



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**FABIANO CORDEIRO SILVA**

**PRODUÇÃO, QUALIDADE E DIVERGÊNCIA GENÉTICA PARA CARACTERES  
DA QUALIDADE DA VAGEM IMATURA EM FEIJÃO-CAUPI**

**GURUPI - TO**

**2025**

**Fabiano Cordeiro Silva**

**Produção, qualidade e divergência genética para caracteres da qualidade da vagem  
imatura em feijão-caupi**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestrado em Produção Vegetal.

Orientador: Ildon Rodrigues do Nascimento

**GURUPI - TO**

**2025**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

- S586p Silva, F.C..  
Produção, qualidade e divergência genética para caracteres da qualidade da vagem imatura em feijão-caupi. / F.C. Silva. – Gurupi, TO, 2025.  
67 f.
- Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Produção Vegetal, 2025.
- Orientador: Ildon Rodrigues do Nascimento  
Coorientador: Manoel Mota dos Santos
1. *Vigna unguiculata* (L.) Walp.. 2. Produção de vagens imaturas.. 3. Seleção de genótipos.. 4. Divergência genética.. I. Título

**CDD 635**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

**Fabiano Cordeiro Silva**

**Produção, qualidade e divergência genética para caracteres da qualidade da vagem  
imatura em feijão-caupi**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestrado em Produção Vegetal.

Orientador: Ildon Rodrigues do Nascimento

Data de aprovação: 30/05/2025

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Ildon Rodrigues do Nascimento  
(Orientador), UFT

---

Prof. Dr. Manoel Mota dos Santos  
(Co-Orientador), UFT

---

Prof. Dr. Marcos Euzébio Nunes  
(Examinador externo), IFTO

Á Deus. Aos meus pais, Edson Ferreira da Silva (*in memorian*) e Nilza Cordeiro Pires Silva. A minha esposa Francielly Quitéria Guimarães Alves, aos meus filhos Anna Vitória, Arthur Francisco e Emanuel. Aos meus queridos irmãos Franklin, Fredson e Fabrício.



## AGRADECIMENTOS

Expresso minha profunda gratidão a Deus, cuja constante intercessão tem sido impregnada de inestimável amor, fortalecendo-me incansavelmente na fé. A Ele, rendo toda honra e gratidão.

À minha esposa, Francielly Quitéria Guimarães Alves, manifesto meu reconhecimento pelo amor generoso e pela constante presença ao meu lado em todos os momentos. Agradeço também pelo incentivo incansável e pela preocupação dedicada que permearam todo o desdobramento deste trabalho.

Aos meus amados filhos, Anna Vitória, Arthur Francisco e Emanuel, dedico palavras de apreço pelo carinho constante e por serem peças fundamentais na tessitura da minha existência.

Expresso minha sincera gratidão aos meus queridos pais, meu saudoso pai Edson Ferreira da Silva (*in memoriam*) e minha mãe Nilza Cordeiro Pires Silva, cujo apoio inabalável em todos os momentos impulsionou a realização de cada um dos meus sonhos. Mesmo na distância e saudade, suas presenças foram eternamente tangíveis.

Aos meus queridos irmãos, Franklin Cordeiro Silva, Fredson Cordeiro Silva e Fabrício Cordeiro Silva, que tanto amo, mesmo diante da distância física, suas presenças foram constantes. O companheirismo e carinho que compartilhamos permanecerão eternamente gravados na minha memória. Agradeço também à minha cunhada Fábila, cujo papel foi fundamental na minha jornada ao estado do Tocantins, onde hoje concretizo o sonho de concluir o mestrado.

À minha sogra, Ana Maria, expresso minha gratidão pela dedicação dedicada aos meus filhos. Estendo meu agradecimento a toda a minha família, incluindo tios, cunhados, concunhados e sobrinhos, que sempre apoiaram e torceram pelo meu sucesso, mesmo à distância.

Agradeço profundamente ao meu orientador, Prof. Dr. Ildon Rodrigues Nascimento, e ao coorientador, Prof. Manoel Mota dos Santos, pelas orientações inestimáveis ao longo destes anos, compreendendo não apenas o meu lado profissional, mas também o pessoal.

Aos membros da banca examinadora, Dr. Marcos Euzébio Nunes, Luziano Lopes da Silva, expresso minha sincera gratidão pela aceitação do convite para participarem desse momento crucial.

Agradeço imensamente aos alunos do IFTO – campus Dianópolis e da UFT – campus Gurupi pela valiosa colaboração na realização do experimento.

À Embrapa Meio-Norte, expresso minha gratidão por todo o suporte no desenvolvimento da pesquisa. À Universidade Federal do Tocantins (UFT) e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Campus Universitário de Gurupi, manifesto minha profunda gratidão pela oportunidade de realizar este curso. Aos professores, agradeço pelos ensinamentos valiosos, e a todos os funcionários da UFT, meu reconhecimento.

Poderia estender meus agradecimentos a muitos outros, pois reconheço que sozinho, nada disso teria sido possível. A todos não mencionados aqui, que, de alguma forma, contribuíram para esta trajetória significativa, meu sincero agradecimento!

"Na vastidão do campo, onde a terra é a tela e as plantas são pinceladas de vida, o agricultor torna-se um artista humilde, traçando com suas mãos a sinfonia da agronomia, onde cada safra é uma obra-prima cultivada com paciência e sabedoria."

Leonardo da Vinci.

## RESUMO GERAL

O feijão-caupi, também denominado de feijão-de-corda, constitui um dos principais alimentos vegetais do pequeno produtor das regiões norte e nordeste do Brasil. O mercado de vagens e grãos verdes tem crescido a cada dia e representa uma alternativa de produção ao mercado de grãos secos, no entanto, predomina no comércio as cultivares locais com baixa produtividade e qualidade comercial. Dada a pouca informação para produção de vagens imaturas na literatura, objetivou-se neste trabalho avaliar o potencial agrônômico de genótipos de feijão-caupi para produção de vagem verdes no Cerrado. Dois experimentos foram conduzidos. Um na área experimental da Universidade Federal do Tocantins, localizada no *Campus* Gurupi/Tocantins, e outro no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Tocantins, situado no *Campus* Dianópolis/Tocantins. Em cada ano de cultivo foi avaliado o comportamento de vinte genótipos em função da colheita da vagem, utilizando-se o delineamento em blocos casualizados. Após a colheita foram avaliadas as seguintes características: comprimento de vagens, largura de vagem, número de grãos por vagem, número de vagens por planta, peso de 100 grãos, peso de vagem, peso úmido, peso seco, teor de umidade de vagens e produtividade de vagens. Além disso, foi realizado a análise multivariada para definir parâmetros genéticos para seleção. Após constatação da diferença significativa entre os tratamentos, realizou-se o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Os resultados indicaram diferenças significativas no desempenho dos genótipos entre os locais de cultivo, com destaque para os genótipos MNC11-1013E-33 e MNC11-1013E-35, que apresentaram maior comprimento de vagens e número de grãos por vagem, especialmente em Dianópolis. A interação genótipos x ambientes foi significativa para as características de comprimento e peso das vagens e de grãos por vagem demonstrando a importância da adaptação local para a seleção de genótipos quando o objetivo é a produção de vagens imaturas. A produtividade de vagens é a principal característica de distinção dos genótipos, sendo fortemente influenciada pelo número de vagens por planta e pelo peso úmido das vagens. As análises de atributos morfológicos foram essenciais na descoberta de materiais com potencial para a criação de novas cultivares.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp., Produção de vagens imaturas, Seleção de genótipos.

## GENERAL ABSTRACT

Cowpea, also known as string bean, is one of the main plant foods for smallholder farmers in the northern and northeastern regions of Brazil. The market for green pods and beans has been growing steadily and represents an alternative to the dry bean market. However, local cultivars with low productivity and commercial quality predominate in the market. Given the limited information available on immature pod production, this study aimed to evaluate the agronomic potential of cowpea genotypes for green pod production in the Cerrado. Two experiments were conducted: one in the experimental area of the Federal University of Tocantins, located on the Gurupi Campus in Tocantins, and the other at the Federal Institute of Education, Science, and Technology of Tocantins, located on the Dianópolis Campus in Tocantins. In each growing year, the performance of twenty genotypes was evaluated based on pod harvest, using a randomized block design. After harvest, the following traits were evaluated: pod length, pod width, number of grains per pod, number of pods per plant, 100-grain weight, pod weight, wet weight, dry weight, pod moisture content, and pod yield. Multivariate analysis was also performed to define genetic parameters for selection. After determining a significant difference between treatments, the Scott-Knott test was performed at 5% probability. The results indicated significant differences in genotype performance between cultivation locations, with emphasis on the genotypes MNC11-1013E-33 and MNC11-1013E-35, which presented greater pod length and number of grains per pod, especially in Dianópolis. The genotype x environment interaction was significant for the traits of pod length, pod weight, and grains per pod, demonstrating the importance of local adaptation for genotype selection when the objective is the production of immature pods. Pod productivity is the main distinguishing characteristic of genotypes, being strongly influenced by the number of pods per plant and the pod's wet weight. Analyses of morphological attributes were essential in discovering potential materials for creating new cultivars.

**Keywords:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp., Production of immature pods, Selection of genotypes.

## LISTA DE ILUSTRAÇÃO

### **CAPÍTULO I - POTENCIAL DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI PARA PRODUÇÃO DE VAGENS IMATURA EM DOIS AMBIENTES DO CERRADO**

- Figura 1** – Dados climatológicos de temperatura máxima, média e mínima, além da precipitação em Gurupi e Dianópolis-TO durante a condução dos experimentos nas safras de 2023 e 2023/24, respectivamente. .... 41
- Figura 2** - Largura de vagem (LV, em cm), número de vagens por planta (NVP), peso úmido das vagens (PU, em g), peso seco das vagens (PS, em g), teor de umidade das vagens (TUV, em %) e produtividade (PROD, em kg ha<sup>-1</sup>), de genótipos de feijão-caupi cultivados em Gurupi e Dianópolis-TO, em 2023 e 2023/2024, respectivamente. .... 46
- Figura 3** - Comprimento de vagens (CV, em cm), número de grãos por vagem (NGV) e peso de 100 grãos (P100g, em g) de genótipos de feijão-caupi cultivados em Gurupi e Dianópolis-TO, em 2023 e 2023/2024, respectivamente. .... 47

### **CAPÍTULO II - BIOMETRIA E CARACTERIZAÇÃO FENOTÍPICA DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI PARA PRODUÇÃO DE VAGEM VERDE**

- Figura 1.** Dados de temperatura máxima, média e mínima, além da precipitação em Gurupi e Dianópolis durante a condução dos experimentos nas safras de 2023 e 2023/24, respectivamente. .... 57
- Figura 2.** Gráfico de barras para largura de vagem (LV, em cm), número de vagens por planta (NVP), peso úmido de quinze vagens (PU, em g), peso seco de quinze vagens (PS, em g), teor de umidade das vagens (TUV, em %) e produtividade de vagem verde (PROD, em kg ha<sup>-1</sup>), de genótipos de feijão-caupi cultivados em Gurupi e Dianópolis..... 62
- Figura 3.** Comprimento de vagens (CV, em cm), número de grãos por vagem (NGV) e peso de 100 grãos verdes (P100G, em g) de genótipos de feijão-caupi em Gurupi e Dianópolis..... 63
- Figura 4.** Coeficiente de correlação linear de Pearson estimado entre as características de comprimento (CV) e largura de vagem (LV), número de grãos por vagem (NGV), número de vagem por planta (NVP), peso úmido de quinze vagens (PU) e seco (PS) de quinze vagens, peso de 100 grãos verdes (P100G) e produtividade de vagem verde (PROD). Os coeficientes marcados com “x” na figura são valores não significativos pelo teste t de Student, enquanto que os demais são significativos. .... 66
- Figura 5.** Análise de agrupamento do conjunto de genótipos avaliados. O agrupamento foi feito pelo método UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) utilizando a

matriz de distância de Mahalanobis entre os genótipos. Os genótipos foram divididos em quatro grupos, em que o ponto de corte foi 27.65 pelo critério de Mojena (1977). ..... 68

**Figura 6.** Gráfico de colunas para as características que apresentaram diferença significativa entre as médias dos grupos formados.. ..... 69

## LISTA DE TABELAS

### INTRODUÇÃO GERAL

**Tabela 1-** Dados da produção de feijão-caupi total (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> safra) – Safras 2024/2025: comparativo de área, produtividade e produção. .... 30

### CAPÍTULO I - POTENCIAL DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI PARA PRODUÇÃO DE VAGENS IMATURA EM DOIS AMBIENTES DO CERRADO

**Tabela 1-** Atributos químicos e físicos dos solos onde foram realizados os experimentos. Gurupi-TO/Dianópolis-TO, 2023/2024. .... 42

**Tabela 2 -** Relação de genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão-verde com seus respectivos parentais/procedência e subclasses comerciais. .... 43

**Tabela 3 -** Resumo da análise de variância conjunta para comprimento de vagens (CV, em cm), largura de vagem (LV, em cm), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP), peso úmido das vagens (PU, em g), peso seco das vagens (PS, em g), peso de 100 grãos (P100g, em g), peso de vagem (PV, em g), teor de umidade das vagens (TUV, em %) e produtividade (PROD, em kg ha<sup>-1</sup>), de genótipos de feijão-caupi cultivados em Gurupi e Dianópolis-TO, em 2023 e 2023/2024, respectivamente. .... 45

### CAPÍTULO II - BIOMETRIA E CARACTERIZAÇÃO FENOTÍPICA DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI PARA PRODUÇÃO DE VAGEM VERDE

**Tabela 1.** Atributos químicos e físicos dos solos para os locais de condução dos experimentos em Gurupi e Dianópolis. .... 58

**Tabela 2.** Genótipos de feijão-caupi avaliados em Gurupi e Dianópolis. .... 58

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância conjunta para comprimento de vagem (CV, em cm), largura de vagem (LV, em cm), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP), peso úmido de vagem (PU, em g), peso seco de vagem (PS, em g), peso de 100 grãos verdes (P100G, em g), teor de umidade de vagem (TUV, em %) e produtividade de vagem verde (PROD, em kg ha<sup>-1</sup>), de genótipos de feijão-caupi cultivados em Gurupi e Dianópolis. .... 61

**Tabela 4.** Autovalor, percentual da variância explicada acumulada e coeficiente de correlação linear entre as variáveis comprimento (CV) e largura de vagem (LV), número de grãos por vagem (NGV), número de vagem por planta (NVP), peso úmido de quinze vagens (PU) e seco (PS) de quinze vagens, peso de 100 grãos verdes (P100G) e produtividade de vagem verde (PROD) com os componentes principais PC1, PC2, PC3 e PC4. O maior valor absoluto de

correlação para cada componente principal está em negrito, destacando a variável com maior contribuição para cada componente. .... 65

**Tabela 5.** Análise de trilha a variável dependente como a produtividade de vagem verde (PROD, kg ha<sup>-1</sup>) e as variáveis independentes foram comprimento (CV) e largura de vagem (LV), número de grãos por vagem (NGV), número de vagem por planta (NVP), peso úmido (PU) e seco (PS) de quinze vagens e peso de 100 grãos verdes (P100G). Os efeitos em negrito da diagonal são os efeitos diretos e fora da diagonal estão os efeitos indiretos. Ao fim de cada linha é apresentado o coeficiente de correlação linear de Pearson de cada variável com a produtividade de vagem verde..... 67

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>   | <b>26</b> |
| <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>   | <b>27</b> |
| <b>2.1 Produção de feijão-caupi para grãos verdes .....</b>   | <b>27</b> |
| <b>2.2 Mercado de feijão-caupi para feijão-verde .....</b>  | <b>27</b> |
| <b>2.3 Melhoramento de feijão-caupi para feijão-verde .....</b>   | <b>32</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>34</b> |
| <b>CAPÍTULO I - POTENCIAL DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI PARA<br/>PRODUÇÃO DE VAGENS IMATURA EM DOIS AMBIENTES DO CERRADO .....</b> | <b>38</b> |
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>39</b> |
| <b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>   | <b>40</b> |
| <b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>  | <b>44</b> |
| <b>4 CONCLUSÕES.....</b>  | <b>51</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>52</b> |
| <b>CAPÍTULO II - ATRIBUTOS FENOTÍPICOS DE VAGENS IMATURAS DE FEIJÃO-<br/>CAUPI NA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS .....</b>                  | <b>54</b> |
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>56</b> |
| <b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>   | <b>56</b> |
| <b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>  | <b>60</b> |
| <b>4 CONCLUSÕES.....</b>  | <b>66</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>71</b> |
| <b>APÊNDICES .....</b>  | <b>73</b> |

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-caupi [(*Vigna unguiculata* (L) Walp)], conhecido no Nordeste do Brasil por nomes como feijão-de-corda, feijão-verde, fradinho ou feijão macassar, recebe também outras denominações em diferentes regiões, como feijão-de-praia, no Norte do país. Pertencente à família Fabaceae, essa planta tem grande importância na alimentação humana, sendo uma fonte natural de proteínas, calorias, vitaminas e minerais (SOUSA, 2017). Além de sua importância alimentar, o feijão-caupi contribui para a geração de emprego e renda em países como Brasil, Nigéria, Níger, Burkina Faso e Namíbia. Destaca-se no cultivo por seu baixo custo de produção e grande versatilidade em diversas condições ambientais, especialmente nas regiões tropicais (FREIRE FILHO et al., 2017).

A adaptação do feijão-caupi às condições tropicais do Norte e Nordeste do Brasil foi crucial para que o país se consolidasse como o maior produtor de grãos da América e o quarto maior produtor mundial. Nesse contexto, o mercado de feijão-verde, que inclui tanto a colheita de vagens quanto de grãos verdes, desempenha um papel relevante nessas regiões. A produção voltada para o feijão-verde atende não só à demanda interna, mas também gera oportunidades de renda para os agricultores familiares, que aproveitam o momento da colheita, quando os grãos apresentam entre 50% e 70% Umidade. Segundo Rocha (2009), esse mercado é o segundo maior para o feijão-caupi no Brasil, sendo a comercialização uma opção rentável para os produtores locais (FREIRE FILHO et al., 2007).

O estado do Tocantins, onde o experimento foi conduzido, destaca-se pela sua localização estratégica na região Norte do Brasil, possuindo características edafoclimáticas diversificadas que favorecem a agricultura com clima seco e chuvoso bem definido. Essa variabilidade climática, associada a solos predominantemente ácidos e de baixa fertilidade natural, representa tanto um desafio quanto uma oportunidade para o desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições locais.

Para atender às demandas do mercado e melhorar as características da cultura, é fundamental investir na avaliação de novas cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas locais. Considerando a premissa de que a performance agrônômica de genótipos é intrinsecamente influenciada pelas condições ambientais de cultivo, o estudo propõe-se a quantificar e comparar a resposta fenotípica em um conjunto de genótipos de feijão-caupi submetidos a dois distintos ambientes de cultivo para caracteres relativos a produção de vagens imaturas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Produção de feijão-caupi para grãos verdes

A produção de feijão-caupi destinada à obtenção de grãos verdes tem se consolidado como uma alternativa economicamente viável, representando uma importante fonte de renda para agricultores familiares (ROCHA et al., 2012). Esse sistema de cultivo apresenta elevado potencial econômico, sobretudo quando conduzido na entressafra, período que favorece a valorização do produto no mercado devido à escassez sazonal (FREIRE FILHO et al., 2007). Apesar de sua relevância comercial, ainda são escassas as informações acerca dos aspectos técnicos de produção e estratégias de comercialização do feijão verde (FREIRE FILHO et al., 2017).

Popularmente conhecido como feijão verde ou imaturo, o feijão-caupi é consumido em um estágio precoce de desenvolvimento, quando as vagens já completaram o enchimento dos grãos, interromperam o acúmulo de fotossintatos e iniciam o processo de desidratação. Nessa fase, as vagens podem apresentar coloração verde ou roxa, e os grãos apresentam um teor de água entre 60% e 70% (MENDONÇA et al., 2015). Além disso, o feijão verde contém 7,54 g de fibra por 100 g de grãos e possui um índice glicêmico de 46,88 g, características que agregam valor nutricional ao produto (SALGADO et al., 2005).

A demanda por produção e comercialização do feijão verde tem crescido expressivamente em mercados globais, como Índia, China, Indonésia, Estados Unidos e Brasil. No contexto brasileiro, as regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste destacam-se pelo crescimento da comercialização de feijão fresco, que é vendido tanto em vagens quanto debulhado. Devido à sua perecibilidade, o produto é frequentemente acondicionado em embalagens de 500 gramas e mantido sob refrigeração, estratégia que amplia sua durabilidade (ROCHA, 2012). O consumo do feijão verde no Brasil é especialmente difundido na culinária nordestina, com presença marcante em pratos típicos como farofas e baião-de-dois, mas com crescente demanda em outras regiões do país (ANDRADE et al., 2010).

### 2.2 Exigências edafoclimáticas para produção de feijão-verde (*Vigna unguiculata* (L))

O feijão-caupi possui uma excelente adaptação às condições do solo e do clima nas áreas áridas e semiáridas, devido à sua capacidade de suportar altas temperaturas, à baixa necessidade hídrica, ao seu ciclo curto e à capacidade de formar uma simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, que auxiliam na fixação de nitrogênio do ar, tornando essa cultura de vital

importância econômica e social para a região (PINHEIRO et al., 2019). De acordo com Ziervogel et al. (2008) e Tadross et al. (2005), temperaturas elevadas, evaporação do solo e chuvas que chegam de forma tardia e irregulares podem impactar negativamente o desenvolvimento do feijão-caupi em todas as fases do cultivo, até a colheita.

As condições climáticas que mais influenciam o desenvolvimento do feijão-caupi incluem a quantidade pluviométrica e a temperatura, mas o fotoperíodo, a radiação solar e o vento também desempenham um papel importante nesse processo (FREIRE FILHO et al., 2005).

O feijão-caupi desenvolve-se em temperaturas que variam de 20°C a 35°C. A melhor temperatura para a germinação está entre 23°C e 32,5°C (ARAÚJO et al., 1984). Altas temperaturas podem comprometer o crescimento e o desenvolvimento da cultura, levando ao abortamento de flores, menor produção de vagens e afetando a quantidade de sementes por vagem (CRAUFURD et al., 1996). Na fase de florescimento as temperaturas elevadas prejudicam o pegamento floral, enquanto as baixas temperaturas aumentam o ciclo da planta. Além disso, essas condições contribuem para o surgimento de várias doenças nas plantas, especialmente aquelas ligadas a umidade do ar elevada.

Os impactos adversos no crescimento das plantas se intensificam com déficits hídricos prolongados, tanto na fase vegetativa quanto na fase reprodutiva, levando a uma redução gradual da biomassa total, incluindo folhas, flores e frutos (LEITE; VIRGENS FILHO, 2004). A falta de água causa alterações na fisiologia das plantas, como a redução da disponibilidade de CO<sub>2</sub> para a fotossíntese, decorrente da diminuição das taxas de transpiração devido ao fechamento dos estômatos (ASHRAF; HARRIS, 2013). De acordo com Machado et al. (1996), a probabilidade de êxito em um programa de melhoramento genético, que busca criar cultivares mais adaptadas a condições de seca, pode ser ampliada quando se compreendem as respostas fisiológicas das plantas às variações nos fatores ambientais.

Além da água, o nitrogênio também se configura como um elemento que restringe a produção do feijoeiro. Entre os diversos motivos que contribuem para a baixa produtividade do feijoeiro no Brasil, que gira em torno de 300 a 400 kg há<sup>-1</sup> quando tecnologias avançadas não são aplicadas (MONTEIRO et al., 2012), destaca-se o inadequado manejo da fertilização, especialmente quanto ao uso do nitrogênio. Esse é o nutriente que o feijoeiro mais absorve e utiliza, sendo sua aplicação crucial e impactante na produtividade. Entre os fatores produtivos, a disponibilidade de água e fertilizantes são os que frequentemente limitam a produtividade das lavouras (TAGLIAFERRE et al., 2013). Assim, para o sucesso na agricultura, é essencial o adequado manejo da irrigação e da fertilidade do solo. A aplicação das funções de resposta

possibilita descobrir soluções eficazes para melhorar o uso da água e dos fertilizantes, tanto na agricultura quanto na previsão da produtividade das culturas (FRIZZONE, 1998).

Segundo Vale, Bertini e Borem (2017), o fotoperíodo refere-se à reação dos seres vivos às variações de luz e escuridão que ocorrem em um ciclo de 24 horas. A maioria dos cultivares não apresentam sensibilidade ao fotoperiodismo. O tempo de luz, variando entre 8 e 14 horas, influencia a floração da planta. A resposta das plantas ao fotoperíodo está ligada à temperatura; assim, quando a temperatura noturna ultrapassa um certo limite mínimo, a resposta da planta ao comprimento do dia torna-se predominante; por outro lado, quando a temperatura cai abaixo desse limite, a resposta da planta à temperatura se torna mais significativa (TAGLIAFERRE et al., 2013).

A luminosidade influencia o crescimento e desenvolvimento das plantas, além de modificar a quantidade de pigmentos nas folhas (SANTOS et al., 2011). O feijão-caupi tem uma capacidade elevada de captar energia luminosa, sendo uma planta do tipo C3 que se satura em termos fotossintéticos mesmo com intensidades de luz moderadas. Essa saturação no processo de fotossíntese pode reduzir a taxa de fotossíntese e, por consequentemente, impactar negativamente a produtividade da cultura.

O momento mais apropriado para a semeadura, visando garantir um bom crescimento da cultura, é aquele que atende às suas necessidades ao longo do ciclo, minimizando o risco de doenças e promovendo uma colheita satisfatória (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2000). Segundo Porto, Carvalho e Pinto (2007), o desempenho das culturas pode variar conforme a região, a cultivar e a época de semeadura, devido à interação entre o genótipo e o ambiente.

### **2.3 Mercado de feijão-verde (*Vigna unguiculata* (L))**

O mercado de feijão-caupi destaca-se em três seguimentos no Brasil: feijão-verde, grãos secos e sementes. Também há o mercado de feijão-vagem, do tipo *Sesquipedalis*, com chances de expansão, mas centralizado principalmente em estados da Região Norte e, ainda no começo, o mercado de feijão industrialmente tratado (FREIRE FILHO et al., 2017). A produção de feijão-caupi, no começo, era focada no consumo de grãos secos, mas a demanda por vagens e grãos verdes debulhados tem mostrado um aumento, expandindo a importância desse produto (ADEWALE et al., 2010).

Atualmente, o mercado de feijão-verde é atendido tanto por agricultores familiares quanto por produtores empresariais. A baixa adesão as novas tecnologias, colheita e pós-colheita de forma manual, cultivo em condições de sequeiro, com comercialização em pequenos mercados, quitandas e feiras são características do sistema de produção familiar. Em

contrapartida, a agricultura comercial usa tecnologias mais modernas, operando em sistemas de irrigação ou sequeiros, com colheita e pós-colheita de forma semi-mecanizada e com distribuição dos produtos em supermercados (SOUSA, 2017).

A palavra "verde", no feijão-verde, tem mais a ver com o momento em que as vagens são colhidas do que com a cor dos grãos (FREIRE FILHO et al., 2007). Quando são colhidos, os grãos têm uma umidade entre 60% e 70% (ROCHA, 2012), sendo este o começo da desidratação natural e o período da maturação fisiológica. O melhor momento para colher é quando as vagens estão turgentes e mudam a tonalidade de cor, seja roxa ou verde. Neste momento é realizada a colheita, tanto como grãos quanto em forma de vagens, para comercialização ou consumo (FREIRE FILHO et al., 2011).

No estado do Tocantins (Tabela 1), observa-se uma expansão na produção de feijão-caupi. A área plantada cresceu para mais de 50 mil hectares na safra 2024/2025 com produtividade acima de 1100 kg ha<sup>1</sup> (CONAB, 2025). Esse incremento na área reflete uma estratégia do estado em expandir a cultura, provavelmente motivada por boas expectativas de mercado ou condições climáticas favoráveis.

**Tabela 1-** Dados da produção de feijão-caupi total (1ª, 2ª e 3ª safra) – Safras 2024/2025: comparativo de área, produtividade e produção.

| REGIÃO/<br>UF      | ÁREA<br>(mil ha) |                |          | PRODUTIVIDADE<br>(kg/ha) |                |          | PRODUÇÃO<br>(mil t) |                |          |
|--------------------|------------------|----------------|----------|--------------------------|----------------|----------|---------------------|----------------|----------|
|                    | Safra<br>23/24   | Safra<br>24/25 | VAR<br>% | Safra<br>23/24           | Safra<br>24/25 | VAR<br>% | Safra<br>23/24      | Safra<br>24/25 | VAR<br>% |
|                    | (a)              | (b)            | (b/a)    | (c)                      | (d)            | (d/c)    | (e)                 | (f)            | (f/e)    |
| NORTE              | 100,3            | 88,5           | (11,8)   | 982                      | 981            | (0,2)    | 98,5                | 86,8           | (11,9)   |
| RR                 | 2,7              | 2,7            | -        | 1 249                    | 1 212          | (3,0)    | 3,4                 | 3,3            | (2,9)    |
| AC                 | 5,3              | 5,3            | -        | 564                      | 563            | (0,2)    | 3,0                 | 3,0            | -        |
| AM                 | 2,4              | 2,4            | -        | 930                      | 910            | (2,2)    | 2,2                 | 2,2            | -        |
| PA                 | 19,4             | 19,4           | -        | 698                      | 696            | (0,3)    | 13,5                | 13,5           | -        |
| TO                 | 70,5             | 58,7           | (16,7)   | 1 084                    | 1 105          | 1,9      | 76,4                | 64,8           | (15,2)   |
| NORTE/<br>NORDESTE | 1 163,5          | 1 163,6        | -        | 494                      | 469            | (5,0)    | 574,4               | 545,7          | (5,0)    |
| BRASIL             | 1 277,6          | 1 284,5        | 0,5      | 542                      | 526            | (3,0)    | 692,4               | 675,2          | (2,5)    |

Fonte: Adaptado Conab, 2025.

Além disso, a produtividade no Tocantins aumentou de 1.033 kg/ha na safra 2022/2023 para 1.098 kg/ha na safra 2023/2024, representando um incremento significativo de 6,3%. Esse avanço pode ser atribuído à adoção de técnicas agrícolas aprimoradas, ao uso de sementes de melhor qualidade e a condições climáticas mais propícias durante o ciclo da cultura. Consequentemente, a produção total no estado subiu de 51,8 mil toneladas na safra 2022/2023

para 58,8 mil toneladas na safra 2023/2024, um aumento expressivo de 13,5%. Este crescimento é um reflexo direto do aumento tanto da área plantada quanto da produtividade.

Esses dados destacam o Tocantins como um dos principais polos de produção de feijão-caupi na região Norte, contribuindo significativamente para o abastecimento regional e para as exportações dessa leguminosa. Esses dados indicam um cenário positivo para a cultura do feijão-caupi no estado, com expansão na área de cultivo e ganhos em produtividade que resultam em uma maior produção, demonstrando a importância da cultura para a economia agrícola e sugere que os produtores locais estão conseguindo se adaptar às demandas do mercado e às condições de produção, o que pode consolidar ainda mais o Tocantins como um polo importante para a produção de feijão-caupi no Brasil.

No Tocantins, o feijão-caupi é cultivado em larga escala e apresenta maior valorização durante a entressafra. Em 2025, o RURALTINS estabeleceu o valor de R\$ 14,66/kg como preço de referência para o feijão-caupi nos programas de aquisição de alimentos (RURALTINS, 2025), enquanto a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB fixou o preço mínimo do produto em R\$ 2,5485/kg para o Tipo 1 e R\$ 2,3701/kg para o Tipo 2 na safra 2024/2025 (CONAB, 2024). A produção de feijão-caupi no estado é realizada por agricultores familiares e grandes produtores, com destaque para municípios como Formoso do Araguaia, Gurupi e Dianópolis (SEAGRO-TO, 2020). O preço do feijão-caupi é influenciado predominantemente pelas condições climáticas e pela safra, com oscilações mais estáveis no curto prazo, mas com maior impacto anual (RURALTINS, 2021).

Além disso, o feijão-caupi no Tocantins é amplamente exportado para outros estados e até para o exterior, devido à sua resistência às condições de seca e à sua adaptação a diferentes sistemas de cultivo (EMBRAPA, 2019). Dessa forma, o feijão-caupi configura-se como um componente estratégico do agronegócio no Tocantins, com maior impacto econômico devido ao elevado volume de produção e às cadeias de exportação associadas (SECEX, 2022).

Apesar da alta demanda, desafios para a produção de feijão-verde são encontrados, como a indecisão sobre o 'ponto certo para colher' e o escasso conhecimento técnico tanto por parte dos produtores, quanto das pessoas que consomem, especialmente sobre as características adequadas para consumo (ANDRADE et al., 2010; LIMA, 2009). No Brasil a restrição da colheita mecanizada também é uma barreira grande, devido à falta de máquinas próprias.

Além do mais, o feijão-verde possui características desordenadas em sua produção, especialmente por conta da dependência de mudanças nas precipitações e do curto tempo de safra. Em uma produção mais organizada é preciso criar métodos adequados para conservar o feijão-verde, principalmente em sistemas irrigados, não apenas para dar mais valor ao produto,

mas para garantir oferta durante o ano, especialmente no período da entressafra, quando os preços sobem (BRITO, 2008).

#### **2.4 Melhoramento de feijão-verde (*Vigna unguiculata* (L))**

Para o sistema de produção de grãos seco, o melhoramento do feijão-caupi já está muito desenvolvido. Mas o melhoramento para feijão-verde ainda precisa ser realizado, objetivando a seleção de cultivares mais específicas para esse sistema de cultivo e o melhoramento de características desejadas, devido ao aumento de demanda por parte dos consumidores, comerciantes e produtores (ANDRADE et al., 2010). Muitas cultivares utilizadas não possuem características adequadas para o mercado (ROCHA, 2009). Atualmente, o preço é o principal critério de escolha dos consumidores (OLIVEIRA et al., 2001). Isso mostra que o uso do melhoramento pode agregar valor e alcançar novos mercados para o feijão-verde, já que este ainda deixa a desejar quando se trata de qualidade (SOUSA et al., 2015).

Os avanços no melhoramento genético do feijão-caupi têm se concentrado em características importantes para o mercado de vagens e grãos verdes. Entre os principais pontos estudados estão o comprimento das vagens, o tamanho dos grãos, a quantidade de grãos por vagem e a facilidade de debulha, além da produtividade tanto das vagens quanto dos grãos (ROCHA et al., 2012; SILVA et al., 2013). Também se leva em conta a qualidade nutricional e culinária dos grãos, assim como o processamento após a colheita, buscando formas de conservar e valorizar o produto (BENEVIDES et al., 2013; FURTUNATO et al., 2000).

A escolha do cultivar pelo produtor, pensando no mercado de feijão-verde, depende do sistema de cultivo que ele adota. Para quem trabalha na agricultura familiar, as cultivares ideais costumam ter um porte semiprostrado, um ciclo mais longo, crescimento indeterminado e vagens grandes e atrativas. Pequenos produtores geralmente preferem cultivares com períodos prolongados de floração e frutificação, o que permite fazer mais de uma colheita ao longo do ciclo. Já as cultivares ideais para a agricultura empresarial costumam apresentar ciclos mais curtos, porte ereto ou semiereto, crescimento determinado, com vagens médias a grande, maturação uniforme, vagens cheias e de fácil debulha, atrativas e com longa conservação pós-colheita (SOUSA, 2018).

Genótipos com grãos de diversas colorações tem sido utilizado por agricultores no mercado de feijão-verde, sendo a classe comercial branca a mais predominante. Além dela, são cultivados tipos como sempre-verde, canapu, mulato, azulão e corujinha. Com exceção dos grãos brancos, à medida que a vagem ou o grão debulhado perde umidade, ocorre uma alteração

na coloração, que tende a escurecer, aproximando-se da tonalidade do grão seco. Esse processo pode impactar negativamente a valorização comercial do produto. Diante desse desafio, o melhoramento genético tem direcionado esforços para a subclasse comercial verde, caracterizada por grãos com tegumento e cotilédones verdes, já que esses apresentam maior capacidade de manter a coloração original após a colheita (FREIRE FILHO et al., 2002, FREIRE FILHO et al., 2007).

Características físicas como brilho, cor e textura dos grãos afetam diretamente a preferência dos consumidores, sendo muito importantes no melhoramento do feijão-verde (BUTCHER; MORELOCK, 2006). Além disso, a seleção de genótipos de feijão-verde para o mercado deve considerar aqueles mais adaptados e com boa resposta produtiva, tanto para as condições de sequeiro quanto sob irrigação. No Brasil, diversos estudos têm avaliado a resposta produtiva da cultura sob diferentes regimes hídricos (ROCHA et al., 2012; RAMOS et al., 2012; SILVA et al., 2013).

Mesmo que não existam variedades de feijão-caupi feitas especialmente para o mercado de feijão-verde, diversos estudos mostraram linhagens e cultivares que, provavelmente foram selecionadas para o mercado de grãos secos, possuindo dupla finalidade, ou seja, potencial para grãos secos e verdes, como por exemplo as linhagens MNC00-595F-27 e MNC05-834B-15 (TORRES FILHO et al., 2017) e as cultivares BRS Tumucumaque, BRS Milênio, BRS Aracê, BRS Paraguaçu e a BRS Guariba (ANDRADE et al., 2010; SILVA et al., 2013; SOUSA et al., 2015), que se destacaram por produzir mais de 2.000 kg de grãos verdes por hectare.

## REFERÊNCIAS

- ADEWALE, B. D.; OKONJI, C.; OYEKANMI, A. A.; AKINTOBI, D. A. C.; AMERU, C. O. Genotypic variability and stability of some grain yield components of Cowpea. **African Journal of Agricultural Research**, v. 5, n. 9, p. 874-880, 2010.
- ANDRADE, F. N.; ROCHA, M. M.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão fresco. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 253-258, 2010. DOI: 10.1590/S180666902010000200012.
- ARAÚJO, J. P. P. de. **Cultura do caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.: descrição e recomendações técnicas de cultivo**. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 82p., 1984. (Embrapa CNPAF, Circular Técnica, 18).
- ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Photosynthesis under stressful environments: An overview. **Photosynthetica**, v. 51, n. 2, p. 163-190, 2013.
- BENEVIDES, C. M. de J.; SOUZA, R. D. B.; SOUZA, M. V. de; LOPES, M. V. Efeito do processamento sobre os teores de oxalato e tanino em maxixe (*Cucumis anguria* L.), jiló (*Solanum gilo*), feijão verde (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e feijão-andu (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 24, n. 3, p. 328, 2013.
- BRITO, E. S. **Feijão - caupi**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 97p., 2008.
- BUTCHER, J.; MORELOCK, T. Effects of postharvest storage and genotypes on quality and shelf life of fresh southernpeas (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Hortscience**, v. 41, n. 3, p. 516-517, 2006.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Preços mínimos para a safra 2024/2025: feijão-caupi**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 7 abr. 2025.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Levantamento - safra 2023/2024. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, v. 4, n. 11, p.1-160, 2025.
- COSTA, V. C. A.; SILVA, F. N.; RIBEIRO, M. C. C. Efeito de épocas de semeadura na germinação e desenvolvimento em girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 5, n. 1, p. 154-158, 2000.
- CRAUFURD, P. Q.; ELLIS, R. H.; SUMMERFIELD, R. R. J.; MENIN, L. Development in cowpea (*Vigna unguiculata*) I. The influence of temperature on seed germination and seedling emergence. **Experimental Agriculture**, London, v. 32, n. 1, p. 1-12, 1996.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Feijão-Caupi: Inovações e práticas para o agronegócio**, 2019.
- FREIRE FILHO, F. R.; CHAMBLISSE, O. L.; HUNTER, A. G. Crossing potential in the production of persistent green seeds in cowpea using gt and gc genes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 2, n. 2, p. 205-212, 2002.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (eds). **Feijão-caupi: Avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 519p., 2005.

- FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; RIBEIRO, V. Q.; RAMOS, S. R. R.; MACHADO, C. F. Novo gene produzindo cotilédone verde em feijão-caupi. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, p.286-290, 2007. DOI: 10.1590/S1806-66902010000200012.
- FREIRE FILHO, F.R. (Ed.). **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 84, 2011.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RODRIGUES, J. E. L. F.; VIEIRA, P. F. M. J Cultura: aspectos socioeconômicos. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.). **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Viçosa: MG: UFV, p. 9-34, 2017.
- FRIZZONE, J. A. Função de produção. In: 27<sup>o</sup> Congresso Brasileiro De Engenharia Agrícola, Poços de Caldas. **Anais**, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola. p.87, 1988.
- FURTUNATO, A. A.; MAGALHÃES, M. M. dos A.; MARIA, Z. L. Estudo do feijão verde (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 3, p. 299-301, 2000. DOI: 10.1590/S0101-20612000000300004.
- LEITE, M. de L.; DAS VIRGENS FILHO, J. S. Produção de matéria seca em plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) submetidas a déficits hídricos. **Ciências Agrárias e Engenharia**, v. 10, n. 1, p. 43-51, 2004.
- LIMA, E. D. P. A. Feijão-caupi verde, minimamente processado: aspectos de conservação. In: CONAC - CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, Da agricultura de subsistência ao agronegócio: **Anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, p. 73-84, 2009.
- LIMA, N. L.; EMANUELLE, C.; SILVA, C. L. da; DINIZ, M. do C.; OLIVEIRA, M. R. T. de; GADELHA, T. S. Estudo sobre a conservação de quatro variedades de feijão macassar verde (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.): submetidos a temperaturas de refrigeração e congelamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 2, n. 2, p. 57-69, 2000.
- MACHADO, E. C.; LAGÔA, A.; AZZINI, L. E.; TISSELLI FILHO, O. Trocas gasosas e relações hídricas em dois cultivares de arroz de sequeiro submetidos a deficiência hídrica, em diferentes fases do crescimento reprodutivo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 8, n. 2, p. 139-147, 1996.
- MENDONÇA, C. A.; NETO, A. B.; BERTINI, C.; AMORIM, M.; ARAÚJO, L. B. Caracterização fenológica associada a graus-dia em genótipos de feijão-caupi para produção de grãos verdes. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p.485-496, 2015.
- MONTEIRO, F. P. R.; CHAGAS JUNIOR, A. F., REIS, M. R.; SANTOS, G. R.; CHAGAS L. F. B. Efeitos de herbicidas na biomassa e nodulação do feijão-caupi inoculado com rizóbio. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 3, p. 44-51, 2012
- OLIVEIRA, M. R. T.; BORTOLUZZI, C. R.; BARACUHY, J. G. V.; DANTAS JÚNIOR, R. O agronegócio do feijão macassar verde: alternativas para o pequeno produtor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO RURAL, 4., 2001, Goiânia. **Anais**. Goiânia: ABAR, 2001. DAF1001.
- PINHEIRO, R. A.; SANTOS, D. R.; CABRAL, M. J. S.; SILVA, R. A.; BARROS, R. P. Atributos biológicos do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp., fabaceae) cultivado em vasos com diferentes fontes de adubação orgânica. **Revista Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 15-25, 2019.

- PORTO, W. S.; CARVALHO, C. G. P.; PINTO, R. J. B. Adaptabilidade e estabilidade como critérios para seleção de genótipos de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 4, p. 491-499, 2007.
- RAMOS, H. M. M.; BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; MAROUELLI, W. A. Estratégias ótimas de irrigação do feijão-caupi para produção de grãos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 576-583, 2012. DOI: 10.1590/S0100204X2012000400014.
- ROCHA, M. de M.; ANDRADE, F.N.; GOMES, R.L.F.; FREIRE FILHO, F.R.; RAMOS, S.R.R.; RIBEIRO, V.Q. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão-caupi quanto à produção de grãos frescos, em Teresina-PI. **Revista Científica Rural**, v. 14, n. 1, p. 40-55, 2012.
- ROCHA, M. M. **O feijão-caupi para consumo na forma de grãos frescos**. Agrosoft Brasil. 2009. Disponível em: <http://www.agrosoft.org.br/agropag/212374.htm>. Acesso em: 12 fev. 2025.
- RURALTINS – Instituto de Desenvolvimento Rural do Tocantins. **Tabela de preços de referência para aquisição de alimentos – 2025**. Palmas, TO, 2025. Disponível em: <https://ruraltins.to.gov.br>. Acesso em: 7 abr. 2025.
- SALGADO, S. M.; MELO FILHO, A., B.; ANDRADE, S. A. C.; MACIEL, G. R.; LIVERA, A. V. S.; GERRA, N. B. Modificação da concentração de amido resistente em feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Por tratamento hidrotérmico e congelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 259-264, 2005.
- SANTOS, E. R.; BORGES, P. R. S.; SIEBENEICHLER, S. C.; DE CERQUEIRA, A. P.; PEREIRA, P. R. Crescimento e teores de pigmentos foliares me feijão-caupi cultivado sob dois ambientes de luminosidade. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 14-19, 2011.
- SECEX - Secretaria de Comércio Exterior. **Relatório de Exportação do Feijão-Caupi no Tocantins**, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/comercio-exterior/publicacoes-secex>. Acesso em: 7 abr. 2025.
- SILVA, E. F.; BARROS JÚNIOR, A. P.; SILVEIRA, L. M.; SANTANA, F. M. S.; SANTOS, M., G. Avaliação de cultivares de feijão-caupi irrigado para produção de grãos verdes em Serra Talhada-PE. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 1, p. 21-26, 2013.
- SOUSA, J. L. M.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NEVES, A. C.; SOUSA, R. R. Potencial de genótipos de feijão-caupi para o mercado de vagens e grãos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 5, p. 392-398, 2015.
- SOUSA, T. J. F. **Informações fornecidas por comerciantes de feijão-verde da Central de Abastecimento do Piauí**, Teresina-PI. Entrevista realizada em 20 de setembro de 2017.
- SOUSA, T. J. F. **Seleção de genótipos de feijão-caupi para adaptabilidade e estabilidade produtiva de grãos verdes**. 2018. 92 f.: il. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, Teresina, 2018.
- TADROSS, M.A.; HEWITSON, B. C.; USMAN, M. T. The interannual variability of the onset of the maize growing season over South Africa and Zimbabwe. **Journal of Climate**, v. 18, n. 16, p. 356-3372, 2005.

TAGLIAFERRE, C.; SANTOS, T. J.; SANTOS, L. D. C.; SANTOS NETO, I. J. D.; ROCHA, F. A.; PAULA, A. D. Características agronômicas do feijão caupi inoculado em função de lâminas de irrigação e de níveis de nitrogênio. **Revista Ceres**, v. 60, n. 2, p. 242-248, 2013.

TORRES FILHO, J.; OLIVEIRA, C. N. G. S.; SILVEIRA, L. M.; NUNES, G. H. S.; SILVA, A. J. R.; SILVA, M. F. N. Genotype by environment interaction in green cowpea. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 687-697, 2017

VALE, J.C. do; BERTINI, C.; BOREM, A. **Feijão-caupi: do plantio a colheita**. 1. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, p. 267, 2017.

ZIERVOGEL, G.; CARTWRIGHT, A.; TAS, A.; ADEJUWON, J.; ZERMOGLIO, F.; SHALE, M.; SNITH, B. Climate change and adaptation in African agriculture. **Stockholm Environment Institute**, p. 54, 2008.

## CAPÍTULO I

### POTENCIAL DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI PARA PRODUÇÃO DE VAGENS IMATURA EM DOIS AMBIENTES DO CERRADO

#### RESUMO

A produção de feijão-caupi vem crescendo exponencialmente no mercado brasileiro, no entanto, a promoção do emprego de tecnologias apropriadas e a escolha de cultivares adaptáveis às circunstâncias locais são essenciais para aprimorar a produtividade e a sustentabilidade da cultura. Este trabalho objetivou avaliar o comportamento de diferentes genótipos de feijão-caupi em dois ambientes do Cerrado, buscando identificar aqueles com maior potencial de produção de vagem verde. No estado do Tocantins, dois experimentos foram realizados no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Foram avaliados vinte genótipos de feijão-caupi quanto a colheita da vagem verde, para comprimento de vagens, largura de vagem, número de grãos por vagem, número de vagens por planta, peso de 100 grãos, peso de vagem, peso úmido e peso seco, teor de umidade e produtividade de vagens. A interação entre genótipos e ambientes foi significativo para as características comprimento de vagem, número de grãos por vagem e peso de 100 grãos, evidenciando que o local influencia no desenvolvimento dos genótipos. O genótipo MNC11-1020E-16 apresentou a maior média para número de vagens por planta, além de bom peso úmido das vagens e bom comprimento de vagem. Os genótipos apresentaram melhor desempenho de uma forma geral para características de vagem no município de Dianópolis devido as condições de clima mais favoráveis neste local.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp, Produtividade de vagens verdes, Seleção de genótipos.

## POTENTIAL OF COWPEA GENOTYPES FOR IMMATURE POD PRODUCTION IN TWO CERRADO ENVIRONMENTS

### ABSTRACT

Cowpea production has been growing exponentially in the Brazilian market. However, promoting the use of appropriate technologies and selecting cultivars adaptable to local conditions are essential to improving crop productivity and sustainability. This study aimed to evaluate the performance of different cowpea genotypes in two Cerrado environments, seeking to identify those with the greatest potential for green pod production. In the state of Tocantins, two experiments were conducted in a randomized complete block design with four replicates. Twenty cowpea genotypes were evaluated for green pod harvest, pod length, pod width, number of grains per pod, number of pods per plant, 100-grain weight, pod weight, wet weight, dry weight, moisture content, and pod yield. The interaction between genotypes and environments was significant for the traits pod length, number of grains per pod, and 100-grain weight, demonstrating that location influences genotype development. The MNC11-1020E-16 genotype had the highest average number of pods per plant, as well as good pod wet weight and pod length. The genotypes performed better overall for pod characteristics in Dianópolis due to the more favorable climate conditions there.

**Keywords:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp, Green pod productivity, Genotype selection.

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] possui grande importância socioeconômica em várias regiões, particularmente nas áreas tropicais e subtropicais, como o Norte e Nordeste brasileiro e nações da África e Ásia (SILVA; BRANDÃO; MOREIRA-ARAÚJO, 2025). A produção de feijão tem um impacto considerável na economia do país, com estimativa de 624,2 toneladas para a safra do ano de 2024/25, contribuindo para a criação de postos de trabalho diretos e indiretos em toda a cadeia produtiva (CONAB, 2023; CONAB, 2025).

Apesar de sua importância econômica e social, a região Norte do Brasil, que é a segunda maior produtora e consumidora de feijão-caupi, enfrenta desafios expressivos em termos de produtividade dos grãos. Entre os fatores limitantes estão o uso de tecnologias inadequadas, como o uso de cultivares pouco adaptadas às condições locais, práticas de manejo insuficientes, e a incidência de pragas e doenças, que comprometem significativamente o rendimento das lavouras (ROCHA, 2009).

Aumentar a produtividade representa um desafio complexo, pois a interação entre genótipo e ambiente impacta o avanço na seleção, dificultando a recomendação de cultivares amplamente adaptadas. Portanto, o incentivo ao uso de tecnologias adequadas como à seleção de cultivares adaptadas às condições locais é fundamental para melhorar a produtividade e a sustentabilidade do feijão-verde, especialmente em regiões com condições desafiadoras, sendo as altas temperaturas, o déficit hídrico, a baixa fertilidade do solo e a incidência de pragas e doenças como os principais fatores.

A definição do período para semeadura é crucial em sistemas agrícolas, pois a seleção de datas adequadas é fundamental não apenas para a correta germinação e emergência das sementes, mas também para assegurar que o seu crescimento e desenvolvimento sejam ideais, de forma que as fases fenológicas da cultura se alinhem com fatores ambientais apropriados, e a colheita ocorra sob condições ambientais favoráveis (SHEGRO et al., 2010). Nesse contexto, torna-se essencial selecionar cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas locais e a época de semeadura, com o objetivo de otimizar o potencial produtivo da cultura e contribuir para o aprimoramento da espécie, impulsionando a produtividade do feijão-caupi.

O trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de diferentes genótipos de feijão-caupi em dois ambientes diferentes do Cerrado, com o intuito de identificar aqueles com maior potencial para a produção de vagens verdes.



Foi realizada a coleta de amostras de solo, e as características dos solos dos locais onde os experimentos foram avaliados estão na Tabela 1.

**Tabela 1-** Atributos químicos e físicos dos solos onde foram realizados os experimentos. Gurupi-TO/Dianópolis-TO, 2023/2024.

| Locais            | pH                    | P<br>meh               | K     | Ca    | Mg               | Al    | H <sup>+</sup><br>Al | M.O                | C.O | V                       | Areia | Silte | Argila |
|-------------------|-----------------------|------------------------|-------|-------|------------------|-------|----------------------|--------------------|-----|-------------------------|-------|-------|--------|
|                   | Ca<br>Cl <sub>2</sub> | mg<br>dm <sup>-3</sup> | ..... | cmolc | dm <sup>-3</sup> | ..... | ..Dag                | kg <sup>1</sup> .. | %   | .....g.kg <sup>-1</sup> | ..... | ..... | .....  |
| <b>Gurupi</b>     | 5,1                   | 1,4                    | 0,11  | 1,4   | 0,7              | 0     | 2,2                  | 1,4                | 0,8 | 50                      | 675   | 25    | 300    |
| <b>Dianópolis</b> | 6,1                   | 171,2                  | 0,25  | 4,0   | 1,4              | 0     | 1,20                 | 1,4                | 0,8 | 82                      | 850   | 25    | 125    |

Fonte: Dados da Pesquisa

O preparo do solo, em ambas as áreas, foi realizado de forma convencional, e a adubação de semeadura seguiu as recomendações baseadas nos resultados da análise do solo. Em Gurupi, a adubação de semeadura incluiu a aplicação de 600 kg ha<sup>-1</sup> de calcário, 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (N) na forma de ureia, 112,5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples e 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio. Além disso, foram utilizados 0,1 kg de molibdênio, 1 kg de boro e 3 kg de zinco. Foi realizada uma adubação de cobertura com 40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de ureia aos 20 dias após a semeadura (DAS).

Em Dianópolis observou-se que o solo apresentou boas condições para o cultivo do feijão-caupi, especialmente em relação à sua fertilidade natural. O pH em CaCl<sub>2</sub>, de 6,1, dispensava a necessidade de correção da acidez, e os teores elevados de fósforo (171,2 mg/dm<sup>3</sup>) tornavam desnecessária a adubação fosfatada. O nível moderado de potássio (97,75 mg/dm<sup>3</sup>) foi suficiente para o desenvolvimento da cultura, enquanto os teores de cálcio (4,0 cmolc/dm<sup>3</sup>) e magnésio (1,4 cmolc/dm<sup>3</sup>) garantiram um bom fornecimento desses nutrientes. Portanto, apesar das diferenças nos insumos utilizados em ambas as localidades, ao realizar as correções da fertilidade e adubação de manutenção, permitiu-se o adequado desenvolvimento do feijão-caupi.

Durante o desenvolvimento da cultura, foi adotado um manejo de irrigação suplementar para suprir a demanda hídrica na ausência de chuvas. No município de Gurupi, utilizou-se o sistema de aspersão convencional, enquanto em Dianópolis, optou-se pelo sistema de gotejamento. O turno de irrigação foi realizado em duas aplicações diárias, garantindo o fornecimento eficiente de água à cultura e evitando déficit hídrico em períodos críticos de crescimento.

O experimento foi conduzido em um delineamento de blocos ao acaso, nos dois locais, com quatro repetições. Cada parcela experimental consistiu de quatro linhas de 4 metros de comprimento, com espaçamento de 0,40 m entre as linhas. A área útil foi delimitada pelas duas linhas centrais, desconsiderando-se 0,50 m de cada extremidade para minimizar os efeitos da bordadura. Os sulcos foram cobertos com o auxílio de enxada, com uma camada entre 2 e 3 cm de solo, sendo posteriormente feito o desbaste de plantas 20 dias após a semeadura, no estágio de desenvolvimento V4 (terceira folha trifoliada, com folíolos expandidos) para 8 plantas por metro. Isso resultou em uma população de 200 mil plantas por hectare. Foi realizado o controle de plantas daninhas conforme recomendação da cultura. O manejo fitossanitário foi realizado utilizando produtos recomendados para a cultura e aplicados com uma bomba costal, com vazão de 50 L/min. As aplicações foram realizadas de forma preventiva conforme orientações técnicas.

Os tratamentos foram constituídos por 17 genótipos e 3 cultivares de feijão-caupi, totalizando 20 tratamentos, dispostos na Tabela 2. Os genótipos analisados foram cedidos do Banco Ativo de Germoplasma e do Programa de Melhoramento de Feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte.

**Tabela 2** - Relação de genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão-verde com seus respectivos parentais/procedência e subclasses comerciais.

| Código do Genótipo | Subclasse comercial (1) | P100G (g) | Hábito de crescimento |
|--------------------|-------------------------|-----------|-----------------------|
| MNC11-1013E-33     | ML                      | 25,8      | Semi-prostrado        |
| MNC11-1013E-16     | SV                      | 23,5      | Ereto                 |
| MNC11-1013E-15     | ML                      | 21,2      | Semi-prostrado        |
| MNC11-1013E-35     | SV                      | 23,2      | Ereto                 |
| MNC11-1018E-17     | SV                      | 21,5      | Ereto                 |
| MNC11-1019E-8      | ML                      | 21,9      | Semi-prostrado        |
| MNC11-1019E-12     | ML                      | 21,8      | Semi-prostrado        |
| MNC11-1019E-46     | ML                      | 25,4      | Semi-prostrado        |
| MNC11-1020E-16     | ML                      | 18,4      | Semi-prostrado        |
| MNC11-1022E-58     | ML                      | 20,9      | Semi-prostrado        |
| MNC11-1024E-1      | ML                      | 26,2      | Semi-prostrado        |
| MNC11-1026E-15     | ML                      | 17,6      | Semi-prostrado        |
| MNC11-1026E-19     | ML                      | 25,6      | Semi-prostrado        |
| MNC11-1031E-5      | SV                      | 23,7      | Ereto                 |
| MNC11-1031E-11     | ML                      | 21,5      | Semi-prostrado        |
| MNC11-1034E-2      | ML                      | 23,8      | Semi-prostrado        |
| MNC11-1052E-3      | CN                      | 24,8      | Ereto                 |
| BRS Pajeú          | ML                      | 21,0      | Semi-prostrado        |
| BRS Marataoã       | ML                      | 15,5      | Semi-prostrado        |
| BRS Rouxinol       | SV                      | 17,0      | Ereto                 |

(1) ML-Mulato; SV- Sempre verde; CN-Canapu. Fonte: Dados da Pesquisa

A colheita foi realizada de forma manual, quando as plantas de cada tratamento estavam no início do estágio R9, ou seja, em maturação fisiológica. Após a colheita, as vagens foram agrupadas e acondicionadas em sacos de papel, de modo a protegê-las de danos físicos durante o transporte e armazenamento, até serem submetidas às análises.

Foram avaliadas as características: Comprimento (CV, em cm) e largura (LV, em cm) média de 15 vagens mensuradas em cada parcela utilizando régua e paquímetro, respectivamente. Número médio de grãos por vagem (NGV) que é a razão entre o total de grãos e o número de vagens. O número de vagens por planta (NVP) que foi avaliado pela contagem total de vagens produzidas por 15 plantas em cada parcela. O teor de umidade das vagens (TUV, em %), que foi determinado de acordo com o método do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), por meio da secagem das vagens em estufa a 105°C até atingir peso constante. O peso úmido das vagens (PU, em g) que foi obtido pela pesagem das 15 vagens antes da secagem. O peso seco das vagens (PS, em g) que foi mensurado por meio da pesagem após o processo de secagem. Para determinação do peso de 100 grãos (P100g, em g) foi pesada quatro amostras de 100 grãos para cada genótipo analisado. O peso médio de vagens (PV, em g) foi mensurado através da pesagem de quatro amostras de 15 vagens, escolhidas aleatoriamente dentro da parcela. A produtividade (PROD, em kg ha<sup>-1</sup>), foi obtido pela pesagem de quatro amostras da área útil em cada genótipo.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância individual seguido de análise conjunta considerando o seguinte modelo:

$$y_{ijk} = \mu + \omega_{k(i)} + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}, \quad (1)$$

em que  $y_{ijk}$  é a variável resposta,  $\mu$  é o efeito da média geral,  $\omega_{k(i)}$  é o efeito do k-ésimo bloco dentro do i-ésimo ambiente,  $\alpha_i$  é o efeito do i-ésimo ambiente,  $\beta_j$  é o efeito do j-ésimo cultivar,  $\alpha\beta_{ij}$  é o efeito da interação genótipo x ambiente e  $\varepsilon_{ijk}$  é o efeito do erro aleatório. Quando necessário, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o *software* R (R CORE TEAM, 2025).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação Genótipos x Ambientes (G x A) foi significativa para as características de comprimento de vagem, número de grãos por vagem e peso de 100 grãos (Tabela 3). A interação G x A foi não significativa para largura de vagem, número de vagens por planta, peso úmido das vagens, peso seco das vagens, teor de umidade das vagens e produtividade (Tabela 3).

Considerando as características que a interação G x A foi não significativa, verificou-se que o efeito principal dos genótipos foram significativos pelo teste F da análise de variância para número de vagens por planta, peso úmido das vagens e produtividade (Tabela 3).

**Tabela 3** - Resumo da análise de variância conjunta para comprimento de vagens (CV, em cm), largura de vagem (LV, em cm), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP), peso úmido das vagens (PU, em g), peso seco das vagens (PS, em g), peso de 100 grãos (P100g, em g), peso de vagem (PV, em g), teor de umidade das vagens (TUV, em %) e produtividade (PROD, em kg ha<sup>-1</sup>), de genótipos de feijão-caupi cultivados em Gurupi e Dianópolis-TO, em 2023 e 2023/2024, respectivamente.

| Fonte de variação | Quadrado médio     |                     |         |                     |                      |                     |         |                     |                         |
|-------------------|--------------------|---------------------|---------|---------------------|----------------------|---------------------|---------|---------------------|-------------------------|
|                   | CV                 | LV                  | NGV     | NVP                 | PU                   | PS                  | P100g   | TUV                 | PROD                    |
| Genótipos (G)     | 1,96 <sup>ns</sup> | 0,003 <sup>ns</sup> | 6,57*   | 63,85*              | 473,51*              | 91,86 <sup>ns</sup> | 110,60* | 84,35 <sup>ns</sup> | 2897748,10*             |
| Ambientes(A)      | 132,2*             | 0,02*               | 194,52* | 24,02 <sup>ns</sup> | 14541,0*             | 887,27*             | 4423,5* | 2980,28**           | 1347,74 <sup>ns</sup>   |
| G x A             | 2,66*              | 0,003 <sup>ns</sup> | 4,88*   | 3,59 <sup>ns</sup>  | 219,67 <sup>ns</sup> | 76,62 <sup>ns</sup> | 65,5*   | 45,88 <sup>ns</sup> | 128415,29 <sup>ns</sup> |
| Média Geral       | 21,68              | 1,002               | 15,20   | 10,62               | 139,06               | 50,16               | 35,11   | 36,85               | 2980,85                 |
| C.V. (%)          | 5,28               | 5,66                | 7,77    | 38,33               | 10,92                | 19,20               | 11,00   | 21,78               | 33,75                   |

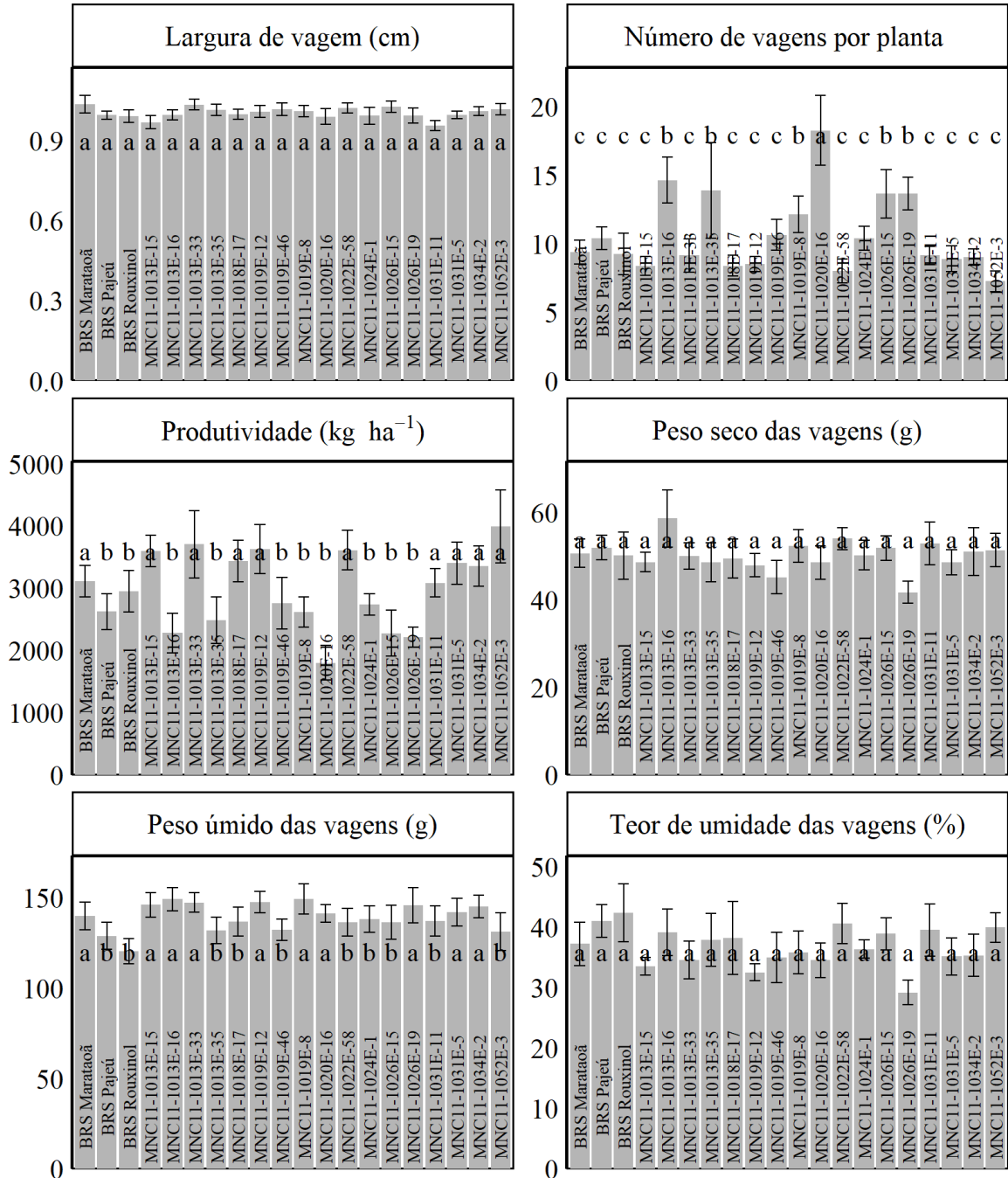
\*'significativo a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F. ns não significativo pelo teste F.

O comprimento de vagem apresentou o menor coeficiente de variação (5,28%, Tabela 3), indicando baixa variabilidade e maior uniformidade genética, conforme destacado por Ferreira et al. (2020). Em contraste, o número de vagens por planta apresentou o maior coeficiente de variação (38,33%), sugerindo maior influência ambiental ou variabilidade genética nesta característica.

A interação G x A destaca a influência do ambiente sobre o desempenho das características comprimento de vagens, número de grãos por vagem e peso de 100 grãos. Este resultado enfatiza a importância de selecionar genótipos adaptáveis a diferentes condições de cultivo, aliados a práticas agrônomicas adequadas, para promover uma produção sustentável e eficiente (TORRES FILHO et al., 2017).

Na Figura 2, é apresentado o resultado do teste de Scott-Knott para a média acompanhada do erro do padrão da média para as características em que a interação G x A foi não significativa (Largura de vagem, número de vagens por planta, peso úmido das vagens, peso seco das vagens, teor de umidade das vagens e produtividade).

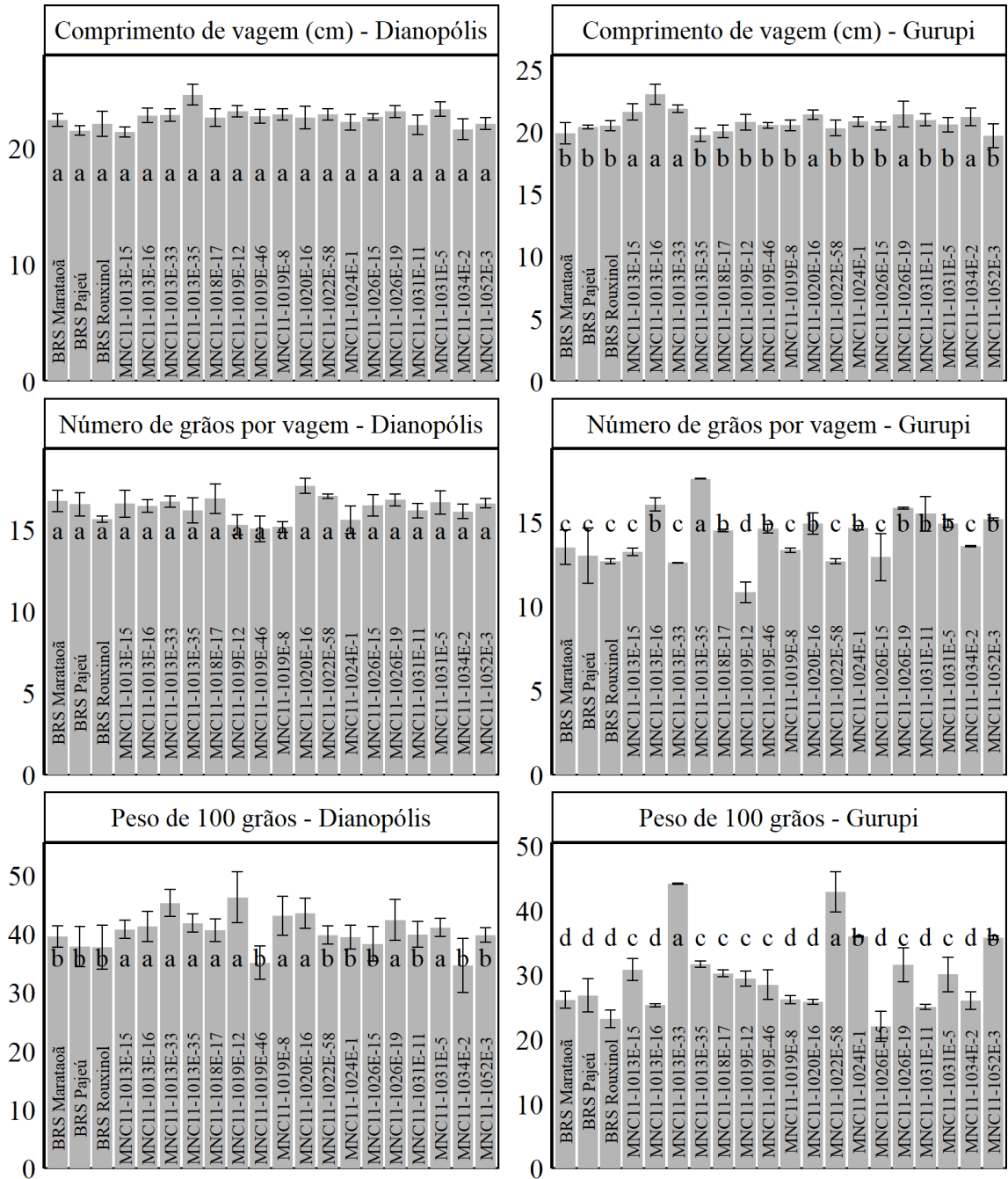
**Figura 2** - Largura de vagem (LV, em cm), número de vagens por planta (NVP), peso úmido das vagens (PU, em g), peso seco das vagens (PS, em g), teor de umidade das vagens (TUV, em %) e produtividade (PROD, em kg ha<sup>-1</sup>), de genótipos de feijão-caupi cultivados em Gurupi e Dianópolis-TO, em 2023 e 2023/2024, respectivamente.



\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Na Figura 3, é apresentado o resultado do teste de Scott-Knott para a média acompanhada do erro padrão da média para as características em que a interação G x A foi significativa (Comprimento de vagens, número de grãos por vagem e peso de 100 grãos).

**Figura 3** - Comprimento de vagens (CV, em cm), número de grãos por vagem (NGV) e peso de 100 grãos (P100g, em g) de genótipos de feijão-caupi cultivados em Gurupi e Dianópolis-TO, em 2023 e 2023/2024, respectivamente.



\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

O comprimento médio de vagem foi de 21,68, valor superior ao reportado por Públio Júnior et al. (2017), que observaram uma média de 17,25 cm para essa característica ao avaliar 20 genótipos nas condições de Vitória da Conquista, na Bahia. Contudo, não houve diferenças significativas para comprimento de vagem entre os genótipos no experimento realizado em Dianópolis (Figura 3). Em Gurupi, os genótipos MNC11-1013E-15, MNC11-1013E-16,

MNC11-1013E-33, MNC11-1020E-16, MNC11-1026E-19 e MNC11-1034E-2 apresentaram os maiores valores para comprimento de vagem neste local (Figura 3). Os resultados para a variável largura das vagens mostram maior homogeneidade entre os locais, uma vez que a interação G x A foi não significativa (Tabela 3). A característica apresentou média geral de 1.002 cm e coeficiente de variação de 5,28% (Tabela 3). Também não houve diferença estatística significativa entre os genótipos para esta característica (Figura 2).

Resultados similares são apresentados por Oliveira, Castro e Lima (2019), que destacaram a maior variabilidade do comprimento das vagens em função do ambiente de cultivo, enquanto a largura apresenta maior estabilidade. Isso foi evidenciado no experimento, onde o comprimento variou significativamente entre Gurupi e Dianópolis, enquanto a largura das vagens manteve-se mais constante (Figuras 2 e 3).

O número de grãos por vagem obteve média de 15,20, valor superior relatado por Públio Júnior et al. (2017). Apesar das diferenças regionais entre os locais de estudo, as condições climáticas são semelhantes, com clima tropical e estação seca bem definida, o que permite uma comparação entre os resultados, embora variações locais possam influenciar o desempenho dos genótipos. Não houve diferença significativa entre os genótipos no experimento realizado em Dianópolis (Figura 3). Em Gurupi, o teste de Scott-Knott agrupou os genótipos em 4 grupos (Figura 3), em que o genótipo MNC11-1013E-35 destacou-se por apresentar o maior número de grãos por vagem, indicando adaptação superior às condições edafoclimáticas locais. O segundo grupo com as maiores médias de número de grãos por vagem em Gurupi foi formado por nove genótipos experimentais e nenhuma testemunha, sendo eles MNC11-1013E-16, MNC11-1018E-17, MNC11-10119E-46, MNC11-1020E-16, MNC11-1024E-1, MNC11-1026E-19, MNC11-1031E-11, MNC11-10311E-5 e MNC11-1052E-3, destacando a superioridade destes genótipos em relação aos comerciais (Figura 3). A característica número de grãos por vagem está diretamente relacionada à produtividade e é influenciada por fatores como disponibilidade hídrica, nutrientes, temperatura e práticas de manejo.

Para a variável número de vagens por planta, a média geral foi de 10,62 e com o maior coeficiente de variação (38,33%) entre as características avaliadas (Tabela 3). O genótipo MNC11-1020E-16 apresentou a maior média para esta característica (Figura 2). A média de número de vagens por planta também foi superior ao valor reportado por Públio Júnior et al. (2017), que observaram uma média de 9 vagens por planta. Porém, o valor de número de vagens por planta observado foi inferior ao observado por Silva et al. (2014), com 11,09 vagens por planta, que realizaram seu estudo em Vitória da Conquista, na Bahia. Os autores atrelaram esse resultado também a influência da temperatura no período da floração, que não ultrapassaram os

25,3°C, visto que temperaturas elevadas influenciam no abortamento de flores, no vingamento e na retenção final de vagens, afetando, também, o número de grãos por vagem. Em Gurupi, os valores médios de temperatura foram próximos de 30°C, enquanto em Dianópolis, os valores médios ficaram em torno de 25°C, justificando maior média de vagens por plantas em Dianópolis (Figura 1). Outro aspecto relevante para número de vagens por planta foi observado por Fernandes, Silva e Pereira (2019), que relataram uma correlação positiva entre o número de vagens por planta e a resistência a pragas. Essa característica sugere que genótipos mais produtivos também podem apresentar maior resistência natural, tornando-os viáveis para o cultivo em larga escala.

Para as variáveis peso úmido e peso seco, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas para G x A, quando foram analisados os dados dos dois locais juntos. Observou-se também que não foi observado diferença estatística significativa entre os genótipos para peso seco das vagens. Para peso úmido das vagens, houve diferença significativa para genótipos, em que é possível observar uma maior média para metade dos genótipos (Figura 2). Destaca-se que neste grupo de dez genótipos, o MNC11-1013E-15, MNC11-1013E-16, MNC11-1013E-33, MNC11-10119E-12, MNC11-1019E-8, MNC11-1020E-16, MNC11-1026E-19, MNC11-1031E-5 e MNC11-1034E-2 são experimentais e apenas a BRS Marataoã é comercial. Destaca-se que o peso úmido dos grãos é um indicador importante de sua qualidade comercial e sua aceitação comercial, impactando aspectos como a aparência, textura, sabor e a durabilidade pós-colheita, reforçando a importância de ambientes que favorecem o acúmulo de massa úmida (ALMEIDA et al., 2016; LIMA et al., 2003).

A análise do peso de 100 grãos revelou média 35,11 g, superior ao valor encontrado de 22,59 g por Públio Junior et al. (2017). A interação G x A foi significativa para esta característica (Tabela 3). Ao comparar o peso de 100 grãos entre os locais, observa que a maioria dos genótipos apresentou maior peso em Dianópolis (Figura 3). Para a maioria dos genótipos, Dianópolis oferece condições mais favoráveis como temperaturas mais baixas que prolongam o ciclo da cultura, proporcionando mais tempo para o enchimento dos grãos. Além disso, o bom volume de precipitação pode ter influenciado o desenvolvimento de grãos mais pesados (Figura 1), mesmo considerando o uso de irrigação em ambos os locais. Assim, a diferença climática, especialmente em Gurupi, em que parte do ciclo ocorreu em condições de seca, pode ter afetado o enchimento de grãos. Reforçando que, mesmo com irrigação complementar, a diferença no regime de chuvas entre os locais pode ter impactado o desempenho dos genótipos.

Em Gurupi, destacaram-se os genótipos MNC11-1013E-33 e MNC11-1022E-58, que foram superiores aos demais (Figura 3). Em Dianópolis, a média de peso de 100 grãos superior foi obtida pelos genótipos MNC11-1013E-33, MNC11-1013E-16, MNC11-1013E-15, MNC11-1013E-35, MNC11-1018E-17, MNC11-1019E-8, MNC11-1019E-12, MNC11-1020E-16, MNC11-1026E-19 e MNC11-1031E-5 (Figura 3). Os resultados obtidos para teor de umidade de vagem demonstraram que a interação G x A foi não significativa (Tabela 3), além disso o efeito de genótipo também foi não significativo (Tabela 3 e Figura 2). Isso indica que a resposta do genótipo é estável em relação a essa característica, não importando onde ele seja plantado. Com base nesse resultado, assume-se portanto que essa não é uma característica determinada significativamente pela constituição genética da planta. Isso significa que, independentemente do genótipo plantado, é provável que o teor de umidade da vagem seja muito parecido entre elas.

Para a produtividade de grãos, a interação G x A também foi não significativa. No entanto, é possível identificar alguns materiais que destacaram-se, sendo superiores aos demais genótipos, como por exemplo os genótipos como MNC11-1052E-3, MNC11-1034E-2, MNC11-1031E-5, MNC11-1013E-33, MNC11-1022E-58, MNC11-1031E-11, MNC11-1019E-12, MNC11-1018E-17, MNC11-1013E-15 e BRS Marataoã. Esses resultados corroboram com o estudo de Barbosa, Oliveira e Santos (2021), que relatam uma relação direta entre genótipos com pesos elevados de grãos e vagens e maior produtividade, além de maior concentração de nutrientes.

Esses resultados destacam a importância dos programas de melhoramento genético que priorizam genótipos com características desejáveis, como maior peso de grãos e vagens, além de maior número de vagens por planta.

Ficou evidente que as respostas dos genótipos foram variáveis, indicando que a produtividade das vagens imaturas é uma característica pouco estável e, portanto, influenciada pelas variações ambientais entre os locais de estudo. Nesse sentido, a identificação de materiais geneticamente superiores pode ser utilizada por produtores ou então servir de base para futuros cruzamentos em programas de melhoramento, visando à obtenção de cultivares ainda mais produtivas, com maior resistência a pragas e doenças, e com outras características desejáveis para o consumidor.

#### **4 CONCLUSÕES**

É possível selecionar e recomendar genótipos para o cultivo de feijão-caupi para consumo de vagens verdes no Cerrado.

O genótipo MNC11-1020E-16 apresentou a maior média para número de vagens por planta para as regiões de Dianópolis e Gurupi, além de bom peso úmido das vagens e bom comprimento de vagem. Esse genótipo pode servir de base para a recomendação de cultivares e também para futuros programas de melhoramento genético.

Em geral, os genótipos apresentaram melhor desempenho para características de vagem no município de Dianópolis devido as condições mais favoráveis, como altitude, temperatura e volume pluviométrico neste local.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. T.; SILVA, J. F.; CARDOSO, L. G. Qualidade de grãos de feijão-caupi em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agricultura**, v. 41, n. 2, p. 215-228, 2016.
- BARBOSA, M. A.; OLIVEIRA, T. S.; SANTOS, P. R. Peso de grãos e qualidade nutricional em feijão-caupi. **Journal of Agricultural Science**, v. 58, n. 2, p. 321-334, 2021.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boas produtividades garantem produção de feijão**, Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5011-boas-produtividades-garantem-producao-de-feijao-em-torno-de-3-milhoes-de-toneladas-mesmo-com-menor-area>. Acesso em: 06 de jun de 2024.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim da Safra de Grãos – 9º Levantamento da Safra 2024/25, Brasília, 2025**. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/9o-levantamento-safra-2024-25/9o-levantamento-safra-2024-25>. Acesso em: 06 de jun de 2025.
- FERNANDES, A. L.; SILVA, G. B.; PEREIRA, J. E. Adaptação de genótipos de feijão-caupi a diferentes condições de solo. **Agricultural Science and Technology**, v. 37, n. 3, p. 210-223, 2019.
- FERREIRA, A. S.; ZUCARELI, C.; WENER, F.; FONSECA, I. C. B.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Minimum optimal seeding rate for indeterminate soybean cultivars grown in the tropics. **Agronomy Journal**, v. 1, n. 12, p. 2092–2102, 2020.
- IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: IAL, p.1018, 2008.
- INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. 2024**. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br/>. Acesso em: 15/02/2024.
- LIMA, ELIZA D. P. de A.; JERÔNIMO, E. D. S.; LIMA, C. A. D. A.; GONDIM, P. J. D. S.; ALDRIGUE, M. L.; CAVALCANTE, L. F. Características físicas e químicas de grãos verdes de linhagens e cultivares de feijão caupi para processamento tipo conserva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 129-134, 2003.
- OLIVEIRA, M. E.; CASTRO, S. A.; LIMA, V. O. Comparação de genótipos de feijão-caupi em sistemas de produção distintos. **Revista Agroecologia**, v. 10, n. 1, p. 78-90, 2019.
- PEREIRA H. S.; MELO, L. C.; DI PRADO, P. R. C.; MELO, P. G. S.; FARIA, L. C.; SOUZA, T. L. P. O.; AGUIAR, M. S.; DÍAZ, J. L. C.; ALMEIDA, V. M.; COSTA, A. F.; MELO, C. L. P.; CARVALHO, H. W. L.; PEREIRA FILHO, I. A. **Cultivares de Feijão com Maiores Teores de Ferro, Zinco e Proteína nos Grãos**. Comunicado Técnico 243. Santo Antônio de Goiás. Maio de 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/177474/1/CNPAF-2018-cot243.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2025.
- PÚBLIO JÚNIOR, E.; MORAIS, O. M.; ROCHA, M. M.; PÚBLIO, A. P. P. B.; BANDEIRA, A. S. Características agronômicas de genótipos de feijão-caupi cultivados no sudoeste da Bahia. **Científica**, v. 45, n. 3, p. 223–230, 2017.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2025. <https://www.R-project.org/>

ROCHA, M. M. O feijão-caupi para consumo na forma de grãos fresco. **Agrosoft Brasil**, 11 nov. 2009. Disponível em: <http://www.agrosoft.org.br/agropag/212374.htm>. Acesso em: 08 out. 2024.

SCOTT, A. J., KNOTT, M. A Cluster Analysis Method for Grouping Means in the Analysis of Variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SILVA, A. C.; MORAIS, O. M.; SANTOS, J. L.; D'ARÊDE, L. O.; SILVA, P. B. Componentes de produção, produtividade e qualidade de sementes de feijão-caupi em Vitória da Conquista, Bahia. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 3, p. 327-335, 2014.

SILVA, D. T. S.; BRANDÃO, A. C. A. S.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Avaliação do potencial tecnológico do feijão-caupi no desenvolvimento de produtos alimentícios: uma revisão integrativa. **Aracê**, v. 7, n. 1, p. 2849–2858, 2025.

TORRES FILHO, J.; OLIVEIRA, C. N. G. D. S.; SILVEIRA, L. M. D.; NUNES, G. H. D. S.; SILVA, A. J. R. D.; SILVA, M. F. N. D. Genotype by environment interaction in green cowpea analyzed via mixed models. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 687-697, 2017.

## CAPÍTULO II

### BIOMETRIA E CARACTERIZAÇÃO FENOTÍPICA DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI PARA PRODUÇÃO DE VAGEM VERDE

#### RESUMO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] é amplamente cultivado no Brasil, com diversos genótipos que o torna adaptável para os diferentes sistemas de produção e a finalidade do cultivo, seja para produção de grãos ou vagens. O objetivo deste estudo foi de avaliar a diversidade genética de genótipos de feijão-caupi com base em características para produção de vagem verde no sul do Tocantins. Dois experimentos foram conduzidos, sendo o primeiro em Gurupi, Tocantins, e o outro em Dianópolis, Tocantins. Avaliou-se vinte genótipos de feijão-caupi utilizando o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Foram avaliadas as características de comprimento e largura de vagem, número de grãos por vagem, número de vagens por planta, peso de 100 grãos verdes, peso úmido e seco de quinze vagens, teor de umidade de vagens e produtividade de vagem verde. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, análise de componentes principais, análise de correlação linear de Pearson, análise de trilha e análise de agrupamento. A produtividade de vagem verde foi a variável que mais contribuiu para a variabilidade total observada no estudo. A análise de correlação e a análise de trilha demonstraram que a produtividade sofreu maior efeito direto do número de vagem por planta e do peso úmido de quinze vagens. A análise de agrupamento com base na matriz de distâncias de Mahalanobis formou quatro grupos distintos. Os genótipos MNC11-1013E-16, MNC11-1019E-8, MNC11-1020E-16, MNC11-1026E-15 e MNC11-1026E-19 se destacaram com os maiores valores de produtividade de vagem verde.

**Palavras-Chave:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp, Seleção de genótipos, Análise de trilha, Análise de componentes principais, Análise de agrupamento.

## BIOMETRICS AND PHENOTYPIC CHARACTERIZATION OF COWPEA GENOTYPES FOR GREEN POD PRODUCTION

### ABSTRACT

Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] is widely cultivated in Brazil, with diverse genotypes that make it adaptable to different production systems and cultivation purposes, whether for grain or pod production. The objective of this study was to evaluate the genetic diversity of cowpea genotypes based on traits for green pod production in southern Tocantins. Two experiments were conducted: the first in Gurupi, Tocantins, and the other in Dianópolis, Tocantins. Twenty cowpea genotypes were evaluated using a randomized complete block design with four replicates. The following traits were evaluated: pod length and width, number of grains per pod, number of pods per plant, weight of 100 green grains, green and dry weight of 15 pods, pod moisture content, and pod yield. The experimental data were subjected to analysis of variance, principal component analysis, Pearson's linear correlation analysis, path analysis, and cluster analysis. Green pod yield was the variable that contributed most to the total variability observed in the study. Correlation analysis and path analysis demonstrated that yield was most directly affected by the number of pods per plant and wet pod weight. Cluster analysis based on the Mahalanobis distance matrix formed four distinct groups. The genotypes MNC11-1013E-16, MNC11-1019E-8, MNC11-1020E-16, MNC11-1026E-15 and MNC11-1026E-19 stood out with the highest green pod productivity values.

**Keywords:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp, Genotype selection, Path analysis, Principal component analysis, Cluster analysis.

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] possui grande importância socioeconômica em várias regiões, particularmente nas áreas tropicais e subtropicais, como o Norte e Nordeste brasileiro, além de países da África e Ásia (SILVA; BRANDÃO; MOREIRA-ARAÚJO, 2025). Em todo o Brasil, a maioria dos agricultores familiares das regiões Norte e Nordeste cultivam o feijão-caupi em condições de sequeiro (SILVA et al., 2018; SOUZA et al., 2020). Porém, ainda existe uma demanda de produção de genótipos de feijão-caupi adaptadas com as condições locais do sul do Tocantins, tendo em vista os fatores limitantes como as elevadas temperaturas e as diferentes condições de cultivo.

O Brasil, até 2024, registrou mais de 250 variedades de feijão-comum, em que mais de 50 variedades são de feijão-caupi (MAPA, 2025). A diversidade genética do feijão é um recurso valioso para os programas de melhoramento genético, particularmente para criar variedades adaptáveis em diferentes condições ambientais e resistentes a patógenos (CERUTTI et al., 2023). O desenvolvimento de novos genótipos de feijão-caupi com características desejáveis possibilita consolidar e ampliar a produção na região Norte e Nordeste do Brasil.

Levando em conta a escassez de variedades de feijão-caupi com atributos desejados para a produção de vagens verdes no mercado brasileiro, o desenvolvimento de genótipos com características mais adequadas para esta finalidade ganha importância (SOUZA et al., 2019). Dentre os atributos desejados para a produção de grãos verdes estão o comprimento médio das vagens verdes, o peso médio de vagens, número de vagens por planta e a produtividade de vagem verde. Assim, as informações obtidas através da caracterização de plantas em coleções de bancos de germoplasma são importantes para identificar genótipos voltados para uma maior produtividade de vagem verde e para o desenvolvimento de novas cultivares (SANTANA et al., 2019).

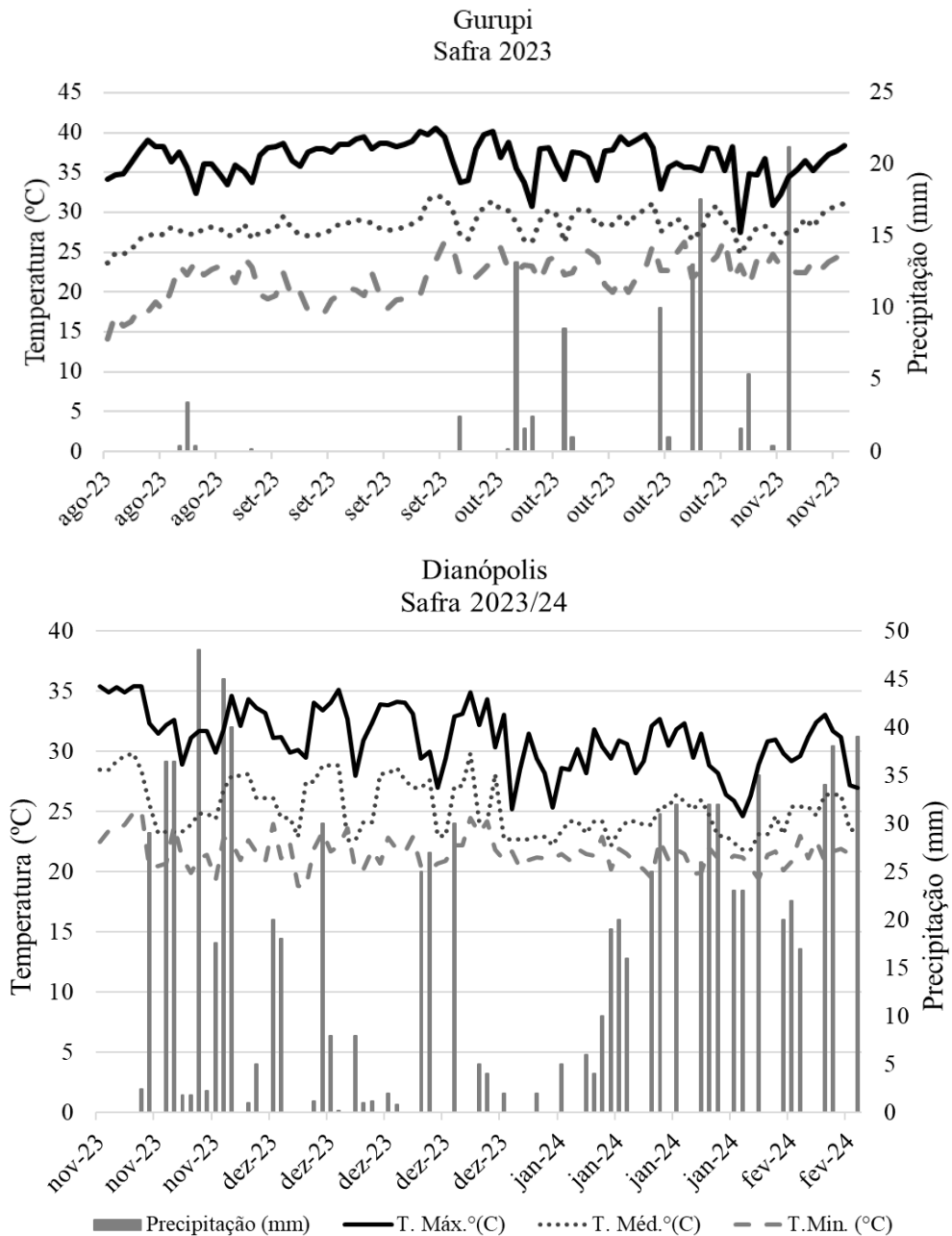
O objetivo deste estudo foi de avaliar e selecionar genótipos superiores de feijão-caupi para a produção de vagens verdes, com potencial de uso na região sul do estado do Tocantins.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O primeiro experimento foi instalado no mês de agosto conduzido em Gurupi, Tocantins, e enquanto que o segundo experimento foi instalado em novembro em Dianópolis, Tocantins. O município de Gurupi está situado na região sul do estado do Tocantins, nas coordenadas 11°43' S e 49°04' W, com altitude de aproximadamente 278 metros. Enquanto que Dianópolis está situado na região sudeste do estado com uma altitude de aproximadamente 624 metros. O

clima dos dois locais, conforme a classificação de Köppen, é do tipo tropical com estação seca (Aw), caracterizado por verões úmidos e uma estação seca que se estende de maio a setembro. Os dados pluviométricos e de temperatura obtidos pelo INMET (2024) em Gurupi e Dianópolis estão apresentados na Figura 1.

**Figura 1.** Dados de temperatura máxima, média e mínima, além da precipitação em Gurupi e Dianópolis durante a condução dos experimentos nas safras de 2023 e 2023/24, respectivamente.



Fonte: INMET, 2024.

As características físicas e químicas do solo estão apresentadas na Tabela 1. O preparo do solo, em ambas as áreas, foi realizado de forma convencional, e a adubação de semente seguiu as recomendações baseadas nos resultados da análise do solo. O controle de plantas daninhas seguiu as recomendações técnicas para a cultura na região. O manejo fitossanitário foi realizado utilizando produtos recomendados para a cultura. As aplicações foram realizadas de forma preventiva conforme orientações técnicas.

**Tabela 1.** Atributos químicos e físicos dos solos para os locais de condução dos experimentos em Gurupi e Dianópolis.

| Locais            | pH                    | P<br>meh               | K     | Ca    | Mg               | Al    | H <sup>+</sup><br>Al | M.O                | C.O | V                       | Areia | Silte | Argila |
|-------------------|-----------------------|------------------------|-------|-------|------------------|-------|----------------------|--------------------|-----|-------------------------|-------|-------|--------|
|                   | Ca<br>Cl <sub>2</sub> | mg<br>dm <sup>-3</sup> | ..... | cmolc | dm <sup>-3</sup> | ..... | ..Dag                | kg <sup>1</sup> .. | %   | .....g.kg <sup>-1</sup> | ..... | ..... | .....  |
| <b>Gurupi</b>     | 5,1                   | 1,4                    | 0,11  | 1,4   | 0,7              | 0     | 2,2                  | 1,4                | 0,8 | 50                      | 675   | 25    | 300    |
| <b>Dianópolis</b> | 6,1                   | 171,2                  | 0,25  | 4,0   | 1,4              | 0     | 1,20                 | 1,4                | 0,8 | 82                      | 850   | 25    | 125    |

O experimento foi conduzido em um delineamento de blocos ao acaso em ambos os locais e com quatro repetições. Foram avaliados 17 genótipos e 3 cultivares comerciais de feijão-caupi, totalizando 20 genótipos (Tabela 2). Os genótipos analisados foram cedidos pela Embrapa Meio-Norte. Cada parcela experimental consistiu de quatro linhas de 4 metros de comprimento, com espaçamento de 0.40 m entre as linhas. A área útil foi delimitada pelas duas linhas centrais, desconsiderando-se 0.50 m de cada extremidade para minimizar os efeitos da bordadura. Posteriormente foi feito o desbaste de plantas aos 20 dias após a semente, no estágio de desenvolvimento V4 (terceira folha trifoliada, com folíolos expandidos) para 8 plantas por metro. Isso resultou em uma população de 200000 plantas por hectare.

**Tabela 2.** Genótipos de feijão-caupi avaliados em Gurupi e Dianópolis.

| Código do Genótipo | Subclasse comercial <sup>(1)</sup> | Hábito de crescimento |
|--------------------|------------------------------------|-----------------------|
| MNC11-1013E-33     | ML                                 | Semi-prostrado        |
| MNC11-1013E-16     | SV                                 | Ereto                 |
| MNC11-1013E-15     | ML                                 | Semi-prostrado        |
| MNC11-1013E-35     | SV                                 | Ereto                 |
| MNC11-1018E-17     | SV                                 | Ereto                 |
| MNC11-1019E-8      | ML                                 | Semi-prostrado        |
| MNC11-1019E-12     | ML                                 | Semi-prostrado        |
| MNC11-1019E-46     | ML                                 | Semi-prostrado        |
| MNC11-1020E-16     | ML                                 | Semi-prostrado        |
| MNC11-1022E-58     | ML                                 | Semi-prostrado        |

|                |    |                |
|----------------|----|----------------|
| MNC11-1024E-1  | ML | Semi-prostrado |
| MNC11-1026E-15 | ML | Semi-prostrado |
| MNC11-1026E-19 | ML | Semi-prostrado |
| MNC11-1031E-5  | SV | Ereto          |
| MNC11-1031E-11 | ML | Semi-prostrado |
| MNC11-1034E-2  | ML | Semi-prostrado |
| MNC11-1052E-3  | CN | Ereto          |
| BRS Pajeú      | ML | Semi-prostrado |
| BRS Marataoã   | ML | Semi-prostrado |
| BRS Rouxinol   | SV | Ereto          |

ML-Mulato; SV-Sempre verde; CN-Canapu.

A colheita foi realizada de forma manual, quando as plantas de cada tratamento estavam no início do estágio R5. Após a colheita, as vagens foram agrupadas e acondicionadas em sacos de papel, de modo a protegê-las de danos físicos durante o transporte e armazenamento, até serem submetidas às análises. Foram avaliadas as características de comprimento (CV, em cm) e largura (LV, em cm) média de 15 vagens mensuradas em cada parcela utilizando régua e paquímetro, respectivamente. Número médio de grãos por vagem (NGV) que é a razão entre o total de grãos e o número de vagens. O número de vagens por planta (NVP) que foi avaliado pela contagem média de vagens produzidas por 15 plantas em cada parcela. O teor de umidade das vagens (TUV, em %), que foi determinado de acordo com o método do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), por meio da secagem das vagens em estufa a 105°C até atingir peso constante. O peso úmido de vagem (PU, em g) que foi obtido pela pesagem das 15 vagens antes da secagem. O peso seco de vagem (PS, em g) que foi mensurado por meio da pesagem de 15 vagens após o processo de secagem. Para determinação do peso de 100 grãos verdes (P100G, em g) foi pesada uma amostra de 100 grãos para cada parcela. A produtividade de vagem verde (PROD, em kg ha<sup>-1</sup>) foi obtido pela pesagem das vagens colhidas na parcela e extrapolado para a área de um hectare.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância individual e foi verificado que o agrupamento dos dois experimentos foi possível segundo o teste F máximo de Hartley (Pearson; Hartley, 1956). Assim, a análise de variância conjunta foi feita considerando o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ijk} = \mu + \omega_{k(i)} + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}, \quad (1)$$

em que  $y_{ijk}$  é a variável resposta,  $\mu$  é o efeito da média geral,  $\omega_{k(i)}$  é o efeito do k-ésimo bloco dentro do i-ésimo ambiente,  $\alpha_i$  é o efeito do i-ésimo ambiente,  $\beta_j$  é o efeito do j-ésimo cultivar,  $\alpha\beta_{ij}$  é o efeito da interação genótipo x ambiente e  $\varepsilon_{ijk}$  é o efeito do erro aleatório. Quando

necessário, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade. O coeficiente de variação foi calculado para cada característica pela expressão:

$$CV(\%) = \frac{\sqrt{QMRes}}{\bar{X}} \quad (2)$$

em que  $QMRes$  é o quadrado médio do resíduo e  $\bar{X}$  é a média geral da característica.

A análise de componentes principais foi utilizada para estudo da importância das variáveis sobre a variabilidade total dos dados. O maior coeficiente de correlação linear em valor absoluto entre uma característica e o componente principal indica a variável que apresenta a maior contribuição neste componente (REGAZZI; CRUZ, 2020). Na determinação do número de componentes principais, foi utilizado o critério de Kaiser (KAISER, 1958) que determina que os componentes selecionados devem estar associados com autovalores superiores a 1 ( $\lambda_i > 1$ ) (REGAZZI; CRUZ, 2020).

Para a determinação da divergência genética entre os genótipos foi obtida a matriz de distância de Mahalanobis e o agrupamento dos genótipos em um dendrograma, sendo este realizado com base no método UPGMA (*Unweighted Pair-group Method using Arithmetic Averages*). A quantidade de grupos foi realizada utilizando o critério de Mojena (MOJENA, 1977). O método UPGMA é categorizado como hierárquico e aglomerativo, em que as distâncias mais baixas entre os materiais indicam genótipos são geneticamente mais próximos, enquanto as distâncias mais elevadas sinalizam uma maior discrepância entre os genótipos (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2014). Uma vantagem do método UPGMA é que ele busca maximizar o coeficiente de correlação cofenética, o que reduz a distorção da representação das similaridades entre os genótipos no dendrograma (SOKAL; ROHLF, 1962).

Foi feita análise de correlação linear de Pearson entre as variáveis para estudo do relacionamento entre as variáveis de estudo. Para desdobramento da análise de correlação linear, uma análise de trilha foi utilizada para investigar o efeito de cada variável sobre a produtividade de vagem verde. Todas as análises e gráficos foram realizadas utilizando o *software R* (R CORE TEAM, 2025).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação Genótipos x Ambientes (G x A) foi significativa para as características de comprimento de vagem (CV, em cm), número de grãos por vagem (NGV) e peso de 100 grãos verdes (P100G, em g) (Tabela 3). A interação G x A foi não significativa para largura de vagem

(LV, em cm), número de vagens por planta (NVP), peso úmido de vagem (PU, em g), peso seco de quinze vagens (PS, em g), teor de umidade de vagem (TU, em %) e produtividade de vagem verde (PROD, em kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 3). Considerando as características que a interação G x A foi não significativa, verificou-se que o efeito de genótipo foi significativo para número de vagens por planta (NVP), peso úmido de vagem (PU, em g) e produtividade de vagem verde (PROD, em kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 3). A interação G x A significativa demonstra a importância de selecionar genótipos adaptáveis a diferentes condições de cultivo, aliados a práticas agrônomicas adequadas, para promover uma produção sustentável e eficiente (TORRES FILHO et al., 2017; ARAÚJO et al., 2024).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância conjunta para comprimento de vagem (CV, em cm), largura de vagem (LV, em cm), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP), peso úmido de vagem (PU, em g), peso seco de vagem (PS, em g), peso de 100 grãos verdes (P100G, em g), teor de umidade de vagem (TUV, em %) e produtividade de vagem verde (PROD, em kg ha<sup>-1</sup>), de genótipos de feijão-caupi cultivados em Gurupi e Dianópolis.

| Fonte de variação | Quadrado médio |        |          |         |           |          |           |           |            |
|-------------------|----------------|--------|----------|---------|-----------|----------|-----------|-----------|------------|
|                   | CV             | LV     | NGV      | NVP     | PU        | PS       | P100G     | TUV       | PROD       |
| Genótipo (G)      | 1,96           | <0,01  | 6,57**   | 45,74** | 473,51*   | 91,86    | 110,60**  | 84,35     | 16816088** |
| Ambiente (A)      | 132,20**       | 0,02** | 194,52** | 65,02*  | 14541,1** | 887,27** | 4423,45** | 2980,28** | 88713133** |
| G x A             | 2,66*          | <0,01  | 4,88**   | 2,75    | 219,67    | 76,62    | 65,51**   | 45,88     | 1485081    |
| Máximo            | 22,90          | 1,03   | 16,87    | 15,75   | 149,20    | 58,57    | 44,66     | 42,36     | 8822,37    |
| Média             | 21,68          | 1,00   | 15,20    | 10,38   | 139,06    | 50,16    | 35,11     | 36,85     | 5836,68    |
| Mínimo            | 20,89          | 0,95   | 13,05    | 7,25    | 120,43    | 41,73    | 30,15     | 29,16     | 3749,75    |
| CV (%)            | 5,28           | 5,70   | 7,77     | 33,89   | 10,92     | 19,20    | 10,99     | 21,79     | 36,79      |

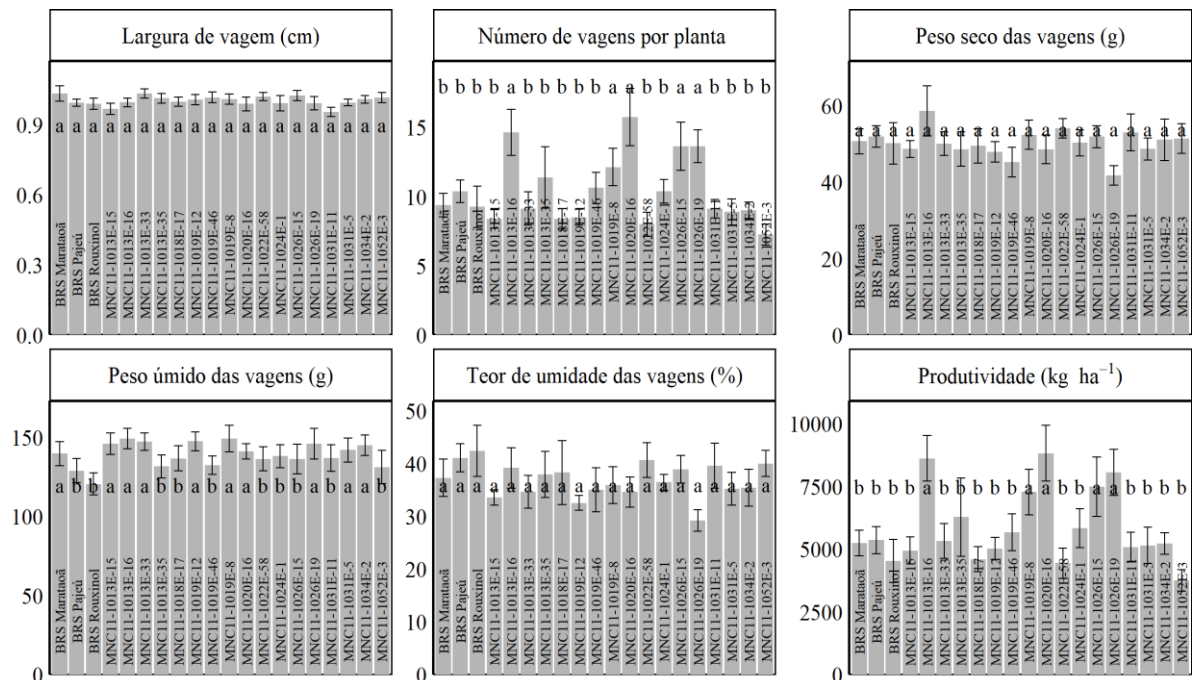
\*\* e \*, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

O comprimento de vagem apresentou o menor coeficiente de variação (5.28%, Tabela 3), indicando baixa variabilidade e maior uniformidade genética, conforme destacado por Ferreira et al. (2020). Em contraste, a produtividade de vagem verde apresentou o maior coeficiente de variação (36.79%), sugerindo maior influência ambiental ou variabilidade genética nesta característica.

O comprimento médio de vagem foi de 21.68, valor superior ao reportado por Públio Júnior et al. (2017) e por Pessoa et al. (2023), que observaram uma média de 17.25 cm e 17.51

cm, respectivamente. Contudo, não houve diferenças significativas para CV entre os genótipos no experimento realizado em Dianópolis (Figura 3). Em Gurupi, os genótipos MNC11-1013E-15, MNC11-1013E-16, MNC11-1013E-33, MNC11-1020E-16, MNC11-1026E-19 e MNC11-1034E-2 apresentaram os maiores valores para CV neste local (Figura 3). Os resultados para a variável largura das vagens (LV) mostram maior homogeneidade entre os locais, uma vez que a interação G x A foi não significativa (Tabela 3). Também não houve diferença estatística significativa entre os genótipos para esta característica (Figura 2). Resultados similares são apresentados por Oliveira, Castro e Lima (2019), que destacaram a maior variabilidade do comprimento das vagens em função do ambiente de cultivo, enquanto a largura apresentou maior estabilidade.

**Figura 2.** Gráfico de barras para largura de vagem (LV, em cm), número de vagens por planta (NVP), peso úmido de quinze vagens (PU, em g), peso seco de quinze vagens (PS, em g), teor de umidade das vagens (TUV, em %) e produtividade de vagem verde (PROD, em kg ha<sup>-1</sup>), de genótipos de feijão-caupi cultivados em Gurupi e Dianópolis.



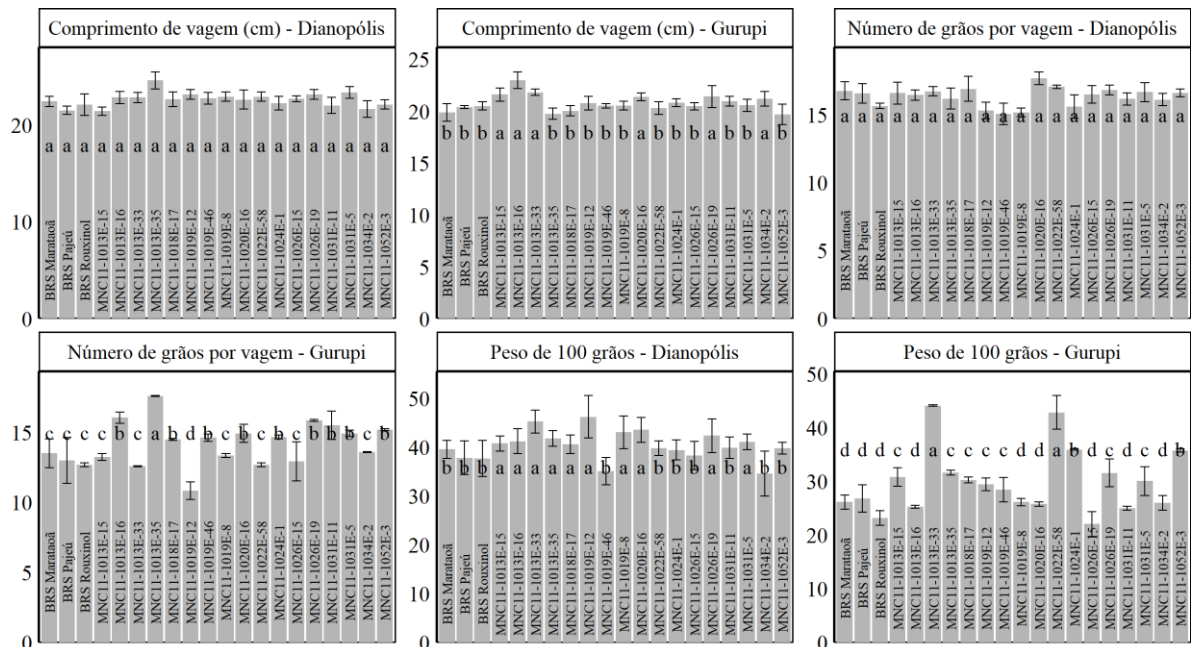
\*Letras diferentes indica diferença entre as médias pelo teste de Scott-Knott ( $p$ -valor < 0.05).

O número de grãos por vagem (NGV) teve média de 15.20, valor superior aos encontrados por Públio Júnior et al. (2017) e por Pessoa et al. (2023). Não houve diferença significativa entre os genótipos no experimento realizado em Dianópolis (Figura 3). Em Gurupi, o genótipo MNC11-1013E-35 destacou-se por apresentar o maior número de grãos por vagem (Figura 3). O segundo grupo com as maiores médias de número de grãos por vagem em Gurupi foi formado

por nove genótipos experimentais e nenhuma testemunha, destacando a superioridade destes genótipos em relação aos comerciais (Figura 3).

Para a variável número de vagens por planta (NVP), a média foi de 10.38 e com coeficiente de variação de 33.89% (Tabela 3). Os genótipos MNC11-1013E-16, MNC11-1019E-8, MNC11-1020E-16, MNC11-1026E-15 e MNC11-1026E-19 apresentaram as maiores médias para esta característica (Figura 2). A média geral de NVP foi superior ao valor reportado por Públio Júnior et al. (2017), que observaram uma média de 9 vagens por planta. Mas já foi menor que o valor observado por Alencar et al. (2021) de 22.90 vagens por planta. Públio Júnior et al. (2017) atrelaram o menor valor observado de NVP pela influência da temperatura no período da floração, que foram próximos de 25°C, visto que temperaturas elevadas influenciam no abortamento de flores, no vingamento e na retenção final de vagens, afetando, também, o número de grãos por vagem. Em Gurupi, os valores médios de temperatura foram próximos de 30°C, enquanto em Dianópolis, os valores médios foram em torno de 25°C.

**Figura 3.** Comprimento de vagens (CV, em cm), número de grãos por vagem (NGV) e peso de 100 grãos verdes (P100G, em g) de genótipos de feijão-caupi em Gurupi e Dianópolis.



\*Letras diferentes indica diferença entre as médias pelo teste de Scott-Knott ( $p$ -valor < 0.05).

Para as variáveis peso úmido (PU) e peso seco (PS) de quinze vagens, a interação G x A foi não significativa (Tabela 3). Observou-se também que não foi observado diferença estatística significativa entre os genótipos para PS. Para PU, houve diferença significativa para genótipos, em que é possível observar uma maior média para metade dos genótipos (Figura 2).

Destaca-se que neste grupo de dez genótipos, nove são experimentais e apenas um é comercial. Destaca-se que o peso úmido de vagem é um indicador importante de sua qualidade comercial e sua aceitação comercial, impactando aspectos como a aparência, textura, sabor e a durabilidade pós-colheita, reforçando a importância de ambientes que favorecem o acúmulo de massa úmida (ALMEIDA; SILVA; CARDOSO, 2016). A média geral do peso úmido de quinze vagens foi de 139.06 g (Tabela 3) e superior ao encontrado por Pessoa et al. (2023).

Para peso de 100 grãos verdes (P100G), a média foi de 35.11 g, superior ao valor encontrado de 22.59 g por Públio Junior et al. (2017). A interação G x A foi significativa para esta característica (Tabela 3). Em Gurupi, destacaram-se os genótipos MNC11-1013E-33 e MNC11-1022E-58, que foram superiores aos demais (Figura 3). Em Dianópolis, dez genótipos experimentais superaram os testadores comerciais, registrando as maiores médias de P100G neste local (Figura 3).

Os resultados obtidos para teor de umidade de vagem demonstraram que a interação G x A foi não significativa (Tabela 3), além disso o efeito de genótipo também foi não significativo (Tabela 3 e Figura 2). Isso indica que a resposta do genótipo é estável em relação a essa característica, não importando onde e qual genótipo foi cultivado.

Para a produtividade de vagem verde (PROD, em kg ha<sup>-1</sup>), a interação G x A também foi não significativa. No entanto, é possível identificar que os genótipos MNC11-1013E-16, MNC11-1019E-8, MNC11-1020E-16, MNC11-1026E-15 e MNC11-1026E-19 foram superiores aos demais genótipos em produtividade (Figura 2). A média geral de produtividade de vagem verde foi de 5836.68 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3).

A análise de componentes principais (PCA) foi utilizada para estudo da influência de cada variável na variabilidade total observada. Na seleção dos componentes principais foram considerados os quatro primeiros componentes seguindo o critério de Kaiser (KAISER, 1958). Estes quatro primeiros componentes explicaram aproximadamente 83.20% da variabilidade total dos dados (Tabela 4). O coeficiente de correlação linear de Pearson entre cada componente e as variáveis em estudo representam as contribuições individuais de cada variável para a variabilidade total observada no estudo (REGAZZI; CRUZ, 2020). Assim, a variável de maior importância relativa será aquela com maior valor absoluto de correlação (REGAZZI; CRUZ, 2020). Considerando os quatro primeiros componentes, as variáveis que mais contribuíram foram produtividade de vagem verde em PC1, peso de 100 grãos verdes (P100G) em PC2, peso seco de vagem (PS) em PC3 e número de grão por vagem (NGV) em PC4 (Tabela 2). Portanto, estas variáveis são consideradas como as principais características responsáveis pela variabilidade total observada no estudo.

**Tabela 4.** Autovalor, percentual da variância explicada acumulada e coeficiente de correlação linear entre as variáveis comprimento (CV) e largura de vagem (LV), número de grãos por vagem (NGV), número de vagem por planta (NVP), peso úmido de quinze vagens (PU) e seco (PS) de quinze vagens, peso de 100 grãos verdes (P100G) e produtividade de vagem verde (PROD) com os componentes principais PC1, PC2, PC3 e PC4. O maior valor absoluto de correlação para cada componente principal está em negrito, destacando a variável com maior contribuição para cada componente.

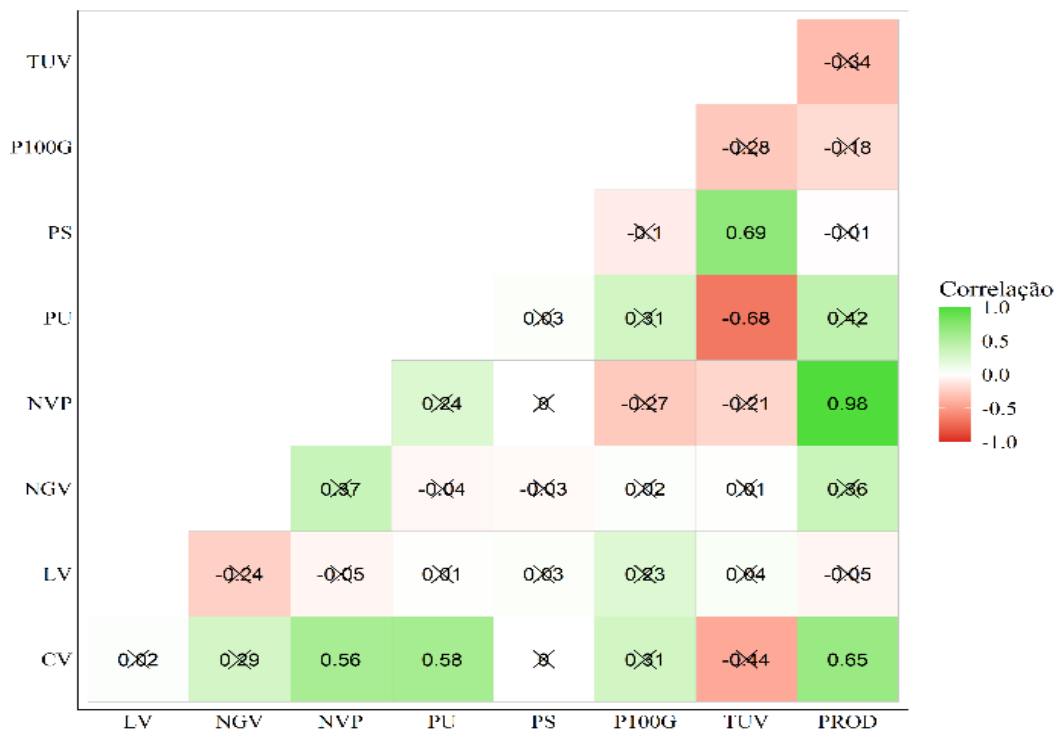
| Característica                    | PC1         | PC2          | PC3         | PC4          |
|-----------------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| CV                                | 0,83        | -0,05        | 0,29        | -0,17        |
| LV                                | -0,06       | -0,29        | 0,53        | 0,44         |
| NGV                               | 0,37        | 0,40         | -0,18       | <b>-0,64</b> |
| NVP                               | 0,78        | 0,52         | <0,01       | 0,23         |
| PU                                | 0,68        | -0,40        | 0,27        | 0,02         |
| PS                                | -0,21       | 0,48         | <b>0,75</b> | -0,13        |
| P100G                             | 0,13        | <b>-0,68</b> | 0,35        | -0,49        |
| TUV                               | -0,67       | 0,61         | 0,36        | -0,12        |
| PROD                              | <b>0,87</b> | 0,40         | 0,04        | 0,19         |
| Autovalor                         | 1,79        | 1,39         | 1,15        | 1,00         |
| Variância explicada acumulada (%) | 35,69       | 57,21        | 71,92       | 83,20        |

Com a análise de correlação linear de Pearson é possível observar a presença ou a ausência de relações lineares entre as variáveis e se essas correlações são significativas pelo teste t de Student (Figura 4). Entre as correlações significativas, podemos destacar a correlação forte e positiva (0.98) entre número de vagem por planta (NVP) e produtividade de vagem verde (PROD) (Figura 4). Portanto, visando aumento da produtividade, deve-se selecionar genótipos com maior número de vagem por planta. A produtividade de vagem verde também apresentou uma correlação positiva (0.65) com o comprimento de vagem (Figura 4). O comprimento de vagem apresentou correlações positivas com o peso úmido de vagem (0.58) e número de vagem por planta (0.56) (Figura 4). Aliyu et al. (2022) também observaram uma correlação linear positiva e significativa entre número de vagens por planta e o comprimento de vagem com a produtividade de grãos.

Podemos observar diversas correlações importantes que nos ajudam a entender a biologia e a produtividade de vagem verde. A correlação positiva entre o número de vagens por planta e o peso úmido de vagem (0.56 e 0.58, respectivamente) com o comprimento de vagem (Figura 1) sugere que plantas que produzem vagens mais longas tendem a ter um maior número de

vagens e um maior peso de vagem. Isso faz sentido, pois vagens maiores geralmente têm mais espaço para desenvolver grãos, aumentando seu peso e, conseqüentemente, contribuindo para uma maior produtividade de vagem da planta. Essas correlações demonstram a interdependência de diferentes características morfológicas da planta, destacando a importância de cada uma na determinação do rendimento final.

**Figura 4.** Coeficiente de correlação linear de Pearson estimado entre as características de comprimento (CV) e largura de vagem (LV), número de grãos por vagem (NGV), número de vagem por planta (NVP), peso úmido de quinze vagens (PU) e seco (PS) de quinze vagens, peso de 100 grãos verdes (P100G) e produtividade de vagem verde (PROD). Os coeficientes marcados com “x” na figura são valores não significativos pelo teste t de Student, enquanto que os demais são significativos.



X: não significativo (p-valor > 0.05).

A análise de trilha permite desdobrar o coeficiente de correlação linear de Pearson entre as características em estudo e a produtividade de vagem verde (Tabela 5). Para validar a análise de trilha, realizou-se uma verificação de multicolinearidade entre as variáveis por meio do número de condição (NC) (MONTGOMERY; PECK, 2012). Quando  $NC \leq 100$ , considera-se que a multicolinearidade é fraca, e à medida que o valor aumenta, a classificação se altera, sendo considerada moderada a forte quando  $100 < NC < 1000$  e severa quando  $NC \geq 1000$  (MONTGOMERY; PECK, 2012). Em presença de multicolinearidade, as variâncias associadas a certos estimadores, como os coeficientes de trilha, que medem os efeitos diretos de variáveis

explicativas sobre uma principal, podem atingir valores muito elevados (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2014). Valores muito altos de variância são evidências de estimativas pouco confiáveis e, conseqüentemente, sem interpretação biológica (MONTGOMERY; PECK, 2012).

Foi obtido um número de condição de 330.65 ao considerar a análise de trilha em que a variável dependente foi a produtividade de vagem verde e todas as outras características deste estudo como variável independente. Ao analisar os valores do fator de inflação de variância (FIV), observou que o maior valor foi obtido para a variável teor de umidade de vagens (TUV). Assim, uma nova análise de trilha foi feita retirando esta variável e obtendo um número de condição igual a 10.64 (Tabela 3). Observa-se que os valores do fator de inflação de variância (FIV) se mantiveram abaixo de 10, o que permite concluir em ausência de multicolinearidade nas variáveis restantes (Tabela 3).

**Tabela 5.** Análise de trilha a variável dependente como a produtividade de vagem verde (PROD, kg ha<sup>-1</sup>) e as variáveis independentes foram comprimento (CV) e largura de vagem (LV), número de grãos por vagem (NGV), número de vagem por planta (NVP), peso úmido (PU) e seco (PS) de quinze vagens e peso de 100 grãos verdes (P100G). Os efeitos em negrito da diagonal são os efeitos diretos e fora da diagonal estão os efeitos indiretos. Ao fim de cada linha é apresentado o coeficiente de correlação linear de Pearson de cada variável com a produtividade de vagem verde.

|                           | CV            | LV                                  | NGV           | NVP           | PU            | PS             | P100G          | R       |
|---------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------|
| CV                        | <b>0.0250</b> | -0.0001                             | 0.0046        | 0.5120        | 0.1090        | <0.0001        | -0.0004        | 0.6502  |
| LV                        | 0.0005        | <b>-0.0062</b>                      | -0.0039       | -0.0453       | 0.0024        | -0.0002        | -0.0003        | -0.0532 |
| NGV                       | 0.0071        | 0.0015                              | <b>0.0161</b> | 0.3402        | -0.0082       | 0,0002         | <0.0001        | 0.3570  |
| NVP                       | 0.0140        | 0.0003                              | 0.0059        | <b>0.9154</b> | 0.0440        | <0.0001        | 0.0004         | 0.9802  |
| PU                        | 0.0145        | <0.0001                             | -0.0007       | 0.2153        | <b>0.1873</b> | -0.0002        | -0.0004        | 0.4157  |
| PS                        | <0,0001       | -0.0002                             | -0.0005       | -0.0043       | 0.0061        | <b>-0.0075</b> | 0.000          | -0.0063 |
| P100G                     | 0.0078        | -0.0014                             | 0.0003        | -0.2470       | 0.0581        | 0.0008         | <b>-0.0014</b> | -0.1828 |
| FIV                       | 2.79          | 1.18                                | 1.39          | 2.39          | 1.70          | 1.02           | 1.87           |         |
| Número de condição: 10.64 |               | Coeficiente de determinação: 99.79% |               |               |               |                |                |         |

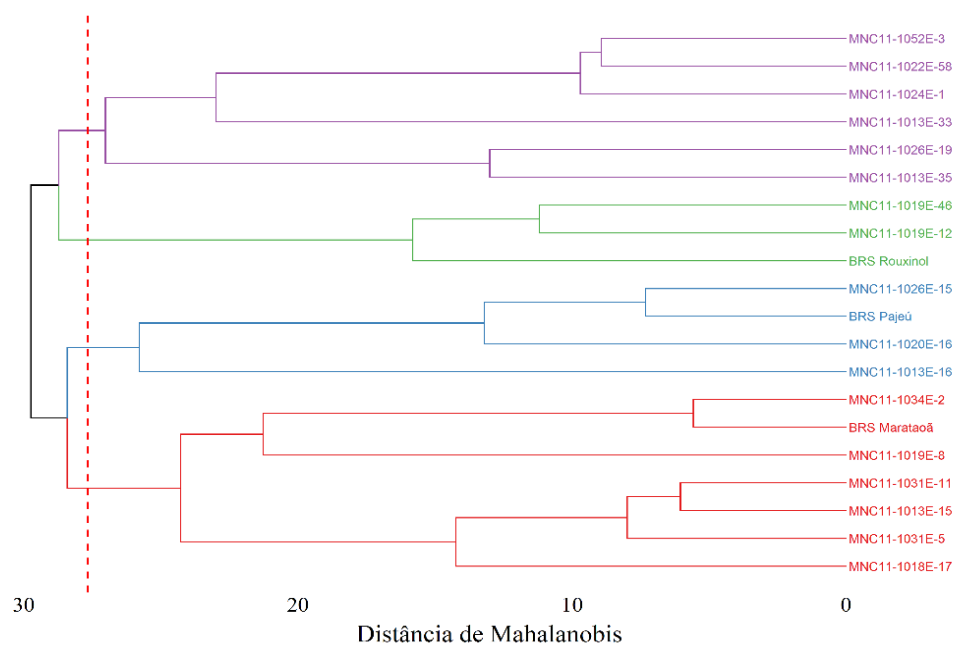
FIV – Fator de inflação da variância.

A análise de trilha demonstra que as características com maior efeito direto positivo na produtividade de vagem verde foram o número de vagem por planta (NVP) e peso úmido de vagem (PU) (Tabela 3). Os efeitos diretos negativos (LV, PS e P100G) foram insignificantes para a produtividade de vagem verde, uma vez que seus valores foram próximos de zero. Aliyu et al. (2022) encontraram que os caracteres com maiores efeitos diretos na análise de trilha

sobre a produtividade de grãos foram o número de vagens por planta e o peso das sementes. Portanto, a análise de trilha reforça a seleção de genótipos com maior número de vagens por planta e maior peso úmido de vagem para aumento da produtividade de vagem verde.

Com base na matriz de distâncias de Mahalanobis, a análise de agrupamento pelo método UPGMA (*Unweighted Pair Group Method With Arithmetic Mean*) dividiu os vinte genótipos avaliados em quatro grupos distintos, segundo o critério de Mojena (Figura 5). O primeiro grupo (A) é composto por seis genótipos, o segundo grupo (B) com três genótipos, o terceiro grupo (C) com quatro genótipos e o quarto grupo (D) com sete genótipos (Figura 5). As médias das características entre os grupos formados foram comparadas por meio do teste de Scott-Knott (Figura 6). As médias para as características de comprimento de vagem, largura de vagem, peso úmido de vagem, peso seco de vagem e teor de umidade de vagem foram iguais entre os grupos formados. Portanto, as características que discriminam os grupos formados são o número de grãos por vagem, número de vagens por planta, peso de 100 grãos verdes e produtividade de vagem verde (Figura 6).

**Figura 5.** Análise de agrupamento do conjunto de genótipos avaliados. O agrupamento foi feito pelo método UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) utilizando a matriz de distância de Mahalanobis entre os genótipos. Os genótipos foram divididos em quatro grupos, em que o ponto de corte foi 27.65 pelo critério de Mojena (1977).

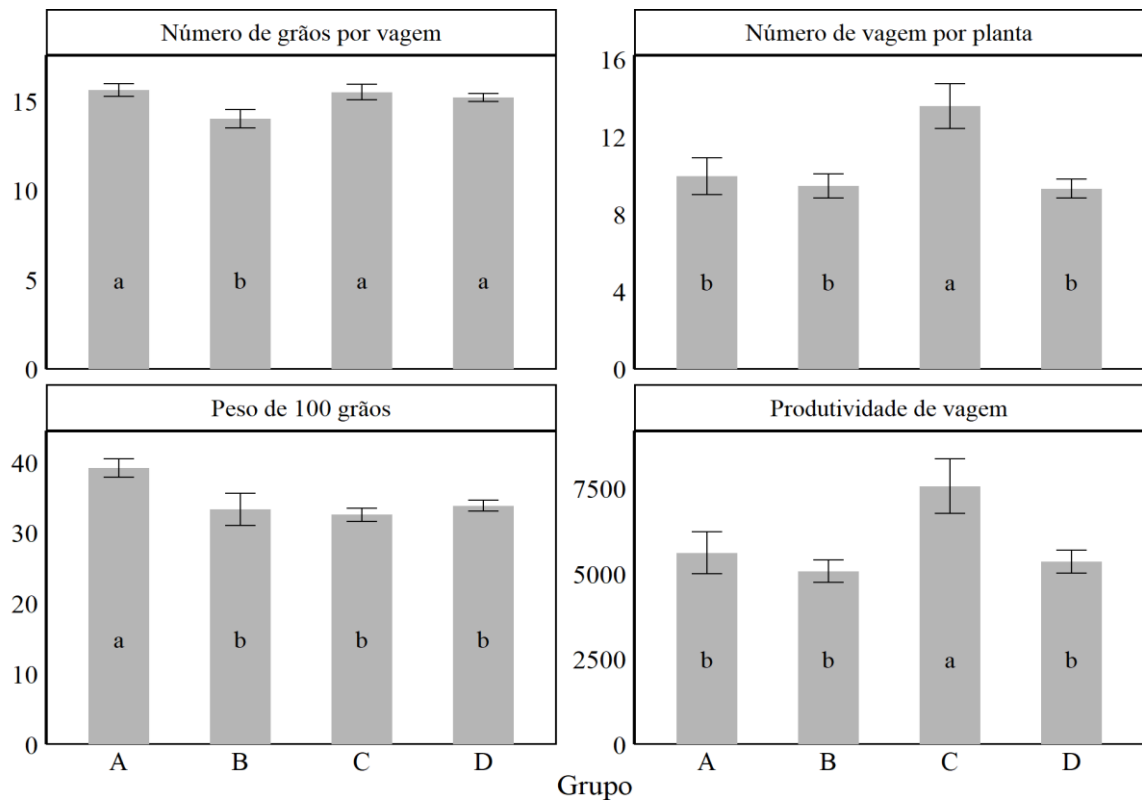


O grupo B que foi formado pelos genótipos MNC11-1019E-46, MNC11-1019E-12 e BRS Rouxinol apresentaram a menor média entre os grupos para número de grãos por vagem (Figura 6). Já os demais grupos apresentaram médias maiores e iguais entre si (Figura 6). O grupo A apresentou a maior média para a variável peso de 100 grãos verdes (Figura 6). Este grupo reuniu

os genótipos MNC11-1052E-3, MNC11-1022E-58, MNC11-1024E-1, MNC11-1013E-33, MNC11-1026E-19 e MNC11-1013E-35 (Figura 5).

Para a característica número de vagem por planta e produtividade de vagem verde, o grupo C apresentou a maior média em ambas as características. O resultado coincidente do teste de Scott-Knott entre os agrupamentos para NVP e PROD reflete a correlação forte e positiva encontrada entre essas duas características (Figura 4). O grupo C foi formado pelos genótipos BRS Pajeú, MNC11-1026E-15, MNC11-1020E-16 e MNC11-1013E-16 (Figura 5). Os últimos três genótipos apresentaram médias superiores para produtividade de vagem verde e número de vagem por planta (Figura 2).

**Figura 6.** Gráfico de colunas para as características que apresentaram diferença significativa entre as médias dos grupos formados.



\*Letras diferentes indica diferença entre as médias pelo teste de Scott-Knott (p-valor < 0.05).

Em geral, observou-se uma certa concordância no agrupamento dos genótipos em relação aos caracteres analisados. A análise de agrupamento possibilitou a identificação de materiais geneticamente contrastantes com potencial para futuros cruzamentos em programas de melhoramento, visando a obtenção de cultivares ainda mais produtivas e com outras características desejáveis.

#### **4 CONCLUSÕES**

Existe diversidade genética entre os genótipos avaliados, indicando variabilidade que pode ser explorada em programas de melhoramento.

Há potencial de seleção para produção de vagem verde na região do sul do Tocantins, com base nas características avaliadas.

A variável produtividade de vagem verde foi a que mais contribuiu para a variabilidade total observada no estudo, sendo um importante critério de seleção.

A produtividade de vagem verde sofre maior efeito direto do número de vagens por planta e do peso úmido de vagem, conforme demonstrado pela análise de correlação e trilha.

Os genótipos MNC11-1013E-16, MNC11-1019E-8, MNC11-1020E-16, MNC11-1026E-15 e MNC11-1026E-19 se destacaram como os mais produtivos, apresentando os maiores valores de produtividade de vagem verde.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, F. R. G. de et al. Parental selection and descriptor evaluation in the identification of superior cowpea genotypes. **Agronomia Colombiana**, 39: 313-321, 2021.
- ALIYU, O. M. et al. Variance components, correlation and path analyses in cowpea (*Vigna unguiculata* L., Walp). **Journal of Crop Science and Biotechnology**, 25: 173-182, 2022.
- ALMEIDA, R. T.; SILVA, J. F.; CARDOSO, L. G. Qualidade de grãos de feijão-caupi em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agricultura**, 41: 215-228, 2016.
- ARAÚJO, L. B. R. et al. Recommendation of cowpea genotypes based on adaptability, stability and grain darkening. **Revista Ciência Agronômica**, 56: 1-9, 2024.
- CERUTTI, P. H. et al. Fenotipagem do caráter distribuição radicular de populações segregantes no melhoramento genético de feijão. **Revista Delos: Desarrollo Local Sostenible**, 16: 2814–2829, 2023.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014. 668 p.
- FERREIRA, A. S. et al. Minimum optimal seeding rate for indeterminate soybean cultivars grown in the tropics. **Agronomy Journal**, 1: 2092–2102, 2020.
- IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo, SP: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.
- INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<https://mapas.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 21, Set, 2025.
- KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, 23: 187-200, 1958.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares - RNC**. Disponível em: <[https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php)>. Acesso em: 21, Set, 2025.
- MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, London, 20: 359-363, 1977.
- MONTGOMERY, D.; PECK, E. **Introduction to linear regression analysis**. 5. ed. New York: John Wiley e Sons, 2012. 679 p.
- OLIVEIRA, M. E.; CASTRO, S. A.; LIMA, V. O. Comparação de genótipos de feijão-caupi em sistemas de produção distintos. **Revista Agroecologia**, 10: 78-90, 2019.
- PEARSON, E. S.; HARTLEY, H. O. **Biometrika tables for statisticians**. 3. ed. Cambridge: Biometrika Trust, 1956. 238 p.
- PESSOA, A. M. dos S. et al. Genetic parameters and selection indices of cowpea genotypes for green grain production. **Revista Caatinga**, 36: 310-319, 2023.
- PÚBLIO JÚNIOR, E. et al. Características agronômicas de genótipos de feijão-caupi cultivados no sudoeste da Bahia. **Científica**, 45: 223–230, 2017.

- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. 2025. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 21, Set, 2025.
- REGAZZI, A. J.; CRUZ, C. D. **Análise multivariada aplicada**. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2020. 401 p.
- SANTANA, S. R. A. et al. Genetic divergence among cowpea genotypes by morphoagronomic traits. **Revista Caatinga**, 32: 841-850, 2019.
- SCOTT, A. J., KNOTT, M. A Cluster Analysis Method for Grouping Means in the Analysis of Variance. **Biometrics**, 30: 507-512, 1974.
- SILVA, D. T. S.; BRANDÃO, A. C. A. S.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Avaliação do potencial tecnológico do feijão-caupi no desenvolvimento de produtos alimentícios: uma revisão integrativa. **Aracê**, 7: 2849–2858, 2025.
- SILVA, M. B. O. et al. Desempenho agronômico de genótipos de feijão-caupi. **Revista de Ciências Agrárias**, 41: 201-210, 2018.
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. The comparison of dendograms by objective methods. **Taxon**, 11: 30-40, 1962.
- SOUZA, K. N. de et al. Avaliação de genótipos de feijão-caupi para a produção de grãos verdes em Mossoró-RN. **Colloquium Agrariae**, 15: 9-14, 2019.
- SOUZA, P. J. O. P. et al. Trocas Gasosas do Feijao-Caupi Cultivado no Nordeste Paraense em Resposta à Deficiência Hídrica Forçada Durante a Fase Reprodutiva. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 35: 13-22, 2020.
- TORRES FILHO, J. et al. Genotype by environment interaction in green cowpea analyzed via mixed models. **Revista Caatinga**, 30: 687-697, 2017.

## APÊNDICES

### - Semeadura, manejo, irrigação e controle de pragas

UFT Campus Gurupi-TO





# IFTO Campus Dianópolis-TO



**- Análises realizadas nos experimentos:**  
UFT Campus Gurupi e IFTO Dianópolis



- Comparativo de alguns Genótipos utilizados na pesquisa:

