parcelas experimentais.

Foram realizadas doze coletas sequenciais em cada ano. Em 2024, a primeira coleta ocorreu na 5ª semana após a antese e a última coleta foi na 16ª semana após antese. Em 2025, a primeira coleta ocorreu mais cedo, na 2ª semana após a antese, estendendo-se até a 13ª semana após antese.

As coletas foram realizadas de forma manual, e, após a coleta, as vagens foram acondicionadas em embalagens de papel tipo Kraft, devidamente identificadas, assim, para serem transportadas para o Laboratório de Tecnologia de Sementes, onde foram realizadas as determinações e testes.

2.2. Determinações e testes de laboratório

As determinações e testes foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV) da Universidade de Brasília (UnB), Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Distrito Federal.

2.2.1. Determinação do grau de umidade – Teor de água

O teste foi realizado pelo método de estufa, a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, por 24 horas, conforme estabelecido pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Para tal determinação, utilizou-se 4 repetições de 20 sementes. Os resultados foram expressos em porcentagem de

umidade (%).

2.2.2. Matéria seca das sementes

Ao final da exposição das sementes à determinação do grau de umidade, as amostras foram pesadas e determinada a massa seca de cada repetição. A massa foi dividida pelo número de sementes avaliadas. (Oliveira; Morais, 2019; Trancoso, 2023). Os resultados são expressos em miligramas (mg) por amostra.

2.2.3. Biometria da semente e coloração

O comprimento (CP), espessura (ES) e a largura (LA) foram determinados por meio de medições realizadas diretamente, com auxílio de um paquímetro. Utilizou-se 4 repetições de 10 sementes. Os resultados são expressos em milímetros (mm). As determinações de coloração das vagens foram realizadas pelo método de classificação visual dos diferentes estádios de maturação.

2.2.4. Germinação

O substrato utilizado foi o papel germitest, umedecido com água destilada na proporção de 2 vezes o seu peso seco. Os rolos de papel com as sementes foram mantidos na Biological Oxygen Demand (B.O.D.) à temperatura de 20 °C. As avaliações das plântulas foram realizadas de acordo as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), no 8º dia após a instalação do teste. Os resultados são expressos em porcentagem (%).

2.2.5. Primeira contagem de germinação

A primeira contagem é realizada simultaneamente ao teste de germinação. Considerou-se as plântulas que ao 5º dia da instalação do teste de germinação apresentarem-se normais, conforme descrito nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009; Oliveira e Morais, 2019). Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

2.2.6. Envelhecimento acelerado

O teste foi conduzido conforme proposto por Santos (2022). As sementes foram distribuídas em camada única sobre uma tela de plástico, dispostas em caixas do tipo “gerbox”,

contendo no fundo solução de cloreto de sódio (NaCl) na concentração de 40%. As caixas foram colocadas em câmara Biological Oxygen Demand (B.O.D.), a 41 °C, por 24 horas. Posteriormente, as sementes foram transferidas para o ambiente de germinação, sob as mesmas condições de germinação descritas no item 3.2.4, e as plântulas foram avaliadas quanto à normalidade, conforme a metodologia descrita para o teste de germinação.

DELINEAMENTO E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todas as características avaliadas em laboratório foram submetidas à análise estatística, adotando-se delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos consistiram nas épocas de coleta, com quatro repetições cada. O estudo das relações foi realizado por meio de análise de regressão, testando-se modelos polinomiais cúbicos e quadráticos. As análises foram processadas no programa Sisvar, versão 5.6 (Build 86) (Ferreira, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados climáticos fornecidos pela Área Experimental de Agroclimatologia da Fazenda Água Limpa – FAL/UnB (Figura 1), verificou-se que no ano de 2024 as temperaturas ao longo do período reprodutivo do grão-de-bico GB Cappuccino apresentaram um aumento progressivo, com máxima de 32,6 °C em setembro e mantendo-se elevada em outubro (30,0 °C). Ainda assim, o período mais crítico foi a combinação desse cenário com as chuvas intensas nos meses de outubro e novembro, quando as sementes se encontravam em estágio avançado de maturação.

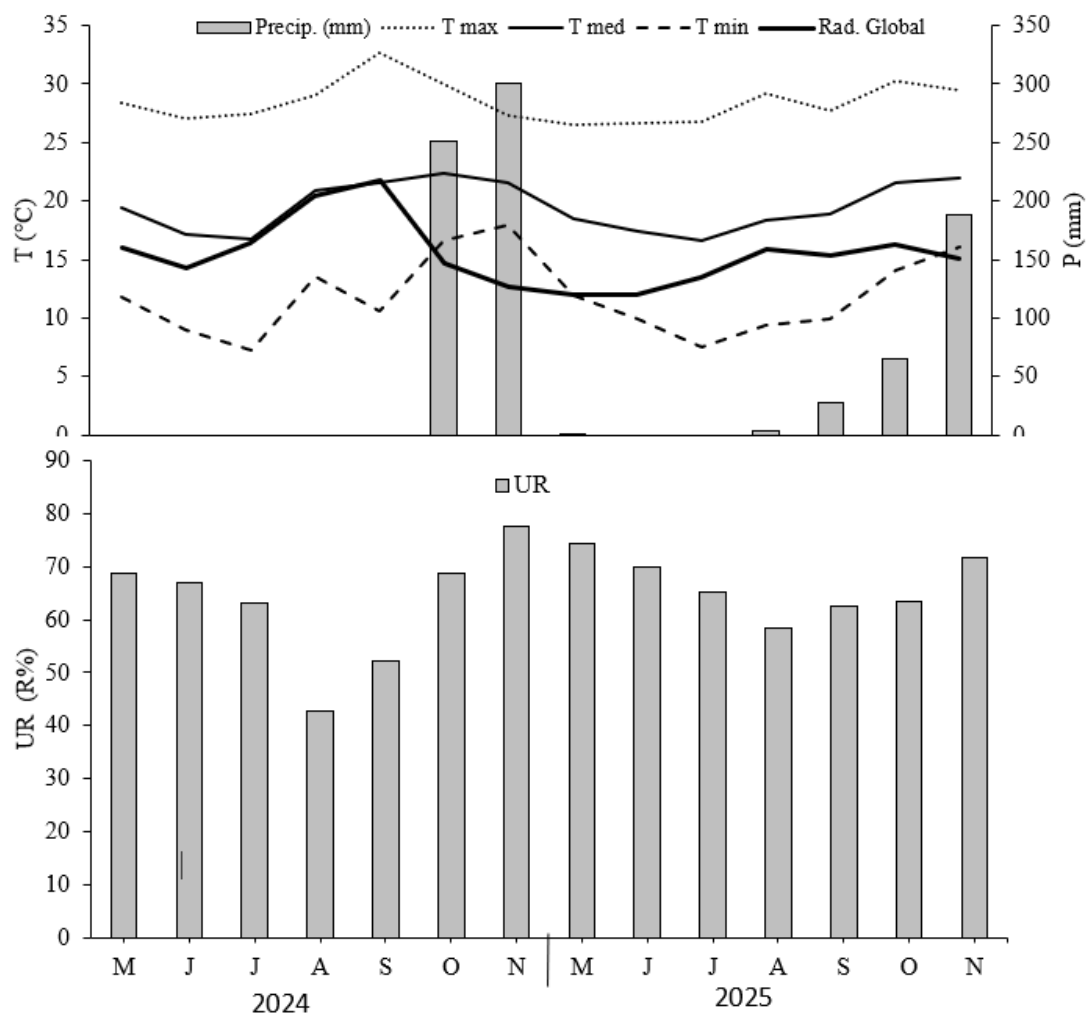


Figura 1. Temperaturas (T) máximas (max), médias (med) e mínimas (min), precipitação pluviométrica (P) e umidade relativa do ar (UR), da Fazenda Água Limpa – FAL/UNB – DF em 2024 e 2025. Fonte: Laboratório de Agroclimatologia da Universidade de Brasília.

O florescimento iniciado em julho de 2024 ocorreu, inicialmente, sob temperaturas amenas, entretanto, à medida que a floração se estendeu as plantas foram expostas a um aumento térmico progressivo. Esta elevação brusca durante a antese e o início do desenvolvimento das vagens pode ter induzido estresse fisiológico. A ocorrência da fase de enchimento dos grãos sob altas temperaturas foi acompanhada por radiação solar intensa (21,8 MJ/m²/dia em setembro), favorecendo o risco de estresse térmico. O estresse térmico limita o crescimento e o vigor do grão-de-bico em todos os estágios fenológicos, mas a fase reprodutiva é considerada a mais sensível e a exposição ao estresse térmico antes da antese pode reduzir o desenvolvimento das anteras, diminuir a produção de pólen e a fertilidade, induzindo anormalidades fisiológicas (Devasirvatham et al., 2012; Sita et al., 2017; Rani et al., 2019)

No ano de 2025 o cenário foi, consideravelmente, mais equilibrado. A antecipação da sementeira posicionou o florescimento dentro de uma janela climática estável. Durante a antese e o desenvolvimento inicial das vagens as temperaturas foram mais amenas (27,7 °C em setembro) além da radiação solar mais uniforme (15,3 MJ/m²/dia).

O enchimento dos grãos beneficiou-se de temperaturas máximas moderadas e de uma precipitação regular, o que viabilizou um fluxo contínuo de reservas nutricionais para as sementes em desenvolvimento, sem que temperaturas adversas comprometessem a integridade celular e o acúmulo de reservas. Melhores resultados reprodutivos são apoiados em temperaturas ótimas, desvios dessa faixa, como em temperaturas mais elevadas, podem resultar em floração reduzida e baixo rendimento de sementes (Adishesha et al., 2025).

A interação fenológica da cultura do grão-de-bico com as condições climáticas explica os resultados analisados, pois, em 2024, o estresse térmico durante a floração e o enchimento dos grãos, seguido pelo elevado volume pluviométrico tardio, criou uma janela estreita para a qualidade fisiológica das sementes. Em 2025, a sincronia entre a floração e as condições ambientais permitiu que a maturação fosse mais uniforme, resultando em uma janela mais ampla de máxima qualidade fisiológica – com parâmetros de germinação e vigor elevados.

A redução do teor de água, também influenciado pelas condições climáticas durante a maturação, foi melhor representado por um modelo polinomial cúbico. Seu ponto mínimo temporal correspondeu ao momento de máxima massa seca e vigor fisiológico das sementes de grão-de-bico.

Em 2024, o teor de água mínimo ocorreu na 13^a semana após a antese (17,26%) e em 2025, na 10^a semana após a antese (8,14%) (Figura 2). No processo de maturação de sementes o teor de água permanece elevado nas primeiras fases do desenvolvimento, pois ocorre a transferência de massa seca da planta para as sementes e decresce rapidamente a partir do momento em que as sementes atingem o máximo conteúdo de massa seca, desligando-se da planta-mãe. O teor de água pode ser considerado, quando associado a outras características e determinações, um dos principais índices para indicar a condição fisiológica das sementes (Silva, 2002; Araújo, 2013;)

Inicialmente, o teor de água nas sementes é de, no mínimo, 80%, esse valor diminui no processo de maturação. Entretanto, esse valor ainda permanece relativamente alto ao longo do processo, uma vez que a transferência de matéria seca da planta para as sementes deve ocorrer em meio aquoso (Marcos-Filho, 2005). Oliveira e Morais (2019) abordam que enquanto as sementes estão em processo de acúmulo de fotossintatos, a desidratação ocorre de forma lenta, mas torna-se acelerada quando atingem a máxima matéria seca.

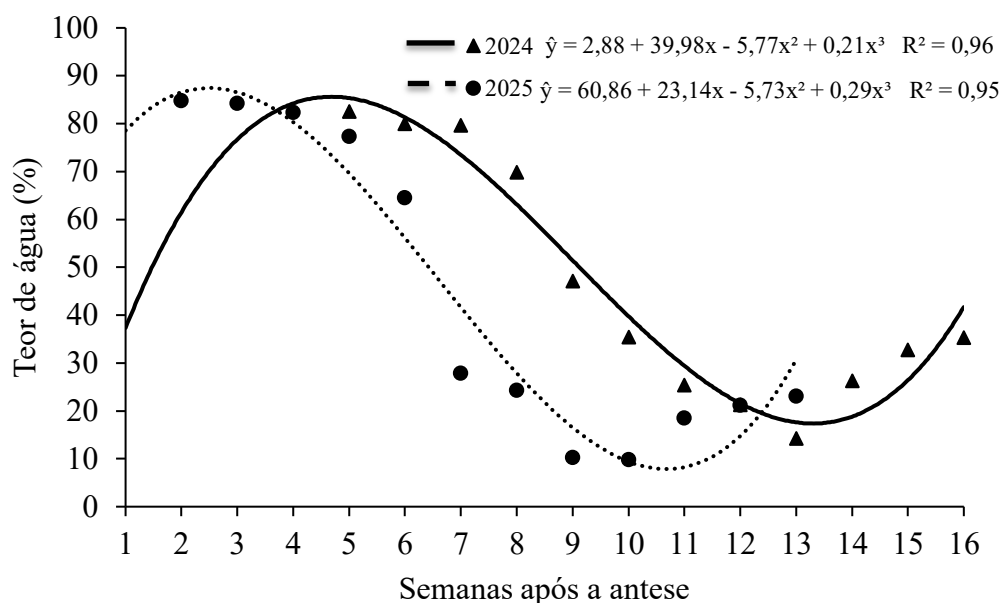


Figura 2. Teor de água das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Cappuccino ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Ao final do ciclo produtivo de 2024 houve um processo de reidratação das sementes de grão-de-bico. O volume pluviométrico elevado em outubro (251,0 mm) e novembro (300,7 mm) foi o responsável por esse comportamento nas sementes, pois essas já se encontravam em processo de dessecação na planta-mãe. Elevados índices de precipitação em determinados períodos de desenvolvimento da semente, com destaque para a fase de pré-colheita, podem ser prejudiciais à qualidade das sementes, pois resultam em sementes enrugadas e rachaduras em seu tegumento, em razão da expansão e contração dos tecidos expostos a ciclos alternados de variação na temperatura e na umidade relativa (França-Neto; Henning, 1984; França-Neto et al., 2000; Cunha et al., 2009; Terasawa et al., 2009; Carvalho et al., 2019).

A maturidade fisiológica das sementes é indicada pela relação inversa entre o teor de água e a massa seca, conforme discutido por Lopes et al., (2018). Nesse processo, o teor de água permanece elevado até que a massa seca da semente atinja seu ponto máximo – padrão característico do processo de maturação de sementes (Santos et al., 2012; Sena et al., 2022).

O acúmulo de massa seca nas sementes de grão-de-bico, em função das semanas após a antese, foi modelado por meio de regressão polinomial quadrática, a qual apresentou elevados coeficientes de determinação (R^2).

Observou-se um acúmulo significativo de massa seca nas sementes de grão-de-bico ao longo dos períodos de colheita, padrão consistente nos dois anos de avaliação (Figura 3). Da 12ª e 13ª semana após a antese, as sementes produzidas em 2024, apresentaram massa seca de

429,15 mg. Enquanto as de 2025, na 10ª semana após a antese, atingiram 393,27 mg – verifica-se uma ligeira redução de massa seca de um ano para o outro.

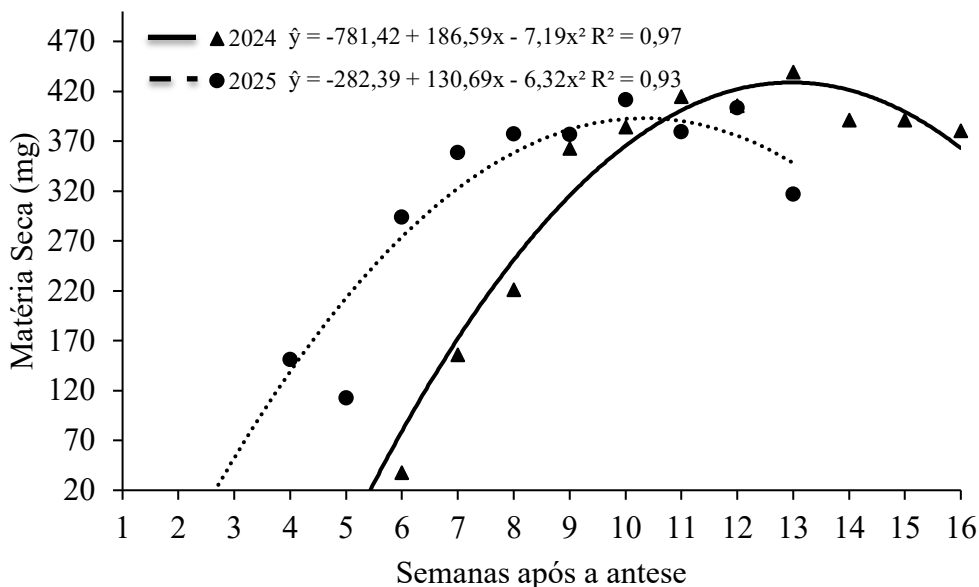


Figura 3. Massa seca das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Cappuccino ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

No ano de 2024, a elevada radiação solar (21,8 MJ/m²/dia) associada às temperaturas mais altas (média máxima de 32,6°C) favoreceu o rápido acúmulo de assimilados, o que justifica as diferenças observadas no acúmulo de matéria seca entre os anos de 2024 e 2025. Em 2025, a radiação solar foi inferior (15,3 MJ/m²/dia), o que, combinada às temperaturas moderadas permitiu o desenvolvimento mais ordenado das sementes. O enchimento das sementes e ocorre quando o desenvolvimento embrionário da semente está completo, este é controlado geneticamente, mas também sofre influência do meio externo, ou seja, a qualidade e o rendimento das reservas de armazenamento das sementes são significativamente afetados pelas condições ambientais antes e durante a síntese dessas reservas (Önder et al., 2022).

As características de produtividade de sementes, em quantidade e qualidade, são profundamente influenciadas pelo processo de enchimento das sementes, o qual envolve o acúmulo de reservas e nutrientes durante seu desenvolvimento e maturação – etapas altamente sensíveis às condições ambientais (Sehgal et al., 2018; Yang; Zhang, 2006; Barnabás et al., 2008).

A tecnologia para a produção de sementes preconiza, de modo geral, a realização da colheita no momento mais próximo possível da maturidade fisiológica (Garcia et al., 2004).

Quando a semente atinge a máxima matéria seca ela alcança o ponto de maturidade fisiológica, ou seja, a semente se encontra no máximo de sua potencialidade e a deterioração ainda é mínima, esse acúmulo é, ainda, uma referência da independência da semente em relação à planta mãe (Oliveira et al., 2021; Delouche, 1975; Morais, 2002).

Para além dos padrões de acúmulo de massa seca das sementes, as características biométricas das sementes de grão-de-bico fornecem também informações complementares. A variação em suas dimensões foi adequadamente descrita por modelos polinomiais cúbicos, que capturaram com precisão as distintas fases de crescimento, estabilização e desaceleração no desenvolvimento do tamanho das sementes.

Em relação à caracterização biométrica das sementes (Figuras 4, 5, e 6), os valores máximos de comprimento, largura e espessura, em 2024, foram alcançados entre a 8ª e 9ª semana após a antese – para todas as características, com 1,24 mm; 1,02 mm e 1,05 mm, respectivamente. No ano 2025, os valores máximos foram identificados entre 5ª e 6ª semana após a antese – comprimento (1,23 mm), largura (0,91 mm) e espessura (0,90 mm).

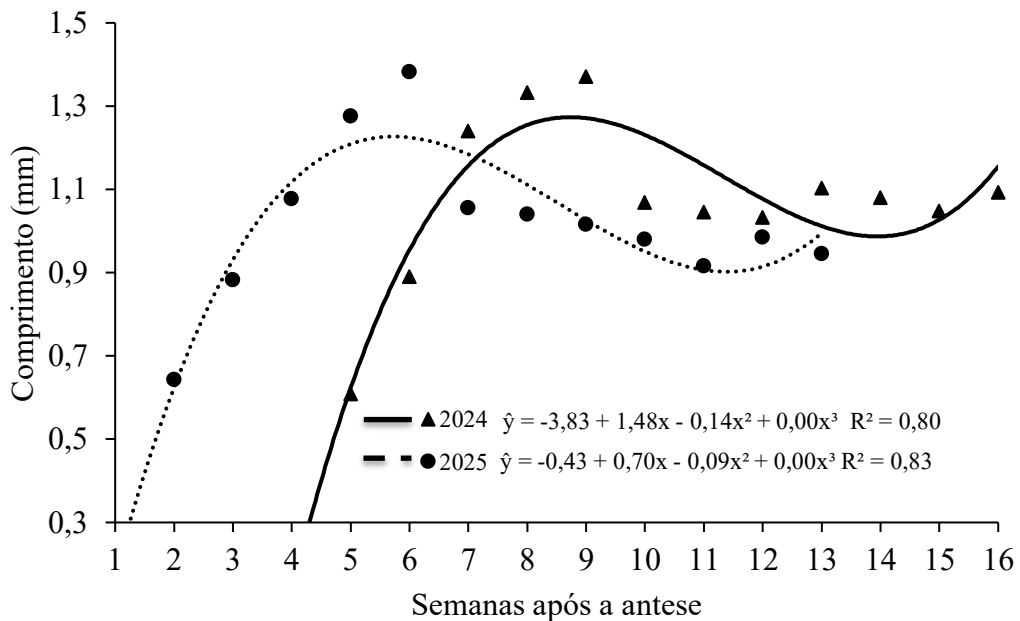


Figura 4. Comprimento das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Cappuccino ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

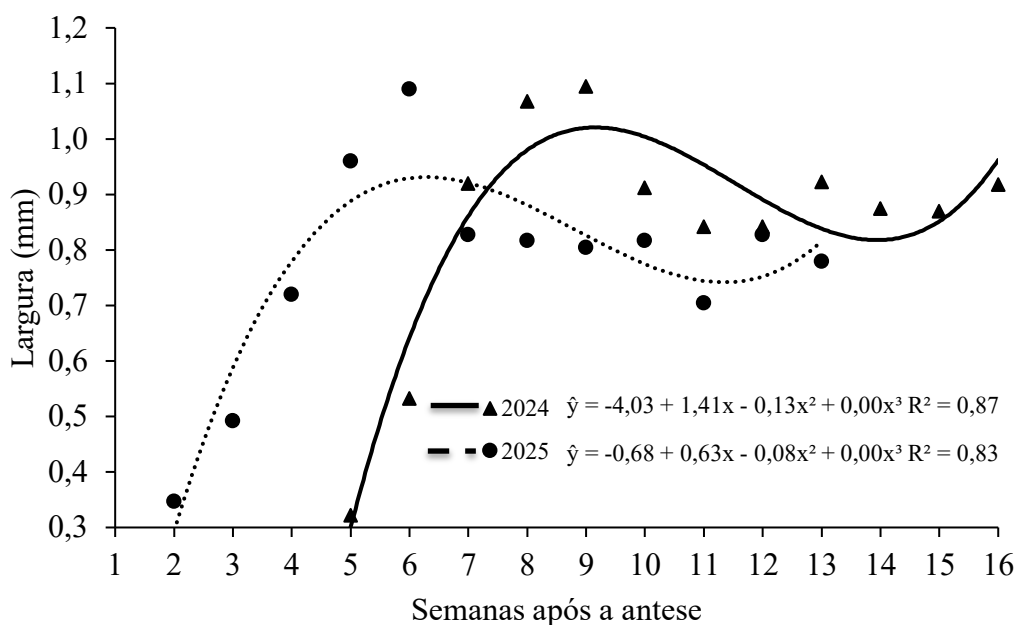


Figura 5. Largura das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Cappuccino ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

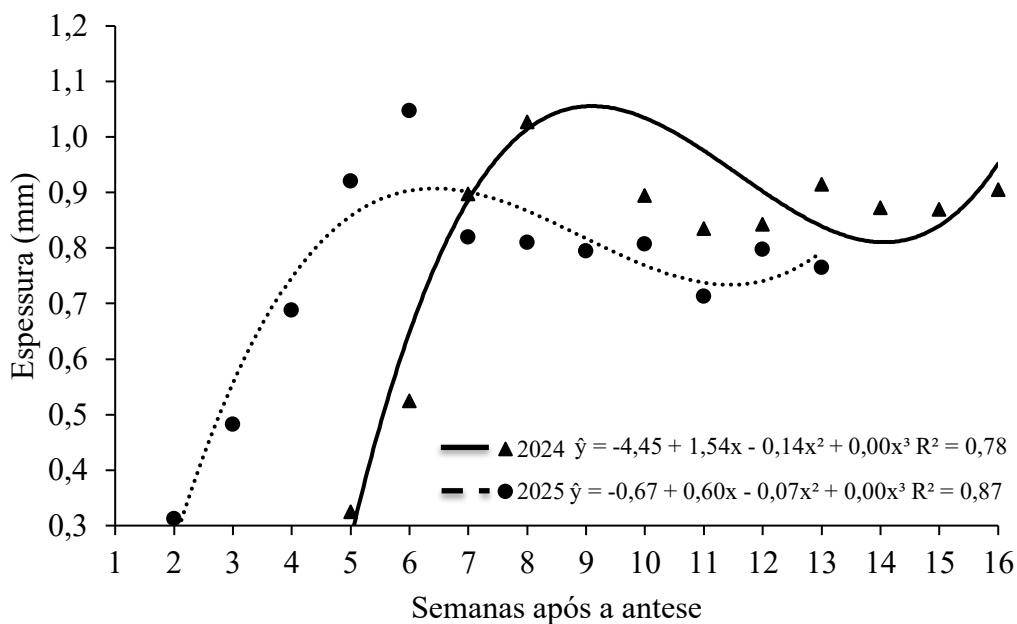


Figura 6. Espessura das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Cappuccino ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

As dimensões das sementes do ano de 2024 apresentaram-se relativamente superiores do que as sementes de grão-de-bico de 2025, assim como nos parâmetros de teor de água e matéria seca, esse cenário pode ser atribuído ao conjunto de fatores ambientais outrora

apontado. Devido a semeadura antecipada no ano de 2025, realizada no mês de maio, o desenvolvimento vegetativo da cultura sofreu menos estresse. Entretanto, no ano de 2024, a semeadura foi tardia, pois as sementes foram plantadas em junho, desta forma, durante o enchimento de grãos, a cultura sofreu com a alta temperatura e radiação solar, favorecendo uma abundante disponibilidade de assimilados e acelerando o metabolismo das sementes de grão-de-bico. O estresse térmico é particularmente prejudicial durante as fases reprodutiva e de enchimento de sementes, o enchimento acelerado em certas condições pode comprometer a integridade das membranas celulares, refletindo em menor vigor das sementes (Dornbos; Mullen, 1991; Devi et al., 2023).

As sementes de grão-de-bico coletadas nas primeiras semanas apresentaram os menores valores de comprimento, largura e espessura em relação às demais épocas de coleta, e, posteriormente é observado um rápido crescimento. Durante o processo de formação, com as sementes ainda em estágio inicial, o acúmulo de matéria seca ainda estava baixo, mas o rápido crescimento em seguida é devido à multiplicação e ao desenvolvimento das células do embrião e do tecido de reserva. Depois de atingir o máximo, é natural que as sementes diminuam de tamanho, devido à perda de água pelas sementes (Peske et al., 2006).

Entretanto, ao final dos ciclos de 2024 e 2025 é possível observar oscilações no tamanho das sementes, essas alterações podem ter sido causadas pelas chuvas e umidade relativa – especialmente em 2024. É essencial que as condições climáticas permitam a rápida desidratação das sementes. A ocorrência de chuvas prolongadas e altas umidades relativas do ar nessa etapa pode retardar o processo de secagem natural das sementes, comprometendo sua qualidade e estando sujeitas à deterioração no campo (Peske et al., 2006).

Em estudo conduzido com a cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), por Oliveira e Moraes (2018), a respeito da maturação e qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi, os pesquisadores também observaram reduções nas dimensões das sementes ao longo das colheitas – neste caso, 30 Dias Após a Antese. Os dados analisados também coincidiram com os outros índices avaliados, inferindo os resultados apresentados. As referências biométricas obtidas da cultura do grão-de-bico no presente estudo, associadas às demais características e parâmetros, podem auxiliar na definição do ponto de maturação fisiológica e, também, na compreensão da influência das condições ambientais sob o processo de enchimento e qualidade das sementes.

Simultaneamente às alterações dimensionais, as vagens e sementes de grão-de-bico exibiram um gradiente característico de coloração ao longo do processo de maturação. Foram observadas variações de cor em materiais colhidos da 1ª à 16ª semana após a antese nos anos

de 2024 e 2025 (Figura 7).

Entre a 5^a e a 7^a semana após a antese (2024) e 2^a e 4^a semana após a antese (2025) a coloração das vagens e das sementes foi um verde escuro intenso, característicos das vagens em estádios iniciais; a partir da 8^a semana após a antese (2024) e 5^a semana após a antese (2025) as vagens começaram a passar de verde escuro intenso para verde amarelado, dando início ao amarelecimento de forma gradual. Ainda era possível observar vagens verdes nas plantas no campo nas 9^a e 10^a semana após a antese (2024) e 6^a e 7^a semana após a antese (2025), mas as vagens transitando de amarelas para bege predominavam. Na 11^a e 12^a semana após a antese (2024) e 8^a e 9^a semana após a antese (2025) as vagens encontravam-se com a coloração bege. Entretanto, em 2024, da 13^a semana após a antese (2024) e 10^a semana após a antese (2025) adiante as vagens começaram o processo de deterioração, apresentando tonalidades que variavam de marrom escuro à preto – devido a presença de fitopatógenos. No ano de 2025, esse processo ocorreu a partir da 11^a semana após a antese.



Figura 7. Coloração das vagens avaliadas de *Cicer arietinum* GB Cappuccino ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Moreno (2017) obteve resultados semelhantes na cultura do feijão, aos 28 Dias Após a Antese (DAA) as vagens apresentaram coloração verde escura e aos 31 DAA elas iniciaram a alteração da cor e apresentaram metade da vagem com coloração verde e a outra metade com coloração roxa. Conforme os estádios avançavam a vagem apresentava uma maior proporção de cor roxa. Aos 40 DAA a vagem já estava seca e com coloração marrom.

Em pesquisa realizada sobre o efeito dos estágios de colheita no rendimento e na

qualidade das sementes de grão-de-bico, realizado por Yadav et al. (2020), conclui-se que o estágio ideal de colheita para obter o máximo rendimento, germinação e vigor do grão-de-bico é quando 91-99% das sementes mudam de cor, passando de amarela para marrom e associado ao baixo teor de umidade.

Conforme Marcos-Filho (2005), a identificação visual da maturidade auxilia na detecção do período em que as sementes atingem ou aproximam-se de sua máxima qualidade fisiológica. Essa afirmação alinha-se aos resultados observados no grão-de-bico, pois entre a 11^a e 13^a semana após a antese (2024) e 8^a 10^a semana após a antese (2025) as vagens e sementes apresentaram coloração bege a marrom, associando-se também ao acúmulo de matéria seca, sinalizando o alcance da maturidade fisiológica.

As características físicas e visuais relacionam-se diretamente com sua qualidade fisiológica, servindo como indicadores para a definição ideal do ponto de maturidade fisiológica.

A germinação das sementes de grão-de-bico exibiu uma resposta quadrática durante o processo de maturação, ascendendo até um ótimo ponto de máxima antes de entrar em declínio. A expressão desse padrão foi significativamente influenciada pelas condições ambientais durante no momento colheita (Figura 8).

Os dados de germinação de sementes de grão-de-bico em 2024 aumentaram progressivamente com o avanço da maturação, atingindo o valor máximo 71,55% entre a 11^a e 12^a semana após a antese, o que caracteriza o ponto de maturidade fisiológica (Figura 8). A diminuição abrupta na taxa de germinação observada imediatamente após esse pico está diretamente associada à precipitação ocorrida durante o período de máxima germinação, o que comprometeu o ponto ótimo de colheita devido às condições climáticas desfavoráveis.

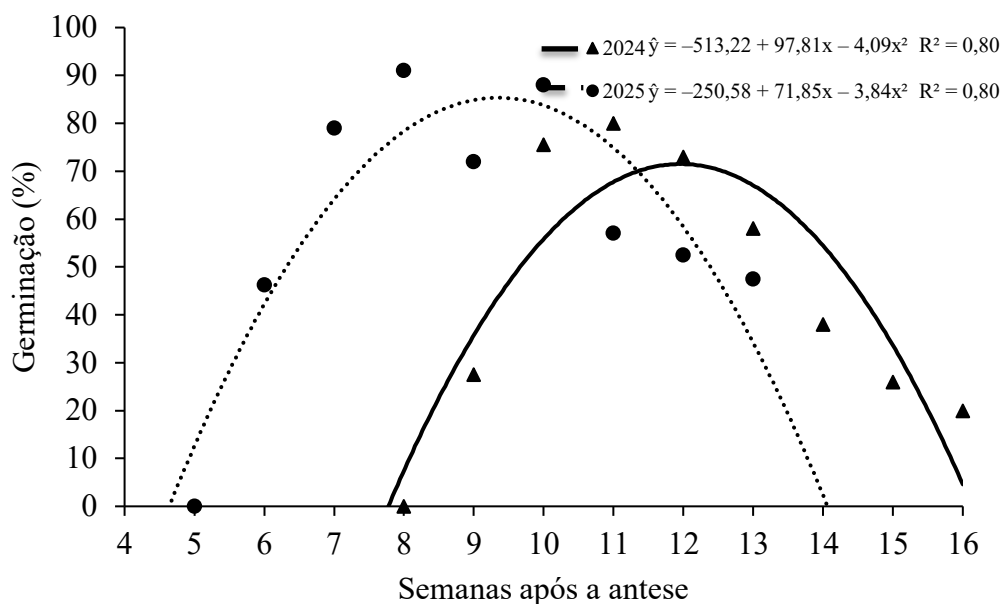


Figura 8. Germinação das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Cappuccino ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

No ano de 2025, o ápice da germinação ocorreu em um intervalo de tempo mais extenso, abrangendo da 8ª e 10ª semana após a antese, com o valor máximo registrado de 85,52% (figura 8). Ao contrário do verificado em 2024, a colheita das sementes neste período ocorreu em condições ambientais predominantemente favoráveis, embora uma queda temporária na germinação tenha sido observada na 9ª semana após a antese, atribuída a um evento pluviométrico próximo à data de coleta. No entanto, as sementes secaram adequadamente no campo antes da coleta da semana subsequente, permitindo que na nona semana a taxa de germinação se recuperasse, aproximando-se novamente dos 90%. De modo geral, a predominância de condições climáticas secas permitiu que a colheita fosse realizada no momento ótimo de maturação, resultando em elevados índices germinativos elevados e sustentados. A redução na taxa de germinação ao longo do tempo está associada à exposição natural das sementes às condições de campo e à ação de fatores ambientais adversos.

As precipitações médias diárias em outubro e novembro foram de 8,1 mm/dia e 10,7 mm/dia, respectivamente, totalizando 251,0 mm e 300,7 mm nesses meses. O elevado volume pluviométrico resultou em umidade excessiva no campo, favorecendo a decomposição das sementes de grão-de-bico, comprometendo sua secagem natural e reduzindo seu poder germinativo. Corroborando esses resultados, Tsukahara et al. (2016), em estudo sobre produtividade de soja em consequência do atraso da colheita e de condições ambientais, constataram que as maiores perdas de produtividade ocorreram em ambientes com alta

frequência de precipitações pluviais, temperaturas elevadas e alta radiação solar global. Os autores observaram que após o estágio R8.2, que apresentou as maiores produtividades de soja, ocorreu um declínio desta variável – como consequência do atraso da colheita. As variáveis agrometeorológicas são atreladas a perda de produtividade de soja. Estresses climáticos e oscilações de umidade são considerados como as principais causas da deterioração da semente no campo, o dano por umidade é oriundo das oscilações de umidade decorrentes de chuva, neblina e orvalho, principalmente quando associadas a temperaturas elevadas e contribuem com perdas significativas no potencial de germinação das sementes (Delouche, 1973; Pereira et al., 1979; Krzyzanowski et al., 2008; França-Neto, 2007; Carvalho, 2013).

Pereira et al., (1979) estudou o efeito da época de semeadura sobre a qualidade de sementes de soja, os pesquisadores constataram que as sementes das cultivares precoces apresentaram a menor percentagem de germinação e a principal causa da baixa qualidade das sementes foi a associação de temperatura elevada com a ocorrência de chuvas, assim como ocorre, também, com as sementes de grão-de-bico.

A Primeira Contagem de Germinação (PCG) apresentou uma resposta quadrática análoga à germinação total, com valores máximos que coincidiram com a maturidade fisiológica das sementes. Essa correlação evidencia a sensibilidade do vigor inicial das sementes às condições ambientais prevalentes durante a fase de maturação.

Valores inferiores aos da germinação total indicaram uma emergência inicial lenta (figura 9). Esse comportamento pode ser atribuído à colheita precoce das sementes nas primeiras semanas, pois em estádios iniciais de desenvolvimento os embriões apresentam-se estrutural e fisiologicamente imaturos, com acúmulo insuficiente de reservas nutritivas, retardando o início da germinação. Em contraste, a germinação total ocorre quando os embriões já concluíram seu desenvolvimento, refletindo a maturidade fisiológica das sementes. Em estudo sobre o grão-de-bico, Trancoso (2023) também constatou redução na emergência de plântulas quando as sementes foram colhidas em estádios iniciais, atrelando a redução ao menos vigor e à reduzida longevidade das sementes imaturas.

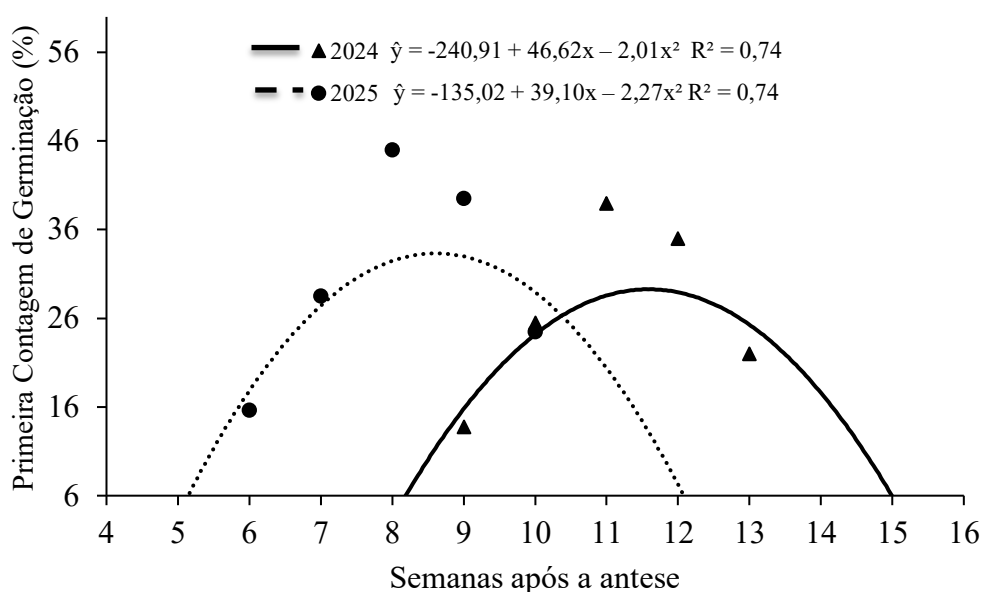


Figura 9. Primeira Contagem de Germinação das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Cappuccino ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

No ano de 2024 a máxima de primeira contagem de germinação foi verificada entre a 11ª e 12ª semana após a antese, com 29,41% de germinação. Em 2025, ocorreu entre a 8ª e 9ª semana após a antese, apresentando 33,35% de germinação.

Assim como as condições climáticas adversas no ano de 2024, a exemplo da amplitude térmica, precipitação e alta umidade relativa, interferiram no teor de água, germinação e demais índices avaliados, a emergência das plântulas também sofreu com os estresses, refletindo na germinação lenta. Em 2025, em função das condições ambientais moderadas, as sementes desenvolveram uniformemente, refletindo em melhores condições de germinação ao quinto dia. A primeira contagem do teste de germinação pode ser utilizada como um teste de vigor, pois a velocidade de germinação é reduzida com o avanço da deterioração da gemente; as amostras com maiores valores de germinação na primeira contagem podem ser consideradas mais vigorosas (Barros et al., 2002).

Botelho et al. (2010), analisaram o desempenho fisiológico de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) colhidas em diferentes períodos do desenvolvimento, assim, demonstraram que há uma tendência de queda em emergência de plântulas no período chuvoso, colaborando com o processo de deterioração das sementes e impactando negativamente no vigor.

Embora as condições climáticas tenham influenciado a qualidade das sementes, ressalta-

se que o estágio de maturação é um fator determinante para a definição do momento ideal de colheita. Este fator é crucial por exercer influência direta na qualidade fisiológica da semente, determinando seu vigor e desempenho germinativo (Finch-Savage; Bassel, 2016).

Os picos da primeira contagem de germinação do grão-de-bico coincidiram temporalmente com os da germinação total, confirmando que a colheita realizada na fase adequada da maturação garante sementes com ótima germinação e vigor acentuado. Em estudo conduzido com sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), Oliveira e Morais (2017) estabeleceram correlação positiva entre os testes de primeira contagem, germinação e envelhecimento acelerado na avaliação de plântulas para a determinação da maturidade fisiológica na cultura.

A avaliação pelo teste de envelhecimento acelerado, que seguiu um modelo quadrático, permitiu verificar a capacidade das sementes em conservar sua viabilidade em ambientes estressantes. Os dados indicam que o pico de vigor fisiológico coincide com a fase de maturidade fisiológica. Além disso, as sementes da safra de 2025 apresentaram maior tolerância sob condições adversas (Figura 10).

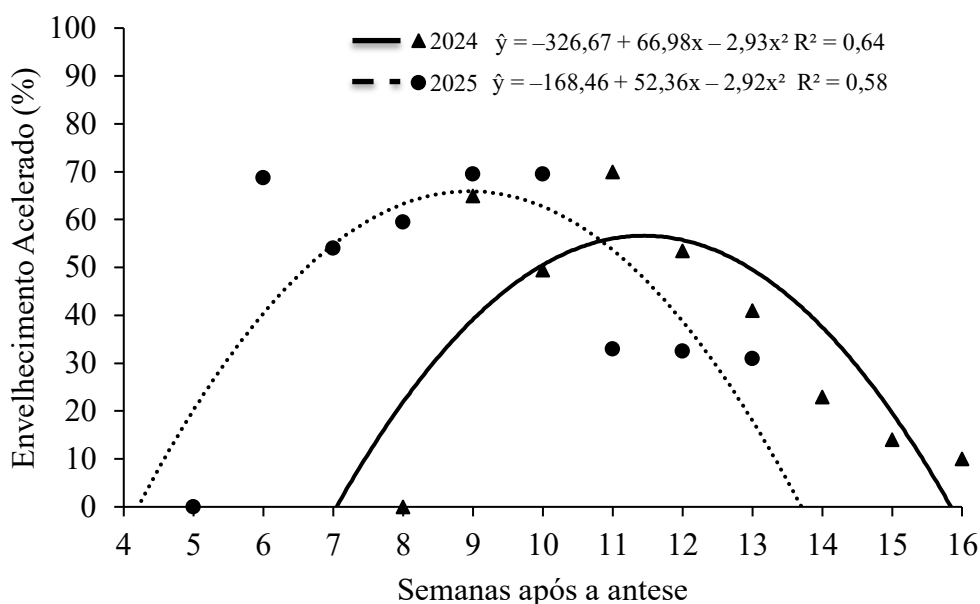


Figura 10. Envelhecimento acelerado das sementes avaliadas de *Cicer arietinum* GB Cappuccino ao longo dos anos de 2024 e 2025 durante o processo de maturação.

Os resultados do teste de envelhecimento demonstraram que o maior vigor fisiológico das sementes de grão-de-bico ocorreu no período correspondente à 11ª semana após a antese

em 2024 (56,13%). Em 2025, o maior vigor fisiológico foi observado na 9ª semana após a antese) (66,27%).

A eficiência deste teste é avaliada pela diferença de sensibilidade apresentada pelas sementes ao envelhecimento. Sementes mais vigorosas retêm sua capacidade de produzir plântulas normais e apresentam germinação mais elevada após serem submetidas a tratamentos de envelhecimento acelerado, como ocorreu no ano de 2025, enquanto as de baixo vigor apresentam maior redução de sua viabilidade, como verificado em 2024 (Marcos-Filho, 1994; Vieira; Carvalho, 1994; Maia et al., 2007). O envelhecimento acelerado é recomendado por Krzyzanowski et al., (2025) para avaliar o vigor em sementes de soja tanto no início quanto no final do período do armazenamento, pois oferece informações sobre quais lotes armazenar e qual é seu potencial de armazenamento, e, ao final do armazenamento com o resultado do teste é possível estimar o potencial de emergência no campo dessas sementes.

Os resultados obtidos vão ao encontro com os dados obtidos no teste de primeira contagem de germinação e germinação total, apontando a janela ótima e ponto de máxima de qualidade fisiológica e maior vigor das sementes de grão-de-bico para os dois anos. A eficiência do teste de envelhecimento acelerado para detectar o pico de vigor associado à maturidade fisiológica encontra respaldo em estudos anteriores, como os de Kulik e Yaklich (1982), Caliarri e Marcos-Filho (1990) e Mendes (2014).

4. CONCLUSÃO

A janela adequada para a colheita de sementes de grão-de-bico ocorre entre a 11ª e a 13ª semana após a antese (2024) e entre a 8ª e a 10ª semana (2025). Esses períodos foram definidos com base na correlação entre as características físicas e fisiológicas das vagens e das sementes e o ponto de maturidade fisiológica.

Nesse intervalo, as sementes apresentaram-se próximas ou já haviam atingido o teor mínimo de água, associado ao máximo acúmulo de matéria seca. Além disso, observou-se redução no tamanho das sementes e consolidação da coloração característica (bege). Os testes de germinação e de vigor realizados indicaram porcentagens elevadas, confirmando a qualidade fisiológica das sementes nesse estágio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADISHESHA, K.; UMESH, B. C.; JEEVITHA, D.; SUJATHA, H. T.; ASHOK; PRASAD SAI SHIVA; GIRIPRASATH, R. S. Temperature Regime Impacts on Reproductive Performance in Various Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes. **Indian Journal of Agricultural Research**, [S. l.], v. 59, n. 5, p. 820-826, 2025. DOI: 10.18805/IJARE.A-6367.
- ARAÚJO, F. S. **Indicadores de maturidade fisiológica em sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz**. 2013. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2013.
- BARNABÁS, B.; JÄGER, K.; FEHÉR, A. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. **Plant, Cell & Environment**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 11–38, 2008.
- BARROS, D. I.; NUNES, H. V.; DIAS, D. C. F. S.; BHERING, M. C. Comparação entre testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 12-16, 2002.
- BRAGA, N.R.; VIEIRA, R.F.; RAMOS, J.A. de O. A cultura do grão-de-bico. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 174, p. 47-52, 1992.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.
- BIGOLIN, G. et al. Influência do vigor de sementes no rendimento e qualidade fisiológica de sementes de soja. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 19, n. 40, p. 14-22, 2022.
- BOTELHO, F. J. E.; GUIMARÃES, R. M.; OLIVEIRA, J. A.; EVANGELISTA, J. R. E.; ELOI, T. A.; BALIZA, D. P. Desempenho fisiológico de sementes de feijão colhidas em diferentes períodos do desenvolvimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 900-907, jul./ago. 2010.
- CALIARI, M. F.; MARCOS-FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ervilha (*Pisum sativum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 12, n. 3, p. 52-75, 1990.
- CARVALHO, C. F. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja de diferentes grupos de maturação**. 2013. 153 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2013.
- CARVALHO, B. L.; BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, F. A. Conteúdo de lignina e tolerância à deterioração em précolheita e efeito na qualidade de sementes de soja. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 14., 2019, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2019. (Documentos / Embrapa Soja, 415). ISSN 2176-2937.
- CARVALHO, N. M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p.
- CUNHA, J. P. A. R.; OLIVEIRA, P.; SANTOS, C. M.; MION, R. L. Qualidade das sementes

de soja após a colheita com dois tipos de colhedora e dois períodos de armazenamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1420-1425, 2009.

DELOUCHE, J. C. **Pesquisa em sementes no Brasil**. Brasília: AGIPLAN, 1975. p. 27-36.

DELOUCHE, J. C. Precepts of seed storage. In: SHORT COURSE FOR SEEDSMEN, 16., 1973, Mississippi. **Proceedings...** Mississippi: Mississippi State University, 1973. p. 97-122.

DEVASIRVATHAM, V.; GAUR, P. M.; MALLIKARJUNA, N.; RAJU, T. N.; TRETTHOEAN, R. M.; TAN, D. K. Y. The reproductive biology of chickpea in response to heat stress in the field is associated with the performance in controlled environments. **Field Crops Research**, [S. l.], v. 142, p. 9–19, 2013.

DEVI, P. et al. Understanding the effect of heat stress during seed filling on nutritional composition and seed yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Scientific Reports**, [S. l.], v. 13, p. 15450, 2023.

DIAS, D. C. F. Maturação de sementes. **Seed News**, Pelotas, v. 5, n. 6, p. 22-24, 2001.

DIRINGS, A. J.; GHELLER, J. A. Parâmetros produtivos de cultivares de grão-de-bico em diferentes épocas de semeadura. **Cultivando o Saber**, [S. l.], Edição Especial, p. 35-46, 2024.

DORNBOS, D. L.; MULLEN, R. E. Influence of stress during soybean seed fill on seed weight, germination, and seedling growth rate. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 71, n. 2, p. 373-383, 1991.

FERREIRA, D. F. 2014. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia** (Brasil) 38(2): 109-112.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; COSTA, N. P. **Tecnologia de produção de sementes**. In: A CULTURA da soja no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 1 CD-ROM.

FRANÇA-NETO, J. B. et al. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Série Sementes. Londrina: EMBRAPA - CNPSo, 2007. (Circular Técnica, 40).

FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1984. 39 p. (Circular Técnica, 9).

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A.; PADUA, G.P.; LORINI, I.; HENNING, F.A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82p. il. color. (Embrapa Soja. Documentos, 380).

FINCH-SAVAGE, W. E.; BASSEL, G. W. Seed vigour and crop establishment: Extending performance beyond adaptation. **Journal of Experimental Botany**, [S. l.], v. 67, n. 3, p. 567-591, 2016.

GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; LEMOS, N. A secagem de sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 603-608, mar./abr. 2004.

KHATUN, A.; BHUIYAN, M. A. H.; NESSA, A.; HOSSAIN, S. M. B. Effect of harvesting time on yield and yield attributes of chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Bangladesh Journal of**

Agricultural Research. 2010; 35(1):143-148.

KRZYŻANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J.B.; NENNING, A.A.; COSTA, N.P. da. **O controle de qualidade agregando valor à semente de soja – Série Sementes**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 11p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 54).

KRZYŻANOWSKI, F. C.; MATERA, T. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, F. **A. Teste de envelhecimento acelerado para avaliar o vigor em sementes de soja**. Londrina: Embrapa Soja, jun. 2025. (Circular Técnica).

KULIK, M. M.; YAKLICH, R. W. Evaluation of vigor tests in soybean seeds: Relationship of accelerated aging, cold, sand bench and speed of germination tests to field speed performance. **Crop Science**, [S. l.], v. 22, n. 4, p. 766-770, 1982.

LIMA, E. M. **Influência do desbaste na estrutura, florística e dinâmica da vegetação lenhosa de um cerrado sentido restrito em Brasília, DF**. 2010. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2010.

MAIA, A. R.; LOPES, J. C.; TEIXEIRA, C. O. Efeito do envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 678-684, maio/jun. 2007.

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. p. 133-150.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005.

MENDES, L. D. **Maturação fisiológica em amaranto (*Amaranthus cruentus* L.)**. 2014. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

MORAIS, O. M. **Época de colheita e método de trilha e suas relações com a produção e a qualidade de sementes de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. 2002. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

MORENO, L. A. **Aquisição da qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walper)**. 2017. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.

NASCIMENTO, W.M; SILVA, P.P. Grão-de-bico: nova aposta do agronegócio brasileiro. **Revista Seed News**, v.23, n.3, p.18-22, 2019.

ÖNDER, Sercan; ERBAŞ, Sabri; ÖNDER, Damla; TONGUÇ, Muhammet; MUTLUCAN, Murat. Seed Filling. In: **Seed Biology [recurso eletrônico]**. [S. l.]: IntechOpen, 2022. p. 127-141. E-book. DOI: 10.5772/intechopen.105394.

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

OLIVEIRA, G. P. de O.; MORAIS, O. M. Maturação e qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, PB, v. 15, n. 1, p. 23-34, jan./mar. 2019. ISSN 1808-6845.

OLIVEIRA, J. A.; ROSA, S. D. V. F.; CARVALHO, E. R. Secagem de sementes. In: OLIVEIRA, J. A. (Org.). **Processamento pós-colheita de sementes: abordagem agrônômica visando aprimorar a qualidade**. Lavras: UFLA, 2021. p. 67-93.

PEREIRA, L. A. G.; COSTA, N. P.; QUEIROZ, E. F.; NEUMAIER, N.; TORRES, E. Efeito da época de semeadura sobre a qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 1, n. 3, p. 77-89, 1979.

PESKE, S. T.; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A. C. S. A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2. ed. rev. e ampl. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 2006.

RIBEIRO, L. K. M.; ZUCHI, J.; COSTA, A. R.; SILVA, P. C. **Indicações técnicas para execução de teste de tetrazólio em sementes de grão de bico**. **Informe Goiano**, Rio Verde, v. 9, n. 1, 2021.

RANI, A.; DEVI, P.; JHA, U. C.; SHARMA, K. D.; SIDDIQUE, K. H. M.; NAYYAR, H. Developing climate-resilient chickpea involving physiological and molecular approaches with a focus on temperature and drought stresses. **Frontiers in Plant Science**, [S. l.], v. 10, art. 1759, fev. 2020.

SANTOS, S. B. et al. Acúmulo de matéria seca e óleo nas sementes de pinhão-mansão e qualidade do óleo extraído. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 2, p. 209-215, 2012.

SANTOS, S. G. F. **Beneficiamento na qualidade física e fisiológica de sementes de grão-de-bico**. 2022. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2022.

SEHGAL, A.; SITA, K.; SIDDIQUE, K. H. M.; KUMAR, R.; BHOGIREDDY, S.; VARSHNEY, R. K.; HANUMANTHARAO, B.; NAIR, R. M.; PRASAD, P. V. V.; NAYYAR, H. Drought or/and heat-stress effects on seed filling in food crops: impacts on functional biochemistry, seed yields, and nutritional quality. **Frontiers in Plant Science**, [S. l.], v. 9, art. 1705, nov. 2018.

SENA, D. V. A.; ALVES, E. U.; ARAÚJO, L. R.; SILVA, R. S.; NETO, A. P. A.; RODRIGUES, C. M. Ponto de maturidade fisiológica de sementes de *Sideroxylon obtusifolium* [(Roem. & Schult.) T. D. Penn.]. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 1106-1124, jul./set. 2022.

SILVA, C. A. T.; SILVA, T. T. A.; CARVALHO, B. O.; OLIVEIRA, J. A.; VILELA, X. M. S. Qualidade fisiológica de sementes de sorgo durante a maturação e secagem. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. 1 CD-ROM.

SILVA, L. M. M. **Morfologia e ecofisiologia de sementes de *Cnidoscylus phyllacanthus* Pax e K. Hoffm.** 2002. 61 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

SILVEIRA, M. A. M.; VILLELA, F. A.; TILLMANN, M. A. A. Maturação fisiológica de sementes de calêndula (*Calendula officinalis* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 31-37, 2002.

SITA, K.; SEHGAL, A.; HANUMANTHARAO, B.; NAIR, R. M.; VARA PRASAD, P. V.; KUMAR, S. et al. Food legumes and rising temperatures: effects, adaptive functional mechanisms specific to reproductive growth stage and strategies for improvement. **Frontiers in Plant Science**, [S. l.], v. 8, art. 1658, 2017. DOI: 10.3389/fpls.2017.01658.

SMITH, B. E.; LU, C. Heat stress during reproductive stages reduces camelina seed productivity and changes seed composition. **Heliyon**, [S. l.], v. 10, e26678, 2024.

TERASAWA, J. M.; PANOBIANCO, M.; POSSAMAI, E.; KOEHLER, H. S. Antecipação da colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 765-773, 2009.

TRANCOSO, A. C. R. **Alterações fisiológicas e bioquímicas e potencial de armazenamento de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.)** colhidas em diferentes estádios de maturação. 2023. 60 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2023.

TRANCOSO, A. C. R. et al. Anatomical, histochemical and physiological changes during maturation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, n. 4, p. e20207534, 2021.

TSUKAHARA, R. Y.; FONSECA, I. C. B.; SILVA, M. A. A.; KOCHINSKI, E. G.; PRESTES NETO, J.; PESQUI, J. T. Produtividade de soja em consequência do atraso da colheita e de condições ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 8, p. 905-915, ago. 2016.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. 164 p.

YADAV, R. D. S.; SINGH, R. K.; DHEER, V.; TRIPATHI, R. M. Effect of harvest stages on seed yield and its quality in chickpea (*Cicer arietinum* L.). **International Journal of Chemical Studies**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 1249-1251, 2020.

YADAV, S. K.; YADAV, S.; KUMAR, P. R.; KANT, K. A critical overview of chickpea seed technological research. **Seed Research**. 2005; 33(1); 1-15.

ZANATTA, T. P.; KULCZYNSKI, S. M.; LIBERA, D. D.; TESTA, V.; FONTANA, D. C.; WERNER, C. J.; BALLEEN, E. M. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja colhidas em diferentes períodos de maturação. **Cultivando o Saber**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 92-109, jan./mar. 2018.