



**Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO, QUALIDADE  
TECNOLÓGICA E PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS  
DE LINHAGENS E CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI**

**LILIANE SANTANA DA SILVA**

**2020**

**LILIANE SANTANA DA SILVA**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO, QUALIDADE TECNOLÓGICA E PROPRIEDADES FÍSICAS DE  
GRÃOS DE LINHAGENS E CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de “Mestre em Ciência”.

**Orientador**  
**Prof. Dr. Abner José de Carvalho**

**JANAÚBA**  
**2020**

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

Silva, Liliâne Santana da

S586d Desempenho agrônômico, qualidade tecnológica e propriedades físicas de grãos de linhagens e cultivares de feijão-caupi [manuscrito] / Liliâne Santana da Silva – 2020.  
103 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2020.  
Orientador: Prof. D. Sc. Abner José de Carvalho.

1. Feijão-caupi. 2. Grãos. 3. Interação genótipo-ambiente.  
I. Carvalho, Abner José de. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 635.652

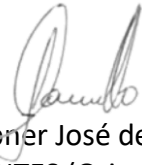
Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445

LILIANE SANTANA DA SILVA

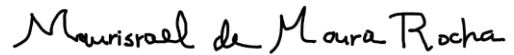
**DESEMPENHO AGRÔNOMICO, QUALIDADE TECNOLÓGICA E PROPRIEDADES FÍSICAS DE  
GRÃOS DE LINHAGENS E CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de “Mestre em Ciência”.

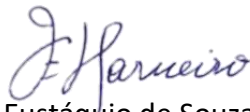
**APROVADA em 29 de maio de 2020.**




Prof. Dr. Abner José de Carvalho  
UNIMONTES (Orientador)



Pesq. Dr. Maurisrael de Moura Rocha  
EMBRAPA Meio-Norte  
(Coorientador)



Prof. Dr. José Eustáquio de Souza Carneiro  
UFV (Conselheiro)



Prof. Dr. Wagner da Cunha Siqueira  
IFNMG (Conselheiro)

**JANAÚBA  
2020**



**GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS**  
**Universidade Estadual de Montes Claros**  
**Docentes do Departamento de Ciências Agrárias**

**Anexo nº 1/UNIMONTES/CCET/DCA/PROF/2020**

**PROCESSO Nº 2310.01.0012627/2020-97**

**LILIANE SANTANA DA SILVA**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO, QUALIDADE TECNOLÓGICA E PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE LINHAGENS E CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 29 de maio de 2020.

Eu, Abner José de Carvalho, subscrito abaixo, orientador da Srita. Liliane Santana da Silva, declaro que este trabalho de conclusão foi aprovado na data acima indicada, pela Comissão Julgadora abaixo nomeada. Declaro também que as assinaturas digitalizadas na folha de aprovação são autênticas, conforme a Lei 13726, de 8 de outubro de 2018.

Prof. Dr. Abner José de Carvalho  
Unimontes (Orientador)

Pesq. Dr. Maurisrael de Moura Rocha  
EMBRAPA Meio-Norte (Coorientador)

Prof. Dr. José Eustáquio de Souza Carneiro  
Universidade Federal de Viçosa (Conselheiro)

Prof. Dr. Wagner da Cunha Siqueira  
IFNMG (Conselheiro)

Janaúba  
2020

---

Documento assinado eletronicamente por **Abner Jose de Carvalho, Professor(a)**, em 18/08/2020, às 20:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.mg.gov.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **18362810** e o código CRC **F63ED379**.

A Deus, tão misericordioso, que me concedeu o dom da vida. À minha mãe Geiza e aos meus irmãos Huberth e Ronaldo, pelo exemplo de honestidade e comprometimento. À minha cunhada Carla, pela amizade e cumplicidade. Aos meus amigos Tamara, Mariana, Iara e Sérgio, pelo total apoio e incentivo. À minha prima Sílvia, pelo amor incondicional que me motiva todos os dias a ser uma pessoa melhor. Ao meu primo Wagner, por tornar essa existência mais leve e singular. Às minhas sobrinhas Ana, Micaelle, Helena e Emanuelle, meu mundo está melhor e mais bonito desde que vocês chegaram. À Skarlet, por tanto apoio e carinho durante o desenvolvimento desta dissertação. À Ciene, por tanta solidariedade e afeto, com boas risadas durante essa fase tão importante da minha vida. Ao meu amor Leonei, pelo nosso recomeço e, assim, tornou-se minha total inspiração na conclusão deste trabalho.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela misericórdia, me dando coragem e sabedoria na conclusão deste trabalho tão significativo em minha vida.

À Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES, pela minha formação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido – PPGPVSA, pela oportunidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão de bolsa de estudos.

Aos professores da pós-graduação, pelos ensinamentos e conhecimentos transmitidos.

Ao meu orientador, Professor Dr. Abner José de Carvalho, pelos ensinamentos, amizade e oportunidades, tão necessários para minha formação acadêmica. Serei eternamente grata pela confiança e generosidade.

Ao professor Dr. Claubert Wagner Guimarães de Menezes, pela disposição em participar da minha banca de qualificação e pela troca de conhecimentos.

Aos membros da banca: professor Dr. José Eustáquio de Souza Carneiro, pelo acolhimento, disposição e tanta empatia. Ao professor Dr. Wagner da Cunha Siqueira, por todo conhecimento transmitido. Ao pesquisador Maurisrael de Moura Rocha, é uma honra tê-lo em minha banca.

Ao professor Dr. Ignácio Aspiazú, pelos ensinamentos e amizade.

Aos funcionários da fazenda da Unimontes, Arnaldo, José Antônio, Romilson, Josénon, Nelson, João Paulo e Valmir, que se tornaram meus verdadeiros amigos, gratidão pela ajuda e pelos momentos de grandes risadas que deixaram mais leve toda a condução do experimento na etapa de plantio.

Aos amigos do grupo de estudos GCPD, em especial, Edmilson, Zé Almir, Simônica, João Vitor, Janaína, Deyvisson e Marcos, pela disposição e amizade.

A todos que estiveram comigo nesta fase tão importante e me ajudaram nesta grande conquista. Gratidão!



## SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	viii
GENERAL ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
CAPÍTULO I.....	15
DESEMPENHO AGRONÔMICO DE LINHAGENS-ELITE DE FEIJÃO-CAUPI NO NORTE DE MINAS GERAIS. CICLO DE AVALIAÇÃO 2016 A 2018.....	15
RESUMO.....	1616
ABSTRACT.....	18
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
2.1 Localização e instalação do experimento.....	21
2.2 Características avaliadas.....	25
2.3 Análises estatísticas.....	27
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
3.1 Ensaio de VCU de variedades da subclasse "cores".....	28
3.2 Ensaio de VCU de variedades da subclasse "fradinho".....	35
CONCLUSÕES.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4545
CAPÍTULO II.....	48
QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE GENÓTIPOS SELECIONADOS DE FEIJÃO-CAUPI.....	48
RESUMO.....	49
ABSTRACT.....	51
1. INTRODUÇÃO.....	52
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	54
2.1 Localização e instalação do experimento.....	54
2.2 Características avaliadas.....	56
2.3 Análises estatísticas.....	57
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
CONCLUSÕES.....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
CAPÍTULO III.....	76
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE GRÃOS DE GENÓTIPOS SELECIONADOS DE FEIJÃO-CAUPI.....	76
RESUMO.....	77
ABSTRACT.....	79
1. INTRODUÇÃO.....	80
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	82
2.1 Localização e instalação do experimento.....	82
2.2 Características avaliadas.....	83
2.2.1 <i>Forma e Tamanho</i> .....	84
2.2.1.1 <u>Esfericidade</u> .....	84
2.2.1.2 <u>Circularidade</u> .....	85
2.2.1.3 <u>Área projetada</u> .....	85
2.2.2 <i>Umidade</i> .....	85
2.2.3 <i>O peso hectolitro (PH)</i> .....	86
2.2.4 <i>O ângulo de talude ou ângulo de repouso</i> .....	87

2.2.5 Massa de mil sementes.....	88
2.2.6 Porosidade.....	88
2.3 Análises estatísticas.....	89
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	90
CONCLUSÕES.....	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
CONCLUSÕES GERAIS.....	103

## RESUMO GERAL

Silva, Liliane Santana. **Desempenho agronômico, qualidade tecnológica e propriedades físicas de grãos de linhagens e cultivares de feijão-caupi 2020**. 103p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba - MG<sup>1</sup>.

Objetivou-se avaliar o desempenho agronômico, a qualidade tecnológica e as propriedades físicas dos grãos de genótipos de feijão-caupi. O ensaio de campo foi conduzido na Fazenda Experimental da Unimontes, em Janaúba, MG. As avaliações da qualidade tecnológica e das propriedades físicas dos grãos incluíram 28 genótipos, envolvendo 17 linhagens-elite e 11 cultivares. Parte das avaliações referentes à qualidade tecnológica foi realizada no Laboratório de Fitotecnia da Unimontes, Campus de Janaúba, e parte no Laboratório de Pesquisa em Feijão da UFV, em Viçosa, MG. As propriedades físicas dos grãos foram avaliadas no Laboratório de Armazenamento e Beneficiamento de grãos e sementes do IFNMG, em Janaúba, MG. No ensaio de campo, foram avaliados o início da floração, o índice de área foliar, o acamamento de plantas, o valor de cultivo, a massa de 100 grãos, o índice de grãos, o comprimento de vagens e a produtividade de grãos. Em relação à qualidade tecnológica, foram avaliados a massa de 100 grãos, a capacidade de hidratação, a porcentagem de grãos duros e o tempo de cocção. Em relação às propriedades físicas dos grãos, avaliaram-se a forma (esfericidade e circularidade), tamanho (área projetada), umidade, peso hectolitro, ângulo de repouso, massa de mil grãos e porosidade da massa. A produtividade de grãos variou de 312 a 3102 kg ha<sup>-1</sup>, com destaque para as linhagens Pingo-de-ouro 1-5-8 (Classe comercial “cores”) e MNCO06-901-14 (Subclasse comercial “fradinho”), que se mantiveram entre as mais produtivas em todas as safras avaliadas. As cultivares BRS Tumucumaque e BRS Itaim também apresentaram altas produtividades, além de baixo acamamento, bom valor de cultivo, massa de 100 grãos e índice de grãos. As cultivares BRS Imponente, BRS Novaera, BRS Tumucumaque e BRS Cauamé apresentaram as menores porcentagens de grãos duros, menor tempo de cocção e menor tempo para hidratação dos grãos. As linhagens e cultivares estudadas apresentam esfericidade de 68,00 a 79,23% e circularidade de 65,00 a 78,44%. A BRS Imponente obteve a maior área projetada (84,21 mm<sup>2</sup>), seguida da cultivar BRS Novaera (59,68 mm<sup>2</sup>). A umidade variou de 5 a 16%. As linhagens MNC11-1031E-5, MNC11-1013E-15 e MNC11-1052E-3 e as cultivares BRS Tumucumaque, BRS Imponente e BRS Xiquexique obtiveram os maiores valores para peso hectolitro. A linhagem MNC11-1018E-17 apresentou o maior ângulo de repouso (57,48°). A massa de mil grãos variou de 189,37 a 276,87g e a porosidade da massa variou de 56,67 a 73,33%.

**Palavras-chave:** Caracterização física, cocção, produtividade, *Vigna unguiculata* L.

<sup>1</sup> **Comitê orientador:** Prof. Dr. Abner José de Carvalho – UNIMONTES (Orientador), Pesq. Dr. Maurisrael de Moura Rocha – EMBRAPA Meio-Norte (Coorientador).

## GENERAL ABSTRACT

SILVA, Liliane Santana. **Agronomic performance, technological quality and physical properties of grains of cowpea lines and cultivars.** 2020. 103p. Dissertation (Master's degree in. in Plant Production in the Semiarid) - State University of Montes Claros, Janaúba–MG<sup>2</sup>.

The objective was to evaluate agronomic performance, technological quality and physical properties of grains of cowpea genotypes. The field trial was conducted at the Unimontes Experimental Farm, in Janaúba, MG. The assessments of technological quality and physical properties of the grains included 28 genotypes, involving 17 elite lines and 11 cultivars. Part of the assessments related to technological quality was carried out at the Unimontes Phytotechnics Laboratory, Janaúba Campus, and part at the UFV Bean Research Laboratory, in Viçosa, MG. The physical properties of the grains were evaluated at the IFNMG Grain and Seed Storage and Processing Laboratory, in Januária, MG. In the field trial, the beginning of flowering, leaf area index, plant lodging, cultivation value, mass of 100 grains, grain index, pod length and grain yield were evaluated. Regarding technological quality, the mass of 100 grains, the hydration capacity, the percentage of hard grains and the cooking time were evaluated. Regarding the physical properties of the grains, the shape (sphericity and circularity), size (projected area), humidity, hectolitre weight, angle of rest, mass of a thousand grains and porosity of the mass were evaluated. Grain productivity ranged from 312 to 3102 kg ha<sup>-1</sup>, with emphasis on the lines Pingo-de-ouro 1-5-8 (commercial class colors) and MNCO06-901-14 ('fradinho' commercial subclass), which remained between the most productive in all evaluated harvests. The cultivars BRS Tumucumaque and BRS Itaim also showed high yields, in addition to low lodging, good cultivation value, mass of 100 grains and grain index. The cultivars BRS Imponente, BRS Novaera, BRS Tumucumaque and BRS Cauamé presented the lowest percentages of hard grains, the shortest cooking time and the shortest time for hydration of the grains. The strains and cultivars studied show sphericity from 68,00 to 79.23% and circularity from 65,00 to 78.44%. BRS Imponente had the largest projected area (84.21 mm<sup>2</sup>), followed by cultivar BRS Novaera (59.68 mm<sup>2</sup>). The humidity varied from 5 to 16%. The strains MNC11-1031E-5, MNC11-1013E-15 and MNC11-1052E-3 and the cultivars BRS Tumucumaque, BRS Imponente and BRS Xiquexique obtained the highest values for hectoliter weight. The strain MNC11-1018E-17 showed the highest resting angle (57.48°). The mass of a thousand grains varied from 189.37 to 276.87g and the porosity of the mass varied from 56.67 to 73.33%.

**Keywords:** cooking, physical characterization, yield, *Vigna unguiculata* L.

<sup>2</sup> **Guidance committee:** Prof. Dr. Abner José de Carvalho – UNIMONTES (Advisor), Pesq. Dr. Maurisrael de Moura

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Devido à ampla adaptabilidade do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) às condições edafoclimáticas e ao baixo custo de produção, e em decorrência de pesquisas de melhoramento genético aplicado a cultura nos últimos 30 anos, foi possível a obtenção de cultivares com arquitetura moderna, adaptadas à colheita mecanizada e com altos rendimentos de produção. Essa obtenção de novas cultivares que substituam com vantagem as já existentes é um desafio crescente para os melhoristas. Isso porque além de estabilidade associada à alta produtividade de grãos, as exigências são cada vez maiores em relação aos grãos com tamanho, cor e formato dentro dos padrões comerciais, bem como boas propriedades culinárias (SILVA et al. 2017).

Para atender os requisitos mínimos na inscrição no registro nacional de cultivares – RNC, ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) são realizados e devem ser conduzidos, no mínimo, em três locais de importância para a cultura por época de semeadura, por estado. A inscrição no RNC será por época de semeadura e os ensaios devem ser realizados por um período mínimo de dois anos (MAPA, 2006).

Características relacionadas à qualidade tecnológica dos grãos é fundamental, isso porque o feijão, geralmente, é comercializado “*in natura*” e, dessa forma, não passa por nenhum processamento que agrega valor ao produto. Além disso, esse conhecimento pode dar subsídio para a seleção de genótipos que apresentem menor tempo de cocção e alta capacidade de hidratação (BEZERRA, 2019). No mais, a qualidade tecnológica nos grãos deve ser preservada, garantindo, assim, a aceitabilidade pelo consumidor.

Em adição, em busca por aceitação e preferência pelos consumidores, os produtores devem considerar os aspectos físicos dos grãos; além de ter por finalidade fornecer informações que auxiliarão na ampliação de dados disponíveis a engenheiros e projetistas para a melhoria de

equipamentos e estruturas voltados a operações de colheita, pós-colheita, classificação, transporte, beneficiamento, armazenamento e otimização em processos industriais (ARAÚJO, 2014).

Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo e caracterizar a qualidade tecnológica e as propriedades físicas de grãos de linhagens e cultivares de feijão-caupi.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTI, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 3, p. 279-286, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n3/v18n03a06.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2020.

BEZERRA, J. M.; VIEIRA, M. M. S.; SANTOS, A. F., FARIAS, E. T. R.; LOPES, M. F.; dos SOUZA, A. S. Composição química de oito cultivares de feijão-caupi. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 14, n. 1, p. 41-47, 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/332715758\\_Composicao\\_quimica\\_de\\_oito\\_cultivares\\_de\\_feijao-caupi](https://www.researchgate.net/publication/332715758_Composicao_quimica_de_oito_cultivares_de_feijao-caupi). Acesso em: 21 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 25, de 23 de maio de 2006**. Diário Oficial da União: seção 1. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2012/10/Instru%C3%A7%C3%A3o-Normativa-n%C2%B0-25-de-23-de-maio-de-2006-Crit%C3%A9rios-para-VCU-de-Feij%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 13 maio 2020.

SILVA, D. O. M. D.; SANTOS, C. A. F.; SEIDO, S. L.; COELHO, W. C. P.; AQUINO, D. A. L. D. Retenção de proteínas e minerais após a cocção em genótipos de feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 3, p. 353-359, jul./set. 2017. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/47261>. Acesso em: 8 ago. 2020.

## **CAPÍTULO I**

### **DESEMPENHO AGRONÔMICO DE LINHAGENS DE FEIJÃO-CAUPI NO NORTE DE MINAS GERAIS NO PERÍODO DE 2016 A 2018.**



## RESUMO

Silva, Liliâne Santana. **Desempenho agrônômico de linhagens de feijão-caupi no Norte de Minas Gerais no período de 2016 a 2018**. 2020. Cap 1. 15-45. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba - MG<sup>3</sup>.

Objetivou-se avaliar o desempenho agrônômico de linhagens de feijão-caupi componentes dos Ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU), nas condições de cultivo do Norte de Minas Gerais. Foram avaliados genótipos de feijão-caupi, da classe comercial “cores” e da subclasse comercial “fradinho”, nas safras de verão-outono e de outono-inverno de 2016, 2017 e 2018. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. As características avaliadas foram o início da floração, o índice de área foliar, o acamamento das plantas, o valor de cultivo, a massa de 100 grãos, o índice de grãos, o comprimento de vagens e produtividade de grãos. Os dados foram submetidos a análises de variância individuais e conjuntas, envolvendo as safras estudadas, e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ). No ensaio de genótipos da classe “cores”, destacaram-se a linhagem Pingo-de-ouro 1-5-8, que se manteve entre os genótipos mais produtivos em todas as safras estudadas, e a cultivar BRS Tumucumaque, que obteve produtividade de até  $2272 \text{ kg ha}^{-1}$ , baixo acamamento, bom valor de cultivo, massa de 100 grãos e comprimento de vagens satisfatórias. No ensaio de VCU da subclasse “fradinho”, destacaram-se a linhagem MNCO06-901-14, que foi a única que se manteve entre os genótipos mais produtivos em todas as safras avaliadas, e a cultivar BRS Itaim, que obteve produtividade de  $1689 \text{ kg ha}^{-1}$ , baixo acamamento, massa de 100 grãos e índice de grãos satisfatórios.

**Palavras-chave:** Produtividade, Valor de cultivo e uso, *Vigna unguiculata* L.

<sup>3</sup> **Comitê orientador:** Prof. Dr. Abner José de Carvalho – UNIMONTES (Orientador), Pesq. Dr. Maurisrael de Moura Rocha – EMBRAPA Meio-norte (Co-orientador).

## **CHAPTER I**

### **AGRONOMIC PERFORMANCE OF COWPEA-BEAN IN NORTH OF MINAS GERAIS IN THE PERIOD 2016 TO 2018.**

## ABSTRACT

SILVA, Liliane Santana. **Agronomic performance of cowpea-bean in north of Minas Gerais in the period 2016 to 2018.** 2020. 15-45. Dissertation (Master's degree in. in Plant Production in the Semiarid) - State University of Montes Claros, Janaúba–MG<sup>4</sup>.

The objective was to evaluate the agronomic performance of cowpea lines that are part of the Cultivation and Use Value Tests (VCU), under the conditions of cultivation in the North of Minas Gerais. Cowpea genotypes, of the commercial class “colors” and of the commercial subclass “fradinho”, were evaluated in the summer-autumn and autumn-winter seasons of 2016, 2017 and 2018. The experimental design was in randomized blocks, with four replications. The evaluated characteristics were the beginning of flowering, leaf area index, plant lodging, cultivation value, 100 grain mass, grain index, pod length and grain yield. The data were submitted to individual and joint analyzes of variance, involving the studied crops, and the averages were grouped by the Scott-Knott test ( $P < 0.05$ ). In the genotype test of the colors class, the Pingo-de-ouro strain 1-5-8 stood out, which remained among the most productive genotypes in all studied harvests, and the cultivar BRS Tumucumaque, which obtained productivity up to  $2272 \text{ kg ha}^{-1}$ , low lodging, good cultivation value, mass of 100 grains and satisfactory pod length. In the VCU assay of the fradinho subclass, the MNCO06-901-14 strain stood out, which was the only one that remained among the most productive genotypes in all the evaluated crops, and the cultivar BRS Itaim, which obtained productivity of  $1689 \text{ kg ha}^{-1}$ , low lodging and satisfactory weight of 100 grains and grain index.

**Keywords:** Cultivation and use value, yield, *Vigna unguiculata* L.

<sup>4</sup> **Guidance committee:** Prof. Dr. Abner José de Carvalho – UNIMONTES (Advisor). Pesq. Dr. Maurisrael de Moura Rocha – EMBRAPA Meio-norte (Co-advisor).

## 1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], pertencente à família fabaceae, é cultivado nas regiões tropicais e subtropicais, sendo uma das leguminosas mais cultivadas no mundo, bem adaptada à pouca disponibilidade hídrica e nutricional, com boa rusticidade e resistência a fatores abióticos como alta temperatura, baixa precipitação e semiaridez. Possui elevado teor de proteína nos grãos, com grande importância nutricional e socioeconômica em países em desenvolvimento, especialmente no continente africano. Os principais países produtores, em 2016, foram a Nigéria e o Níger, com produções de aproximadamente 3,02 e 1,98 milhões de toneladas, respectivamente (FAOSTAT, 2016). Apesar de não constar nas estatísticas da FAO, o Brasil é o terceiro produtor mundial de feijão-caupi (FREIRE FILHO et al., 2017).

No Brasil, tradicionalmente, é cultivado nas regiões Norte e Nordeste do país e em pequenas propriedades. Com a exportação, que começou no ano de 2007, para países como Canadá, Portugal, Israel, Turquia e Índia, a comercialização se ampliou e, desde então, o cultivo em larga escala já ocorre em algumas localidades das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, com a utilização de alto nível tecnológico e produção destinada para atender o mercado interno e externo (PÚBLIO JÚNIOR et al., 2017). Atualmente, a produção anual de feijão-caupi no Brasil é de cerca de 607 mil toneladas e os estados com maior produção são: Mato Grosso, com uma produção na safra de 2019/2020 de, aproximadamente, 137,7 mil toneladas, seguido dos estados do Ceará, Bahia, Piauí e Pernambuco. Minas Gerais é responsável pela produção de cerca de 9 mil toneladas anuais com uma área plantada equivalente a 16,4 mil hectares e uma produtividade de 553 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2020). Além de baixo nível tecnológico adotado no cultivo no estado de Minas Gerais, essa baixa produtividade do feijão-caupi se dá pela falta de conhecimento em relação à interação genótipo x ambiente para cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas da região.

O feijão-caupi apresenta alta variabilidade genética, com alta tolerância a fatores abióticos, como altas temperaturas e baixas pluviosidades, já demonstrado por diversos autores (VALERIANO et al., 2019, SILVA et al., 2018, CORREA et al., 2015, BARROS et al., 2013). Dessa forma, é possível, através dos programas de melhoramento genético, desenvolver cultivares de feijão-caupi que apresentem porte ereto, que sejam produtivas, com arquitetura moderna e que sejam adequadas ao cultivo mecanizado (SOUZA et al., 2017). Para isso, essas cultivares devem ser testadas para as condições específicas do local, com Ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU), exigidos pelo Serviço Nacional de Proteção de Cultivares – SNPC, visando a estudar a produtividade, a resistência a pragas e doenças, a qualidade, a precocidade e outras características.

Para o Norte de Minas Gerais, é tradicional cultivar feijão-caupi como alternativa à substituição do feijão-comum, isso porque essa cultura é bem adaptada às condições de clima da região, caracterizada como semiárido. Entretanto, somente existe a recomendação de uma cultivar de feijão-caupi para todo o Estado de Minas Gerais, a cultivar Poços de Caldas, indicada para a Zona da Mata do Estado. Além de bastante antiga, essa cultivar não chegou a ser amplamente utilizada e, atualmente, nem é mais encontrada nos campos de produção da cultura. Assim, os produtores regionais utilizam cultivares que não são recomendadas para o Estado, o que dificulta o acesso dos produtores a cultivares mais modernas e adaptadas às condições de cultivos regionais.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho selecionar, dentre as linhagens de feijão-caupi componentes dos Ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU), aquelas mais bem adaptadas às condições de cultivo do Norte de Minas Gerais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e instalação do experimento

Foram conduzidos dois ensaios de campo, envolvendo linhagens-elite selecionadas pelo programa de melhoramento de feijão-caupi coordenado pela Embrapa Meio-Norte (Teresina-PI), para compor os Ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) da classe comercial “cores” e da subclasse comercial “fradinho”.

Os ensaios foram instalados na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Montes Claros, localizada em Janaúba, MG. A área experimental possui coordenadas 15°47'50''S, 43°18'31''W e altitude de 516 m. O solo é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico, as principais características químicas na camada de 0-20 cm de profundidade são: pH em água: 5,2; P (mg. dm<sup>-3</sup>): 30,7; P-rem (mg. dm<sup>-3</sup>): 43,3; K (mg. dm<sup>-3</sup>): 189; Ca trocável (cmolc. dm<sup>-3</sup>): 2,3; Mg trocável (cmolc. dm<sup>-3</sup>): 0,9; Al trocável (cmolc. dm<sup>-3</sup>): 0; H + Al (cmolc. dm<sup>-3</sup>): 1,8; SB (cmolc. dm<sup>-3</sup>): 3,8; t (cmolc. dm<sup>-3</sup>): 3,8; T (cmolc. dm<sup>-3</sup>): 5,6; m (%):0; V (%): 68; matéria orgânica (dag. kg<sup>-1</sup>).

No ensaio da classe comercial “cores”, os tratamentos foram constituídos por 13 genótipos de feijão-caupi, envolvendo 12 linhagens-elite e a cultivar comercial BRS Tumucumaque, utilizada como testemunha. Já o ensaio da subclasse comercial “fradinho” constou de 11 linhagens-elite mais a cultivar BRS Itaim, utilizada como testemunha.

A procedência e a subclasse comercial dos genótipos de feijão-caupi avaliados estão descritas no Quadro 1.

**Quadro 1-** Genótipos de feijão-caupi, utilizados nos ensaios de VCU no período 2016 a 2018, e seus respectivos parentais/procedência e subclasse comercial.

Genótipos	Parentais/procedência	Subclasse comercial <sup>(1)</sup>
Pingo-de-ouro 1-5-11		SV
Bico-de-ouro 1-5-15	Seleção de plantas individuais com teste de progênie, a partir de plantas coletadas no estado do Mato Grosso	SV
Bico-de-ouro 1-5-19		SV
Bico-de-ouro 1-5-24		ML
Pingo-de-ouro 1-5-26		ML
Pingo-de-ouro 1-5-4		ML
Pingo-de-ouro 1-5-5		ML
Pingo-de-ouro 1-5-7	Seleção de plantas individuais com teste de progênie, a partir de plantas coletadas na região semiárida do Piauí.	ML
Pingo-de-ouro 1-5-8		ML
Pingo-de-ouro 1-5-10		ML
Bico-de-ouro 1-5-11		ML
Pingo-de-ouro 1-5-14		ML
MNC06-895-1	MNC0162F-5-1-1 x CB-27	FR
MNC06-895-2	MNC0162F-5-1-1 x CB-27	FR
MNCO06-901-14	CB-27 x MNC05-820B-173-2	FR
MNC06-907-29	MNC05-820B-173-2 x VB	FR
MNC06-907-30	MNC05-820B-173-2 x VB	FR
MNC06-907-35	MNC05-820B-173-2 x VB	FR
MNC06-908-39	VB x MNC05-832B-230	FR
MNC06-909-52	VB x MNC00-553D-8-1-2-3 x CB-27	FR
MNC06-909-54	VB x MNC00-553D-8-1-2-3 x CB-27	FR
MNC06-909-76	VB x MNC00-553D-8-1-2-3 x CB-27	FR
CB-27	CB-27	FR
BRS Tumucumaque	TE96-282-22G x IT87D-611-3	BR
BRS Itaim	MNC01-625E-10-1-2-5 x MNC99-544D-10-1-2-2	FR

BR-Branco; FR-Fradinho; ML-Mulato; SV-Sempre-verde

Em ambos os casos, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas experimentais foram compostas por quatro linhas de 4 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m entre si, totalizando uma área de 8 m<sup>2</sup>. A área útil de cada parcela foi constituída pelas duas fileiras centrais, totalizando 4 m<sup>2</sup>.

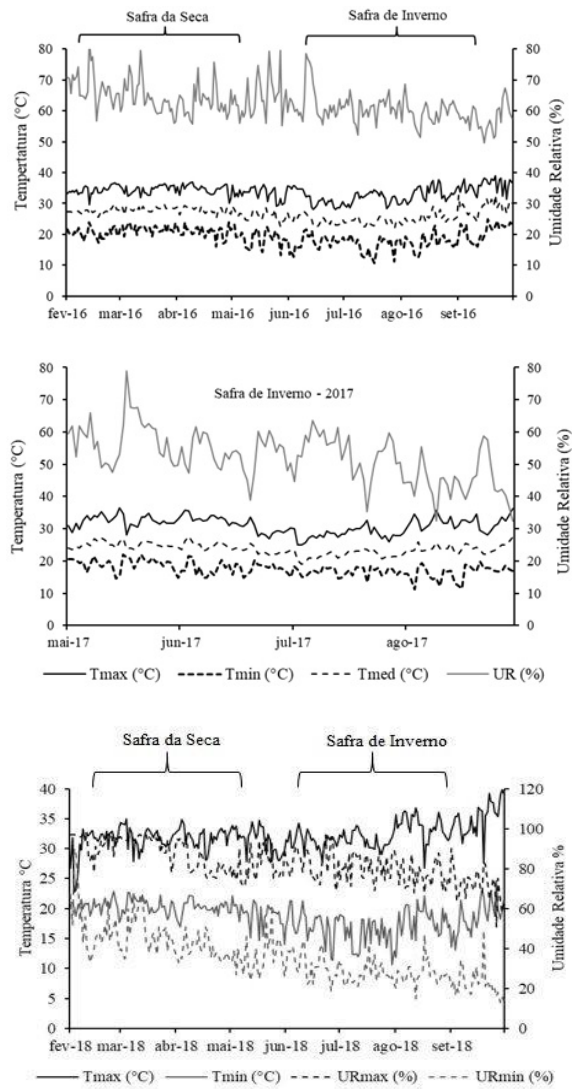
Os ensaios foram conduzidos nas safras de verão-outono (seca), de 2016 e 2018, e na safra de outono-inverno (inverno), de 2016, 2017 e 2018. O plantio da safra de verão-outono, também chamada de segunda safra, ocorreu em fevereiro de cada ano, enquanto o plantio da safra de outono-inverno, ou terceira safra, ocorreu em junho de cada ano.

O preparo do solo em pré-plantio foi realizado de maneira convencional, constando de uma aração e duas gradagens. A semeadura foi realizada com auxílio de semeadoras manuais, sendo depositadas, em média, 15 sementes por metro. A adubação foi feita de acordo com as recomendações adotadas para a cultura (MELO et al., 2005) e constou de 250 kg. ha<sup>-1</sup> da formulação NPK 4-30-10 no plantio e mais 20 kg. ha<sup>-1</sup> de N, usando como fonte nitrogenada a ureia. O experimento contou com irrigação por aspersão convencional durante todo o ciclo da cultura, tendo sido aplicada uma lâmina total de cerca de 350 mm em um turno de rega de três dias.

Os tratos culturais e o controle de pragas, com exceção do controle de doenças, foram realizados conforme a necessidade da cultura. A capina foi realizada de maneira manual, com a utilização de enxadas, no período de 20 a 30 dias após a emergência. A colheita foi realizada por ocasião da maturidade fisiológica das vagens, a partir do arranquio das plantas na área útil de cada parcela.

As ocorrências climáticas diárias de temperatura e umidade relativa durante as safras de verão-outono (seca), de 2016 e 2018, e de outono-inverno (inverno), de 2016, 2017 e 2018, estão apresentadas na Figura 1.





**FIGURA 1.** Médias diárias de temperaturas mínima, máxima e média ( $^{\circ}$  C) durante o período de condução nas safras de verão-outono (seca), de 2016 e 2018, e na safra de outono-inverno (inverno), de 2016, 2017 e 2018. (Fonte: INMET, 2018).

## 2.2 Características avaliadas

Foram avaliadas as características: início da floração (safras de outono-inverno, 2016 e 2017); índice de área foliar, acamamento, valor de cultivo (todas as safras de cultivo), massa de 100 grãos, índice de grãos (safras de verão-outono, 2016, e outono-inverno, 2016 e 2017), comprimento de vagens (safra de verão-outono, 2016) e a produtividade de grãos (todas as safras de cultivo).

O início da floração foi estimado pela contagem do número de dias transcorridos desde a emergência até que a parcela apresentasse pelo menos 50% das plantas contendo pelo menos uma flor aberta. O índice de área foliar foi estimado na fase de florescimento das plantas, utilizando o ceptômetro AccuPAR modelo LP-80, operado de acordo com as especificações do fabricante, entre as 10:00 e 14:00 h. Em cada parcela, foram realizadas três leituras, abaixo e acima do dossel das plantas centrais da área útil.

O acamamento foi avaliado na maturidade das vagens, considerando-se a porcentagem de plantas acamadas e aquelas com o ramo principal quebrado, de acordo com a Tabela 1. O valor de cultivo também foi avaliado por ocasião da maturidade das vagens, considerando-se o “carrego” de vagens, o aspecto fitossanitário e a qualidade dos grãos, conforme descrito na Tabela 1.

A massa de 100 grãos foi obtida pela média do resultado da pesagem de 3 amostras de 100 grãos, retirados aleatoriamente de cada parcela, em estado perfeito, sem quebras ou qualquer outro tipo de deformação física. O resultado foi corrigido para 13% de umidade.

**Tabela 1:** Escala para classificação de acamamento e valor de cultivo de plantas de feijão-caupi.

<b>Acamamento</b>	
<b>ESCALA</b>	<b>Características</b>
1	Nenhuma planta acamada ou com ramo principal quebrado
2	De 1 a 5% de plantas acamadas ou com o ramo principal quebrado
3	De 6 a 10% de plantas acamadas ou com o ramo principal quebrado
4	De 11 a 20% de plantas acamadas ou com o ramo principal quebrado
5	Acima de 20% de plantas acamadas ou com o ramo principal quebrado

<b>Valor de cultivo</b>	
<b>ESCALA</b>	<b>Características</b>
1	Linhagem / cultivar sem características adequadas ao cultivo comercial
2	Linhagem / cultivar com poucas características adequadas ao cultivo comercial
3	Linhagem / cultivar com a maioria das características adequadas ao cultivo Comercial
4	Linhagem / cultivar com todas as características adequadas ao cultivo comercial
5	Linhagem / cultivar com excelentes características para o cultivo comercial

Fonte: Adaptado de Embrapa Meio-Norte (2017)

O índice de grãos é a porcentagem correspondente à relação entre a massa dos grãos de 20 vagens e a massa total dessas vagens não debulhadas, obtido pela seguinte fórmula:

$$IG (\%) = (MG20V/M20V).100; \text{ em que,}$$

MG20V= massa dos grãos de 20 vagens,

M20V= massa das 20 vagens não debulhadas.

O comprimento médio das vagens foi avaliado medindo-se o comprimento de 20 vagens escolhidas ao acaso em cada parcela, por ocasião da colheita.

A produtividade de grãos de cada linhagem foi estimada pela produção total de grãos obtida pela área útil de cada parcela, determinando-se o teor de água dos grãos para corrigi-lo para o teor de 13% de umidade. O rendimento de grãos foi expresso em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

### **2.3 Análises estatísticas**

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância individuais e conjuntas, envolvendo todas as safras avaliadas. Os genótipos foram agrupados pelo teste de Scott-Knott, e os efeitos das safras foram comparados pelo teste F e Tukey, todos a 5% de significância. Para a realização das análises, foi utilizado o programa Sisvar (FERREIRA, 2014).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Ensaio de VCU de variedades da subclasse “cores”

A interação genótipo x safra foi significativa para as variáveis acamamento (ACAM) e produtividade de grãos (PROD). Houve efeito significativo dos genótipos para as variáveis início da floração, acamamento (ACAM), valor de cultivo (VC), índice de grãos (IG), comprimento médio de vagens (CMV) e produtividade (PROD). As safras de cultivo influenciaram, significativamente, as variáveis início da floração, acamamento (ACAM), valor de cultivo (VC), massa de 100 grãos (M100), índice de grãos (IG) e produtividade (PROD).

Em relação ao início da floração, os genótipos foram agrupados em dois grupos, sendo que as linhagens Pingo-de-ouro 1-5-7, Pingo-de-ouro 1-5-14, Pingo-de-ouro 1-5-11, Pingo-de-ouro 1-5-5, Pingo-de-ouro 1-5-4, Bico-de-ouro 1-5-24 e Bico-de-ouro 1-5-15 obtiveram o florescimento mais precoce, variando de 47 a 48 dias. Na comparação entre as safras de cultivo, verificou-se que o florescimento foi mais precoce na safra de inverno de 2017 em comparação com a safra de inverno de 2016, com 47 e 50 dias, respectivamente (Tabela 2).

Públio Júnior et al. (2017), estudando as características agronômicas de genótipos de feijão-caupi no sudoeste da Bahia, verificaram que os genótipos floresceram entre 59 e 67 dias após a semeadura. A utilização de cultivares mais precoces contribui com o menor tempo de ocupação de áreas, o maior aproveitamento das estações de cultivo em diferentes regiões, o escape de épocas de maior ataque de pragas e doenças. Além disso, pode contribuir para a redução de perdas na produtividade em decorrência de estresse hídrico nas regiões com baixo índice ou irregularidades nas distribuições pluviométricas (REZENDE JÚNIOR, 2016). Para a região Norte de Minas Gerais, essa é uma característica predominante.

**Tabela 2.** Dias para floração (DPF), valor de cultivo (VC), comprimento de vagens (CV), massa de 100 grãos (M100) e índice de grãos (IG) de genótipos de feijão-caupi da classe comercial “cores”, avaliados nas safras de 2016 a 2018, em Janaúba, MG.

Genótipos	IDF (dias)	VC	CV (cm)	M100 (g)	IG (%)
Pingo-de-ouro 1-5-7	47 A	2,40 B	17,61 C	21,04 A	78,61 A
Pingo-de-ouro 1-5-14	47 A	2,75 A	17,67 C	20,96 A	76,93 A
Pingo-de-ouro 1-5-11	48 A	2,90 A	19,21 C	20,72 A	75,46 B
Pingo-de-ouro 1-5-5	48 A	2,80 A	18,37 C	22,32 A	74,37 B
Pingo-de-ouro 1-5-4	48 A	2,93 A	18,01 C	21,53 A	77,94 A
Bico-de-ouro 1-5-24	48 A	2,78 A	18,40 C	20,53 A	75,44 B
Bico-de-ouro 1-5-15	48 A	2,65 B	17,40 C	19,87 A	77,71 A
Pingo-de-ouro 1-5-8	49 B	2,58 B	18,36 C	20,09 A	77,68 A
Bico-de-ouro 1-5-19	49 B	3,00 A	17,24 C	19,97 A	76,52 A
Pingo-de-ouro 1-5-10	49 B	2,95 A	18,30 C	20,86 A	76,81 A
Bico-de-ouro 1-5-11	49 B	2,58 B	18,38 C	20,38 A	75,89 B
BRS Tumucumaque	49 B	3,00 A	21,95 A	20,10 A	72,96 B
Pingo-de-ouro 1-5-26	50 B	2,38 B	19,82 B	20,58 A	77,06 B
Safras	IDF (dias)	VC	CV (cm)	M100 (g)	IG (%)
Verão-outono – 2018	-	3,10 A	-	-	-
Outono-inverno – 2017	47 A	2,90 A	-	19,05 B	77,58 A
Outono-inverno – 2016	50 B	2,71 B	18,36	21,52 A	75,29 B
Outono-inverno – 2018	-	2,62 B	-	-	-
Verão -outono – 2016	-	2,39 C	-	21,50 A	76,37 AB
CV (%)	3,50	12,78	5,82	8,98	4,84

Grupos de médias abrangidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Não houve diferença significativa para o índice de área foliar (IAF) entre os genótipos avaliados, apresentando valores entre 2,43 e 3,38 (Tabela 2). Bastos et al. (2002) encontraram valores variando de 2,8 a 4,3 para a cultura do feijão-caupi. IAF acima de 3,0 indica bom

desenvolvimento do dossel da cultura, possibilitando maior interceptação de luz solar, resultando em maior taxa fotossintética líquida (SUMMERFIELD, 1985). Valores baixos podem indicar diminuição da área foliar disponível à transpiração, como uma estratégia de sobrevivência da planta sob condições adversas (CORREIA e NOGUEIRA, 2004). Por outro lado, segundo Freire Filho et al. (2005), valores elevados de IAF podem estar relacionados ao intenso desenvolvimento vegetativo, implicando em menor disponibilidade de luz para a planta em virtude do sombreamento das folhas superiores sobre as folhas inferiores do dossel, o que reduz a eficiência fotossintética e o rendimento de grãos. Assim, pode-se afirmar que os valores de IAF obtidos no presente estudo sugerem boa adaptação dos genótipos avaliados às condições edafoclimáticas da região, proporcionando bom desenvolvimento do dossel, capaz de produzir fotoassimilados suficientes para sustentar boa produtividade da cultura.

Os genótipos Bico-de-ouro 1-5-19, Pingo-de-ouro 1-5-10, Pingo-de-ouro 1-5-4, Pingo-de-ouro 1-5-11, Pingo-de-ouro 1-5-5, Bico-de-ouro 1-5-24 e Pingo-de-ouro 1-5-14 e a BRS Tumucumaque apresentaram as maiores notas para valor de cultivo, variando entre 2,75 e 3,0 (Tabela 2). O valor de cultivo se baseia nas avaliações do aspecto geral da planta, como: características de carregamento das vagens, qualidade do grão, e no aspecto fitossanitário (SILVA e NEVES, 2011). Sendo considerados aceitáveis os genótipos com notas iguais ou maiores que 3,0, pois são valores apresentados pelas cultivares adaptadas ao cultivo comercial. Silva et al. (2018) encontraram valores de cultivos de 2,63 a 3,44 para genótipos de feijão-caupi da classe “cores” na região Norte de Minas Gerais.

O valor de cultivo também foi influenciado pelas safras, que foram divididas em 3 grupos, em que, nas safras de verão-outono, de 2018, e de outono-inverno, de 2017, os genótipos apresentaram notas de valor de cultivo semelhantes ao que é estabelecido como ideal para cultura do feijão-caupi. Nas safras de outono-inverno, 2016 e 2018, os genótipos obtiveram notas entre 2,62 e 2,71. As menores notas para valor de cultivo foram obtidas na safra de verão-outono

de 2016 (Tabela 2). Esse resultado pode estar relacionado com as diferenças climáticas entre as safras de cultivo, sendo a safra de verão-outono caracterizada por um período de maior precipitação pluviométrica, acompanhada por altas temperaturas e alta umidade relativa (Figura 1), o que pode ocasionar abortamento de flores e, conseqüentemente, perdas no carregamento das vagens, bem como na qualidade dos grãos.

Em relação à massa de 100 grãos, os genótipos não diferiram entre si estatisticamente, e os valores variaram de 19,87 a 22,32 g. Dessa forma, apresentaram massa de 100 grãos superior a 18g, o que, de acordo com Freire Filho et al. (2001), é o valor considerado como padrão comercial para cultivares de grãos da subclasse “cores”. Cardoso et al. (2013) verificaram, em área do cerrado do leste maranhense em cultivares comerciais de feijão-caupi, massa de 100 grãos de 21,8g. Valeriano et al. (2019), estudando o desempenho agrônômico na região de Uberaba, verificaram massa de 100 grãos de 19,33 para grãos de feijão-caupi da classe “cores”.

Estudando o efeito das safras, foram observados menores valores da massa de 100 grãos na safra de outono-inverno de 2017 do que nas safras de verão-outono de 2016 e de outono-inverno de 2016 (Tabela 2). Temperaturas ligeiramente mais baixas verificadas nessa safra de cultivo (Figura 1) podem ter influenciado no crescimento vegetativo e na alocação de fotoassimilados para os grãos, ocasionando menores valores para massa de 100 grãos.

Para o índice de grãos, os valores variaram de 72,96 a 78,61%, sendo as linhagens Pingo-de-ouro 1-5-7, Pingo-de-ouro 1-5-4, Bico-de-ouro 1-5-15, Pingo-de-ouro 1-5-8, Pingo-de-ouro 1-5-26, Pingo-de-ouro 1-5-14, Pingo-de-ouro 1-5-10 e Bico-de-ouro 1-5-19 os genótipos que apresentaram os maiores valores (Tabela 2). Na comparação entre as safras, o valor médio do IG obtido na safra de outono-inverno de 2017 foi de 77,58%, superior ao obtido nas safras de outono-inverno de 2016 e verão-outono 2016, que foram de 75,29 e 76,37%, respectivamente. Teixeira et al. (2007) encontraram valores médios de 72,14% para genótipos de porte ereto. Souza et al. (2018) avaliaram genótipos de feijão-caupi em Minas Gerais e Mato Grosso e



encontraram valores de até 76,2%. Silva et al. (2018) encontraram valores de até 73,02 % na safra de verão-outono no Norte de Minas Gerais. Em comparação a esses trabalhos, os valores de índice de grãos encontrados no presente estudo são considerados satisfatórios e sugerem eficiência desses genótipos na alocação de fotoassimilados para os grãos (FREIRE FILHO et al., 2005), havendo uma correlação positiva entre essa característica e a produtividade (PASSOS et al., 2007).

O comprimento de vagens variou entre 17,24 e 21,95 cm, e os genótipos foram divididos em três grupos. O primeiro grupo foi constituído pela BRS Tumucumaque que apresentou o maior comprimento de vagens (21,95 cm), sendo a única que atendeu ao padrão comercial quanto ao comprimento de vagens que é acima de 20cm (SILVA e NEVES, 2011). O genótipo Pingo-de-ouro 1-5-26 compôs o segundo grupo, obtendo vagens com 19,82 cm de comprimento. Já o terceiro grupo foi composto pelos demais genótipos que apresentaram comprimento de vagens entre 17,24 e 18,40 cm (Tabela 2). Públio Júnior et al. (2019), em experimento com objetivo de avaliar a qualidade de sementes e características agrônômicas de genótipos de feijão-caupi cultivados em Vitória da Conquista-BA, encontraram valor de 16,26 cm para o comprimento médio de vagens. Já Guerra et al. (2017) encontraram valores variando de 17,51 a 20,55 cm para feijão-caupi da classe “cores” na região Norte de Minas Gerais.

Para o acamamento de plantas, houve diferença significativa nas safras de outono-inverno de 2016 e de outono-inverno de 2017. Na safra de outono-inverno de 2016, os genótipos Bico-de-ouro 1-5-11, Bico-de-ouro 1-5-19, Bico-de-ouro 1-5-24, Pingo-de-ouro 1-5-4, Pingo-de-ouro 1-5-5, Pingo-de-ouro 1-5-8, Pingo-de-ouro 1-5-11 e a BRS-Tumucumaque apresentaram as menores notas, entre 2,0 e 3,0 (Tabela 3), representando de 5 a 10% de plantas acamadas (Tabela 1). Na safra de outono-inverno de 2017, os genótipos Pingo-de-ouro 1-5-26 e Pingo-de-ouro 1-5-8, apresentaram as maiores notas, variando de 3,25 a 4,0, representando até 20% de plantas acamadas. Os demais genótipos apresentaram valores de 1,0 a 2,0, o que representa até 5% de

plantas acamadas. Silva et al. (2018), estudando o desempenho agronômico de genótipos de feijão-caupi no Norte de Minas Gerais, também verificaram diferença nas safras estudadas para os anos de 2014 e 2015, indicando valores médios para acamamento de 6 a 20%, resultados semelhantes aos deste estudo.

**Tabela 3.** Notas atribuídas ao acamamento de genótipos de feijão-caupi da classe comercial “cores”, cultivados nas safras de verão-outono (Ver-Out) de 2016 e 2018 e outono-inverno (Out-Inv) de 2016, 2017 e 2018, em Janaúba, MG.

Genótipos	Acamamento				
	Ver-Out 16	Out-Inv 16	Out-Inv17	Ver-Out 18	Out-Inv 18
Bico-de-ouro 1-5-11	3,50 Aa	2,75 Bab	2,00 Bab	1,50 Ab	2,00 Aab
Bico-de-ouro 1-5-15	3,50 Aa	3,75 Aa	1,00 Bb	1,25 Ab	1,25 Ab
Bico-de-ouro 1-5-19	2,75 Aa	2,25 Ba	1,00 Ba	1,50 Aa	2,00 Aa
Bico-de-ouro 1-5-24	2,25 Aa	2,00 Ba	1,50 Ba	1,75 Aa	1,50 Aa
Pingo-de-ouro 1-5-26	3,75 Aa	4,00 Aa	4,00 Aa	1,50 Ab	1,50 Ab
Pingo-de-ouro 1-5-4	4,00 Aa	3,00 Bab	1,00 Bc	1,00 Ac	1,25 Abc
Pingo-de-ouro 1-5-5	3,25 Aa	2,50 Bab	1,25 Bb	1,25 Ab	1,50 Aab
Pingo-de-ouro 1-5-7	3,88 Aa	3,25 Aab	1,25 Bc	1,50 Abc	2,00 Aabc
Pingo-de-ouro 1-5-8	2,75 Aa	2,50 Bab	3,25 Aa	1,00 Ab	2,25 Aab
Pingo-de-ouro 1-5-10	4,00 Aa	4,00 Aa	1,25 Bb	1,50 Ab	1,75 Ab
Pingo-de-ouro 1-5-11	4,00 Aa	2,00 Bb	1,25 Bb	1,00 Ab	2,25 Aab
Pingo-de-ouro 1-5-14	3,25 Aab	3,75 Aa	1,50 Bc	1,00 Ac	1,50 Abc
BRS Tumucumaque	3,00 Aa	2,75 Ba	2,00 Ba	1,25 Aa	1,50 Aa
CV%	22,19				

Grupos de médias abrangidas pela mesma letra maiúscula nas colunas (comparando genótipos), e minúsculas nas linhas (comparando safras), não diferem entre si, respectivamente, pelos testes de Scott-Knott e de Tukey, ambos a 5% de significância.

O acamamento de plantas não é desejável para o cultivo do feijão-caupi, uma vez que dificulta a colheita mecânica, pelo fato das vagens estarem próximas ao chão. Dessa forma, cada vez mais os produtores de feijão-caupi têm buscado cultivares com baixo acamamento, principalmente em regiões que tenham um alto nível tecnológico empregado, com utilização de intensa mecanização (GUERRA et al., 2017).

Estudando-se os efeitos dos genótipos dentro das safras, verifica-se que as linhagens Bico-de-ouro 1-5-19 e Bico-de-ouro 1-5-24 e a cultivar BRS Tumucumaque se mantiveram entre os

genótipos com as menores notas para acamamento nas cinco safras avaliadas (Tabela 3), sugerindo possível estabilidade para essa característica em diferentes épocas de cultivo.

Em relação à produtividade de grãos, foram detectadas diferenças significativas entre os genótipos em todas as safras avaliadas. Na safra de verão-outono 2016, as linhagens Bico-de-ouro 1-5-11, Pingo-de-ouro 1-5-14, Pingo-de-ouro 1-5-26, Pingo-de-ouro 1-5-8, Bico-de-ouro 1-5-24 e Pingo-de-ouro 1-5-11 foram os genótipos mais produtivos, variando de 2611,06 kg ha<sup>-1</sup> a 3102,97 kg ha<sup>-1</sup>. Na safra de outono-inverno 2016, as Pingo-de-ouro 1-5-10, Pingo-de-ouro 1-5-5, Pingo-de-ouro 1-5-4, Pingo-de-ouro 1-5-14, Pingo-de-ouro 1-5-8, Pingo-de-ouro 1-5-26, Bico-de-ouro 1-5-15 e a Pingo-de-ouro 1-5-7 foram os genótipos mais produtivos, com produtividade média de 1941,60 kg ha<sup>-1</sup> a 2380,64 kg ha<sup>-1</sup>. Na safra de outono-inverno 2017, destacaram-se os genótipos: Pingo-de-ouro 1-5-7, Pingo-de-ouro 1-5-8, Pingo-de-ouro 1-5-5, Pingo-de-ouro 1-5-11, Pingo-de-ouro 1-5-14, Bico-de-ouro 1-5-11 e Pingo-de-ouro 1-5-4, com produtividade entre 917,01 kg ha<sup>-1</sup> e 1207,3 kg ha<sup>-1</sup>. Na safra de verão-outono 2018, os genótipos mais produtivos foram: Pingo-de-ouro 1-5-26, Pingo-de-ouro 1-5-10, Pingo-de-ouro 1-5-8, Bico-de-ouro 1-5-24, Pingo-de-ouro 1-5-4, Bico-de-ouro 1-5-19 e a BRS Tumucumaque, que obtiveram produtividade de 1365,99 kg ha<sup>-1</sup> a 1603,94 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 4).

Na safra de outono-inverno 2018, a produtividade variou de 693,62 a 1720,58 kg ha<sup>-1</sup> e apenas a BRS Tumucumaque apresentou produtividade inferior aos demais genótipos (Tabela 4). Esse baixo rendimento da cultivar BRS Tumucumaque nessa safra, apesar de significativo, não é compatível com seu potencial produtivo, que chegou a até 2272 kg ha<sup>-1</sup> na safra de verão-outono de 2016.

**Tabela 4.** Produtividade de genótipos de feijão-caupi da classe “cores”, cultivados nas safras de verão-outono (Ver-Out) de 2016 e 2018 e outono-inverno (Out-Inv) de 2016, 2017 e 2018, em Janaúba, MG.

Genótipos	Produtividade (Kg.ha <sup>-1</sup> )				
	Ver-Out 16	Out-Inv 16	Out-Inv17	Ver-Out 18	Out-Inv 18
Bico-de-ouro 1-5-11	3102,97 Aa	1720,39 Bb	952,38 Ac	1016,43 Bc	1363,03 Abc
Pingo-de-ouro 1-5-14	2907,46 Aa	1999,59 Ab	1037,81 Ac	1139,76 Bc	1720,58 Ab
Pingo-de-ouro 1-5-26	2905,72 Aa	1987,81 Ab	788,68 Bd	1603,94 Abc	1444,57 Ac
Pingo-de-ouro 1-5-8	2784,26 Aa	1990,89 Ab	1198,03 Ac	1440,71 Ac	1447,41 Ac
Bico-de-ouro 1-5-24	2626,54 Aa	1821,33 Bb	757,87 Bc	1403,04 Ab	1405,94 Ab
Pingo-de-ouro 1-5-11	2611,06 Aa	1559,23 Bb	1076,73 Ab	1114,77 Bb	1394,12 Ab
BRS Tumucumaque	2272,47 Ba	1870,05 Ba	631,79 Bc	1365,99 Ab	693,62 Bc
Pingo-de-ouro 1-5-7	2054,13 Ba	1941,60 Aab	1207,31 Ac	1205,56 Bc	1541,00 Abc
Pingo-de-ouro 1-5-4	2021,74 Ba	2048,46 Aa	917,01 Ac	1435,49 Ab	1716,43 Aab
Pingo-de-ouro 1-5-10	1984,45 Ba	2380,64 Aa	822,40 Bc	1443,23 Ab	1402,41 Ab
Pingo-de-ouro 1-5-5	1923,59 Ba	2112,07 Aa	1085,59 Ac	1197,60 Bbc	1662,01 Aab
Bico-de-ouro 1-5-15	1803,77 Bab	1946,31 Ab	673,80 Bd	1240,63 Bc	1448,28 Abc
Bico-de-ouro 1-5-19	1782,52 Ba	1792,20 Ba	690,12 Bb	1374,68 Aa	1312,34 Aa
CV%	15,82				

Grupos de médias abrangidas pela mesma letra maiúscula nas colunas (comparando genótipos), e minúsculas nas linhas (comparando safras), não diferem entre si, respectivamente, pelos testes de Scott-Knott e de Tukey, ambos a 5% de significância.

### 3.2 Ensaio de VCU de variedades da subclasse “fradinho”

A análise de variância conjunta dos dados revelou efeito significativo para a interação entre os genótipos e as safras estudadas para acamamento (ACAM), valor de cultivo (VC), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PROD). Os genótipos apresentaram diferenças significativas para o índice de área foliar (IAF), índice de grãos (IG) e comprimento de vagens (CV). As safras apresentaram diferença apenas para a característica índice de grãos (IG). Os valores de IAF variaram de 1,80 a 3,31 e os genótipos foram agrupados em três grupos (A, B e C). O grupo A

foi composto pelo genótipo MNC06-909-68, que apresentou o menor valor. O grupo B foi formado pelos genótipos MNC06-909-52 e MNC06-895-1. Já o grupo C foi formado pelos 11 genótipos restantes, que apresentaram os maiores valores de IAF, entre 2,70 e 3,31 (Tabela 5).

**Tabela 5.** Índice de área foliar (IAF), índice de grãos (IG) e comprimento de vagem (CV) de genótipos de feijão-caupi da subclasse “fradinho”, avaliados nas safras de 2016 a 2018, em Janaúba – MG.

Genótipos	IAF	IG (%)	CV (cm)
MNC06-907-30	1,80 A	79,32 A	17,69 A
MNC06-909-52	2,43 B	80,01 A	17,42 A
MNC06-895-1	2,47 B	79,23 A	17,33 A
BRS Itaim	2,70 C	80,73 A	16,58 B
MNC06-907-35	2,83 C	79,80 A	16,53 B
MNC06-909-76	2,84 C	78,42 B	18,10 A
MNC06-908-39	2,92 C	77,97 B	17,63 A
CB-27	2,97 C	75,31 B	16,44 B
MNC06-907-29	3,02 C	79,94 A	16,32 B
MNCO06-901-14	3,10 C	80,69 A	17,36 A
MNC06-909-54	3,30 C	77,45 B	16,35 B
MNC06-895-2	3,31 C	81,72 A	17,04 B
Safras	IAF	IG (%)	CV (cm)
Verão-outono – 2018	-	-	-
Outono-inverno – 2017	-	78,12 B	-
Outono-inverno – 2016	-	78,60 B	-
Outono-inverno – 2018	-	-	-
Verão -outono – 2016	-	80,93 B	-
CV (%)	14,98	4,93	5,14

Grupos de médias abrangidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Locatelli et al. (2016), avaliando o desenvolvimento vegetativo de feijão-caupi no estado de Roraima, encontraram valores de IAF de 2,7 para a cultivar BRS Pajeú, da mesma classe comercial. Bastos et al. (2012) encontraram valores de 3,2 a 4,8 para a cultivar BRS Paraguaçu, e de 3,2 a 4,9 para a BRS Guariba. Freire Filho et al. (2005) enfatizam que há um limite máximo de resposta da planta a condições adversas edafoclimáticas, sendo um desperdício fisiológico e

econômico o aumento excessivo da parte vegetativa da planta, que implica em menor produtividade.

Conforme comentado anteriormente, valores de IAF acima de 3,0 indicam bom desenvolvimento do dossel da cultura, possibilitando maior interceptação de luz solar, resultando em maior taxa fotossintética líquida (SUMMERFIELD, 1985). Assim, conforme ocorreu com os genótipos da classe “cores”, pode-se afirmar que os valores de IAF obtidos no presente estudo pelos genótipos da subclasse “fradinho” também sugerem boa adaptação às condições edafoclimáticas da região.

O índice de grãos variou de 75,31 a 80,73%, com destaque para os genótipos MNC06-895-1, MNC06-895-2, MNC06-901-14, MNC06-907-29, MNC06-907-30, MNC06-907-35, MNC06-909-52 e BRS Itaim, que apresentaram os maiores valores (Tabela 5). Públio Júnior et al. (2017) avaliaram genótipos de feijão-caupi em ambientes de Minas Gerais e Mato Grosso e encontraram valores de até 83%.

O índice de grãos também foi influenciado pelas safras de cultivo, com destaque para a safra de verão-outono de 2016, que obteve o maior valor (Tabela 5). O índice de grãos representa qual a porcentagem da massa total das vagens é referente à massa dos grãos. Quanto maior for esse valor, maior será a destinação de assimilados para os grãos, sugerindo maior eficiência na partição de assimilados pelas plantas, com uma correlação positiva para a produtividade de grãos de feijão-caupi e seleção de novos caracteres (SANTOS et al., 2012). Portanto, essa característica pode ser testada em outros ensaios de melhoramento da cultura, com vistas ao aumento da eficiência produtiva.

Em relação ao comprimento de vagens, os genótipos MNC06-909-76, MNC06-908-39, MNC06-909-55, MNC06-909-52, MNC06-907-30, MNC06-895-1, MNC06-901-14 foram os que apresentaram os maiores valores, variando de 16,32 a 18,10 cm (Tabela 5). Guerra et al. (2017) encontraram vagens com 14,79 a 21,79 cm de comprimento em feijão-caupi da mesma classe

comercial na região Norte de Minas Gerais. Valeriano et al. (2019) encontraram comprimento médio de vagens de 17,73 cm para a cultivar Itaim, em Uberaba. De acordo com Silva e Neves. (2011), o tamanho ideal de vagens para se obter uma boa produção de grãos é de 20 cm. Porém, vai depender do sistema de cultivo e tecnologia empregada, onde, na colheita manual, vagens grandes são uma característica desejada. Já para sistemas semimecanizados ou mecanizados, vagens grandes e elevado número de grãos podem atrapalhar no momento da colheita, ocasionando mais perdas.

Com relação ao valor de cultivo, houve diferenças significativas apenas na safra de outono-inverno de 2017, em que os genótipos foram distribuídos em três grupos. Os maiores valores foram apresentados pelos genótipos MNC06-895-1, MNC06-895-2, MNC06-907-30, MNC06-907-35, MNC06-909-52, MNC06-909-76, e BRS Itaim, variando de 2,25 a 3,00 (Tabela 6).

Guerra et al. (2017) encontraram valores variando de 2,2 a 4,0 para a mesma classe comercial de genótipos de feijão-caupi na região Norte de Minas Gerais. Silva e Neves (2011), estudando genótipos de feijão-caupi em cultivos de sequeiro e irrigado, em Teresina-Piauí, encontraram valores de cultivo variando de 3,0 a 5,0.

O valor de cultivo é de suma importância em ensaios que avaliem o desempenho de novas linhagens de feijão-caupi para possível recomendação de cultivo de uma nova cultivar. Para que atendam às exigências do mercado, o valor de cultivo deve ser de, no mínimo, 3,0, apresentando a maioria das características adaptadas ao cultivo comercial. Os genótipos MNC06-895-2, MNC06-907-29, MNC06-907-30 e MNC06-909-76 foram superiores, apresentando valor de cultivo igual ou maior que 3,0 em mais de uma safra avaliada (Tabela 6). Em relação às safras, não houve diferença significativa para os genótipos MNC06-895-1, MNC06-895-2, MNC06-901-14, MNC06-907-30, MNC06-908-39 e MNC06-909-52 e a BRS Itaim (Tabela 6), o que sugere boa estabilidade para essa característica.

**Tabela 6.** Notas para acamamento e valor de cultivo de genótipos de feijão-caupi da subclasse “fradinho”, cultivados nas safras de verão-outono e outono-inverno de 2016, 2017 e 2018, em Janaúba, MG.

Genótipos	Ver-Out 2016	Out-Inv 2016	Out-Inv 2017	Ver-Out 2018	Out-Inv 2018
Acamamento					
MNC06-895-1	4,50 Aa	1,25 Ab	1,00 Ab	1,00 Ab	1,50 Bb
MNC06-895-2	3,13 Ba	1,75 Aab	1,00 Ab	1,25 Ab	1,50 Bb
MNCO06-901-14	3,13 Ba	1,50 Ab	1,25 Ab	1,00 Ab	1,75 Bb
MNC06-907-29	3,75 Aa	1,50 Ab	1,25 Ab	1,50 Ab	1,25 Bb
MNC06-907-30	2,75 Ba	1,75 Aab	1,00 Ab	1,00 Ab	2,75 Aa
MNC06-907-35	2,88 Ba	1,25 Ab	1,25 Ab	1,25 Ab	2,25 Aab
MNC06-908-39	3,25 Ba	1,75 Ab	1,25 Ab	1,00 Ab	1,00 Bb
MNC06-909-52	3,50 Aa	1,50 Ab	1,00 Ab	1,00 Ab	1,50 Bb
MNC06-909-54	3,67 Aa	1,25 Ab	2,25 Ab	1,25 Ab	2,00 Ab
MNC06-909-76	4,50 Aa	1,75 Abc	1,50 Ac	1,00 Ac	2,75 Ab
BRS Itaim	2,88 Ba	1,50 Ab	1,00 Ab	1,00 Ab	1,75 Bab
CB-27	3,13 Ba	1,75 Aab	1,50 Ab	1,00 Ab	1,50 Bb
CV%	13,40				
Valor de cultivo					
MNC06-895-1	2,38 Aa	3,00 Aa	2,75 Aa	2,25 Aa	2,25 Aa
MNC06-895-2	2,38 Aa	3,00 Aa	3,00 Aa	2,00 Aa	2,50 Aa
MNCO06-901-14	2,38 Aa	3,00 Aa	2,00 Ba	2,50 Aa	2,50 Aa
MNC06-907-29	2,00 Aab	3,00 Aa	1,75 Bb	3,25 Aa	2,50 Aab
MNC06-907-30	2,13 Aa	3,25 Aa	2,75 Aa	3,00 Aa	2,50 Aa
MNC06-907-35	1,63 Ab	2,75 Aa	2,75 Aa	2,75 Aab	3,25 Aa
MNC06-908-39	1,88 Aa	2,50 Aa	2,00 Ba	2,25 Aa	2,00 Aa
MNC06-909-52	2,13 Aa	3,25 Aa	2,75 Aa	2,50 Aa	2,75 Aa
MNC06-909-54	1,67 Abc	3,25 Aa	1,00 Cc	2,00 Aab	2,75 Aab
MNC06-909-76	1,75 Ab	3,00 Aa	2,25 Aab	2,00 Aab	3,00 Aa
BRS Itaim	2,50 Aa	3,50 Aa	2,75 Aa	2,25 Aa	2,25 Aa
CB-27	1,38 Ac	2,75 Aa	1,50 Bbc	2,25 Aabc	2,50 Aab
CV%	20,85				

Grupos de médias abrangidas pela mesma letra maiúscula nas colunas, e minúsculas nas linhas, não diferem entre si, respectivamente, pelos testes de Scott-Knott e de Tukey, ambos a 5% de significância.



O acamamento apresentou variação significativa nas safras de verão-outono de 2016 e de outono-inverno de 2018, em que os genótipos foram distribuídos em dois grupos. Os genótipos MNC06-895-2, MNCO06-901-14, MNC06-908-39, BRS Itaim e CB-27 receberam as menores notas entre os genótipos avaliados nas duas safras. Com exceção da safra de verão-outono de 2016, as demais safras proporcionaram notas de acamamento inferiores a 3,0 para todos os genótipos (Tabela 6), o que corresponde a menos de 10% de plantas acamadas. Esse resultado também pode estar relacionado com as diferenças climáticas entre as safras de cultivo. Guerra et al. (2017) também identificaram diferença para esta característica entre as safras de cultivo de verão-outono, onde as notas para acamamento variaram de 1,00 a 3,75 para a mesma classe comercial de feijão-caupi. Segundo este mesmo autor, o menor acamamento das plantas é de grande importância, pois permite que essas possam ser cultivadas em sistemas mais tecnificados.

A massa de 100 grãos variou de 16,57 a 24,09g. Os genótipos foram agrupados em quatro grupos na safra de verão-outono de 2016, três grupos na safra de outono-inverno de 2016 e dois grupos na safra de outono inverno de 2017. A cultivar BRS Itaim se mostrou superior aos demais genótipos, por ser a única a se manter no grupo formado pelos genótipos com maiores valores de massa de 100 grãos em todas as safras avaliadas (Tabela 7). Entretanto, cabe destacar que todos os genótipos avaliados apresentaram massa de 100 grãos superiores a 16g, o que significa que eles atingiram o padrão comercial da subclasse “fradinho” nas condições de realização do ensaio. Santos et al. (2013), avaliando o desempenho produtivo de cultivares de feijão-caupi no agreste paraibano, encontraram, em média, 21 g para a massa de 100 grãos; corroborando com os resultados encontrados neste estudo.

A cultivar BRS Itaim, que se destacou, apresenta grãos fradinhos típicos, bem formados e com excelente apelo visual, seu plantio é indicado para região Norte nos estados de Roraima, Pará e Tocantins, na região Nordeste no Piauí, Maranhão e Sergipe e na região Centro-Oeste de Mato Grosso (EMBRAPA, 2009), que têm características de clima semelhantes com a região Norte

de Minas Gerais, sugerindo boa adaptação para essa característica dessa cultivar para a região estudada.

**Tabela 7.** Massa de 100 grãos de genótipos de feijão-caupi da subclasse “fradinho”, avaliados nas safras de verão-outono (Ver-Out) de 2016 e de outono-inverno (Out-Inv) de 2016 e 2017, em Janaúba, MG.

Genótipos	Massa de 100 grãos (cm)		
	Ver-Out 16	Out-Inv 16	Out-Inv17
MNC06-895-1	21,47 Ba	20,13 Ca	16,57 Bb
MNC06-895-2	21,72 Ba	21,76 Ca	16,96 Bb
MNCO06-901-14	20,90 Ca	21,52 Ca	19,93 Aa
MNC06-907-29	23,15 Aa	21,45 Ca	18,96 Ab
MNC06-907-30	22,07 Bb	28,01 Aa	19,88 Ac
MNC06-907-35	21,53 Ba	22,34 Ba	19,34 Ab
MNC06-908-39	20,01 Ca	21,32 Ca	17,06 Bb
MNC06-909-52	20,83 Cb	24,08 Ba	18,60 Ac
MNC06-909-54	21,52 Ba	22,38 Ba	17,18 Bb
MNC06-909-76	21,96 Ba	23,56 Ba	18,76 Ab
BRS Itaim	24,09 Ab	27,39 Aa	20,79 Ac
CB-27	18,89 Db	22,94 Ba	18,15 Bb
CV%	5,29		

Grupos de médias abrangidas pela mesma letra maiúscula nas colunas, e minúsculas nas linhas, não diferem entre si, respectivamente, pelos testes de Scott-Knott e de Tukey, ambos a 5% de significância.

Em relação à produtividade de grãos, na safra de verão-outono de 2016, foram estabelecidos três grupos, com destaque para os genótipos MNC06-895-2, MNC06-909-76, MNCO06-901-14 e BRS Itaim, que apresentaram rendimentos de grãos de 1427,50 kg. ha<sup>-1</sup> a 1678,97 kg. ha<sup>-1</sup>. Na safra de outono-inverno de 2016, as produtividades variaram entre 1029,78 kg. ha<sup>-1</sup> e 1385,80 kg. ha<sup>-1</sup>, com exceção do genótipo CB-27, que obteve produtividade inferior às demais. Na safra de outono-inverno de 2018, foram estabelecidos três grupos, com destaque para as linhagens MNCO06-901-14 e CB-27, que apresentaram produtividades de grãos acima de 2000 kg. ha<sup>-1</sup> (Tabela 8).

A linhagem MNCO06-901-14 foi a única que se manteve entre os genótipos mais produtivos em todas as safras avaliadas (Tabela 8), além de apresentar boas características quanto à tolerância ao acamamento, massa de 100 grãos, índice de grãos e comprimento de vagens, já citadas anteriormente. Ademais, destacam-se também as linhagens MNC06-895-2, MNC06-909-76 e a cultivar BRS Itaim, por terem se mantido no grupo dos genótipos mais produtivos em quatro das cinco safras avaliadas.

**Tabela 8.** Produtividade de grãos de genótipos de feijão-caupi da subclasse “fradinho”, avaliados nas safras de verão-outono (Ver-Out) de 2016 e de outono-inverno (Out-Inv) de 2016 e 2017, em Janaúba, MG.

Genótipos	Produtividade (Kg. ha <sup>-1</sup> )				
	Ver-Out 16	Out-Inv 16	Out-Inv17	Ver-Out 18	Out-Inv 18
MNC06-895-2	1678,97 Aa	1083,04 Ab	520,37 Ac	699,99 Abc	1635,76 Ba
MNC06-909-76	1626,29 Aa	1174,43 Ab	535,82 Ac	741,06 Ac	1370,01 Cab
BRS Itaim	1552,05 Aa	1105,35 Ab	581,87 Ac	633,29 Ac	1689,65 Ba
MNCO06-901-14	1427,50 Ab	1292,78 Ab	405,47 Ad	816,64 Ac	2025,91 Aa
MNC06-907-29	1318,11 Bab	1029,78 Abc	369,20 Ad	783,77 Ac	1715,72 Ba
MNC06-908-39	1262,62 Bb	1131,25 Abc	312,60 Ad	767,25 Ac	1725,83 Ba
MNC06-909-52	1222,60 Ba	1301,96 Aa	603,23 Ab	678,07 Ab	1579,70 Ba
MNC06-909-54	1143,19 Bb	1385,80 Aab	419,57 Ac	680,50 Ac	1760,15 Ba
MNC06-895-1	1114,14 Bb	1319,51 Aab	638,06 Ac	568,69 Ac	1611,93 Ba
MNC06-907-30	1026,65 Cab	1072,28 Aab	464,55 Ac	721,80 Abc	1363,54 Ca
CB-27	925,43 Cb	633,69 Bbc	362,28 Ac	662,28 Abc	2120,07 Aa
MNC06-907-35	870,33 Cbc	1162,07 Aab	527,48 Ac	969,61 Aab	1330,55 Ca
CV%	16,90				

Grupos de médias abrangidas pela mesma letra maiúscula nas colunas, e minúsculas nas linhas, não diferem entre si, respectivamente, pelos testes de Scott-Knott e de Tukey, ambos a 5% de significância.

Outros trabalhos realizados na região Norte de Minas Gerais com a cultura do feijão-caupi sugerem a boa adaptação da cultura às condições locais. Silva et al. (2018) encontraram produtividade de 1875,84 kg. ha<sup>-1</sup> para a cultivar BRS Xiquexique na safra de verão-outono. Souza et al. (2018) encontraram valores de até 2021,17 kg. ha<sup>-1</sup> para genótipos de feijão caupi de porte

ereto e semi-ereto. Guerra et al. (2017) encontraram produtividade variando de 1332,92 a 2230,77 kg ha<sup>-1</sup> para a classe comercial branca. Esses resultados, juntamente com os do presente trabalho, evidenciam que a maioria dos genótipos avaliados na região Norte de Minas Gerais conseguem expressar o potencial produtivo da cultura, haja vista que os rendimentos obtidos foram bastante superiores à produtividade média da cultura no Brasil, que está em torno de 476 kg ha<sup>-1</sup>, ou em Minas Gerais, que é de cerca de 553 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2020). Assim, esses resultados podem servir de base para a recomendação e/ou extensão de recomendação de cultivares para o Estado e para a região.

## CONCLUSÕES

Na classe comercial “cores”, a produtividade de grãos variou de 631 a 3102 kg ha<sup>-1</sup>, com destaque para a linhagem Pingo-de-ouro 1-5-8 e para a cultivar BRS Tumucumaque, que se mantiveram entre os mais produtivos na maioria das safras estudadas, além de obterem baixos valores de acamamento e valor de cultivo satisfatório.

Na subclasse “fradinho”, a produtividade de grãos variou de 312 a 2120 kg ha<sup>-1</sup>, com destaque para a linhagem MNCO06-901-14 e para a cultivar BRS Itaim, que se mantiveram entre os mais produtivos na maioria das safras estudadas, além de obterem baixos valores de acamamento, índice de grãos e valor de cultivo satisfatórios.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, M. A.; ROCHA, M. M.; GOMES R. L. F.; SILVA, K. J. D.; NEVES, A.C. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de feijão-caupi de porte semiprostrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 48(4): 403–410. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v48n4/08.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2020.

BASTOS, E. A.; RAMOS, H. M. M.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; NASCIMENTO, F. N do; CARDOSO, M. J. Parâmetros fisiológicos e produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob déficit hídrico. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 1, n. 1, p. 31-37, 2012. Disponível em: <http://www3.ufrb.edu.br/seer/index.php/wrim/article/view/1575>. Acesso em: 26 mar. 2020.

BASTOS, E. A.; RODRIGUES, B. H. N.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; CARDOSO, M. J. Parâmetros de crescimento do feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia Agrícola**, v. 22, n. 1, p. 43-50, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - v. 7 safra 2019/20 n. 4 quarto levantamento**. Janeiro 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra-graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 06 fev. 2020.

CORREA, A. M.; BRAGA, D. C.; CECCON, G.; de OLIVEIRA, L. V. A.; de SOUZA LIMA, A. R.; TEODORO, P. E. Variabilidade genética e correlações entre caracteres de feijão-caupi. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 1, p. 42-47. 2015. Disponível em: <https://revista.ufrb.br/agroambiente/article/view/2252/1510>. Acesso em: 06 fev. 2020.

CORREIA, K. G.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Belo Horizonte, v.4, n.2, 2004. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=50040214>. Acesso em: 11 jul. 2020.

EMBRAPA MEIO-NORTE. **Tabelas para avaliação de características agronômicas em linhagens- elite de feijão-caupi**. Planilhas de ensaios de campo. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soluções tecnológicas**. Feijão-caupi. BRS Tumucumaque. 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/435/feijao-caupi-brs-tumucumaque>. Acesso em 07 out. 2019.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Home Page, 2016. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S> . Acesso em: 12 mar. 2020.

FERREIRA, D. F. **Programa Computacional Sisvar**, versão 5,6. Lavras: UFLA, 2014.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RODRIGUES, J. E. L. F.; VIEIRA, P. F. M. J. **Feijão-caupi: do plantio a colheita** / Editores Júlio César Do Vale, Cândida Bertini, Aluizio Borém. – Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, C. A. A. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: **Embrapa Meio-norte**, 2005. p. 29-92.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos de genótipos de caupi de porte semi-ereto. **Revista Científica Rural**, v. 06, n. 02, p. 31-39, 2001.

GUERRA, J. V. S.; CARVALHO, A. J. de; MEDEIROS, J. C.; SOUZA, A. A. de; BRITO, O. G. Agronomic performance of semi-erect cowpea genotypes in the North of Minas Gerais, Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 679–686, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=arttext&pid=s198321252017000300679&lng=en>. Acesso em: 12 mar. 2020.

LOCATELLI, V.; de MEDEIROS, R. D.; SMIDERLE, O. J.; ALBUQUERQUE, J.; ARAÚJO, W. F. Desenvolvimento vegetativo de cultivares de feijão-caupi sob lâminas de irrigação no cerrado Roraimense. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 28-39, 2016. Disponível em: <http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/934>. Acesso em: 12 mar. 2020.

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; SALVIANO, A. A. C. Fertilidade do Solo e Adubação. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: Avanços tecnológicos**. Brasília; Embrapa, 2005. cap. 6, p. 213-228.

PASSOS, A. R.; SILVA, S.A.; CRUZ, P.J.; ROCHA, M. M.; CRUZ, E.M.O.; ROCHA, M.A.C. BAHIA, H. F. Divergência genética em feijão-caupi. **Revista Bragantia**, v.66, n.66, n.4, p.579-586. 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/6948/1/Passos%2C%20Adriana%20Rodrigues.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2020.

PÚBLIO JÚNIOR, E.; MORAIS, O. M.; ROCHA, M. M.; PÚBLIO, A. P. P. B.; BANDEIRA, S. A. Características agrônômicas de genótipos de feijão-caupi cultivados no sudoeste da Bahia. **Científica**, Jaboticabal, v. 45, n. 3, p. 223-230, 2017. Disponível em: <http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/863>. Acesso em: 12 abr. 2020.

PÚBLIO JÚNIOR, E.; PÚBLIO, A. P. P. B.; TEIXEIRA, E. C.; NOVAIS, V. R. Qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi cultivadas no sudoeste da Bahia. **Pindorama**, Eunápolis, v. 9, n.9, p. 57-69, 2019. Disponível em: <https://publicacoes.ifba.edu.br/index.php/Pindorama/article/view/619/413>. Acesso em: 29 maio 2020.

SANTOS, A.; CECCON, G.; CORREA, A. M.; DURANTE, L. G. Y, REGIS, J. A. V. B. Análise genética e de desempenho de genótipos de feijão-caupi cultivados na transição do cerrado-pantanal.

**Cultivando o Saber**, Cascavel, v.5, n.4, p.87-102, 2012. Disponível em: [https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando\\_o\\_saber/511cc1adbf86.pdf](https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/511cc1adbf86.pdf). Acesso em: 20 maio 2020.

SANTOS, J.; F.; CARDOSO, M.; J.; BASTOS, E.; A. Desempenho produtivo de cultivares de feijão-caupi no agreste paraibano. .In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Anais...**Recife: [s.n.], 2013. P. 1-4. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/86559/1/139d.pdf>. Acesso em: 29 maio 2020.

SILVA, J. A. L.; NEVES, J. A. Componentes de produção e suas correlações em genótipos de feijão-caupi em cultivo de sequeiro e irrigado. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 702-713, 2011. Disponível em: [https://scielo.com.br.php?script=sci\\_arttex&pid=S180666902011000300017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](https://scielo.com.br.php?script=sci_arttex&pid=S180666902011000300017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt). Acesso em: 29 mai. 2020.

SILVA, M. B. D. O.; CARVALHO, A. J. D.; BATISTA, P. S. C.; JÚNIOR, S.; VELASQUEZ, P.; OLIVEIRA, S. M. D. Desempenho agrônômico de genótipos de feijão-caupi. **Revista de Ciências Agrárias**, 41(4), 201-210. 2018. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16782/13667>. Acesso em: 25 mai. 2020.

SOUSA, M. B.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; ROCHA, M. D. M.; MENEZES JÚNIOR, J. Â. N. D.; Lima, L. R. L. Adaptabilidade e estabilidade produtiva em linhagens elite de feijão-caupi de porte semiprostrado no Cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agrônômica**, 48(5spe), 832-839. 2017. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-66902017000500832&script=sci\\_abstract&tling=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-66902017000500832&script=sci_abstract&tling=pt). Acesso em: 23 mai. 2020.

SOUZA, V. B. D.; CARVALHO, A. J. D.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; ROCHA, M. D. M.; LACERDA, M. L.; PEREIRA FILHO, I. A. AGRONOMIC PERFORMANCE OF COWPEA ELITE LINES IN THE STATES OF MINAS GERAIS AND MATO GROSSO, BRAZIL. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n.1, 90-98. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rcaat/v31n1/1983-2125-rcaat-31-01-00090.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2020.

SUMMERFIELD, R. J.; PATE, J. S.; ROBERTS, E. H.; WIEN, H. C. The physiology cowpea. *In*: SINGH, S. R.; RACHIE, K.O. (Eds.). **Cowpea research, production and utilization**. Chichester: John Wiley, 1985. p. 66-101.

TEIXEIRA, G. C. S.; STONE, L. F.; HEINEMANN, A. B. Eficiência do uso da radiação solar e índices morfofisiológicos em cultivares de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 45, n. 1, p. 9-17, jan/mar. 2015. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/28297>. Acesso em: 26 abr. 2020.

VALERIANO, T. T. B.; de MORAIS, B. R.; da SILVA A. F.; da S. N. O. F.; de SANTANA, M. J., SILVA, K. A. Desempenho agrônômico de cultivares de feijão caupi em função da densidade de plantas. **Science & Technology Journal**, v. 5, n.2, p. 12-17. Jan./jun. 2019. [https://www.researchgate.net/Publication/336287488\\_DESEMPENHO\\_AGRONOMICO\\_DE\\_CULTIVARES\\_DE\\_FEIJAO-CAUPI\\_EM\\_FUNCAO\\_DA\\_DENSIDADE\\_DE\\_PLANTAS](https://www.researchgate.net/Publication/336287488_DESEMPENHO_AGRONOMICO_DE_CULTIVARES_DE_FEIJAO-CAUPI_EM_FUNCAO_DA_DENSIDADE_DE_PLANTAS). Acesso em: 26 abr. 2020.



## **CAPÍTULO II**

### **QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE LINHAGENS E CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI**

## RESUMO

Silva, Liliane Santana. **Qualidade tecnológica de grãos de linhagens e cultivares de feijão-caupi** 2020. Cap 1. 48-72. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba - MG<sup>5</sup>.

Objetivou-se avaliar a qualidade tecnológica de grãos de linhagens e cultivares de feijão-caupi. O estudo foi conduzido no Laboratório de Pesquisa em Feijão na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa e no Laboratório de Fitotecnia, do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), Campus de Janaúba. Foram utilizados grãos de 28 genótipos de feijão-caupi, envolvendo 17 linhagens-elite e 11 cultivares (BRS Pajeú, BRS Maratoã, BRS Rouxinol, BRS Pujante, BRS Cauamé, BRS Guariba, BRS Novaera, BRS Itaim, BRS Tumucumaque, BRS Imponente e BRS Xiquexique). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. As características avaliadas foram a massa de 100 grãos, a capacidade de hidratação, a porcentagem de grãos duros e o tempo de cocção. Os resultados revelaram que as cultivares BRS Imponente, BRS Novaera, BRS Tumucumaque e BRS Cauamé apresentaram os melhores resultados para a maioria das características associadas à qualidade tecnológica de grãos (sem grãos duros, menor tempo de cocção e menor tempo para hidratação dos grãos).

**Palavras-chave:** Cocção, embebição, *Vigna unguiculata* L.

<sup>5</sup> **Comitê orientador:** Prof. Dr. Abner José de Carvalho – UNIMONTES (Orientador), Pesq. Dr. Maurisrael de Moura Rocha – EMBRAPA Meio-norte (Co-orientador).

## **CHAPTER II**

### **TECHNOLOGICAL QUALITY OF LINE GRAINS AND CULTIVARS OF COWPEA-BEAN**

## ABSTRACT

SILVA, Liliane Santana. **Technological quality of line grains and cowpea-bean cultivars**. 2020. 48-72. Dissertation (Master's degree in. in Plant Production in the Semiarid) - State University of Montes Claros, Janaúba–MG<sup>6</sup>.

The objective was to evaluate the technological quality of grains of lines and cultivars of cowpea. The study was conducted at the Bean Research Laboratory at the Federal University of Viçosa (UFV), in the city of Viçosa and at the Phytotechnics Laboratory, of the Department of Agricultural Sciences at the State University of Montes Claros (UNIMONTES), Janaúba Campus. Grains from 28 cowpea genotypes were used, involving 17 elite lines and 11 cultivars (BRS Pajeú, BRS Maratoã, BRS Rouxinol, BRS Pujante, BRS Cauamé, BRS Guariba, BRS Novaera, BRS Itaim, BRS Tumucumaque, BRS Imponente e BRS Xiquexique). The experimental design was completely randomized, with four replications. The evaluated characteristics were the mass of 100 grains, the hydration capacity, the percentage of hard grains and the cooking time. The results revealed that the cultivars BRS Imponente, BRS Novaera, BRS Tumucumaque and BRS Cauamé presented the best results for most characteristics associated with the technological quality of grains (without hard grains, shorter cooking time and shorter time for hydration of grains).

**Keywords:** Cooking, soaking, *Vigna unguiculata* L.,

<sup>6</sup> **Guidance committee:** Prof. Dr. Abner José de Carvalho – UNIMONTES (Advisor). Pesq. Dr. Maurisrael de Moura Rocha – EMBRAPA Meio-norte (Co-advisor).

## 1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna umguiculata* (L.) Walp] é considerado uma das principais fontes de alimentos para grande parte da população mundial, possuindo elevado valor nutritivo, sendo fonte de proteínas, fibras alimentares e vitaminas (BEZERRA et al., 2019). No Brasil, a produção se dá, principalmente, nas regiões Norte, Nordeste e, mais recentemente, nos cerrados do Centro-oeste, onde parte da produção tem sido exportada para países europeus e asiáticos. Nesse sentido, os principais programas de melhoramento de feijão-caupi têm dado ênfase ao melhoramento de cultivares, buscando materiais mais produtivos, com arquitetura adequada ao cultivo mecanizado e com alta qualidade de grãos.

Para a recomendação de novas cultivares de feijão-caupi, tão importante quanto o desempenho agrônômico e a produtividade é a qualidade tecnológica dos grãos, avaliada a partir de características como o tempo médio de cozimento e a absorção de água pelos grãos antes e após o cozimento, que são necessárias para a inscrição dos genótipos no Registro Nacional de Cultivares do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (RNC/MAPA) (BRASIL, 2006). Além disso, os consumidores preferem grãos com melhor aptidão culinária, que reúnam boas características como baixa porcentagem de grãos duros, facilidade de embebição, menor tempo de cocção e grãos inteiros após o cozimento (RESENDE et al., 2008), o que significa economia de energia e de capital.

A variabilidade genética associada à capacidade de absorção de água e tempo de cocção de grãos de feijão-caupi já foi observada por alguns autores (BEZERRA et al., 2019; SPONCHIADO et al., 2014; D'ALBUQUERQUE et al., 2013). Entretanto, esse conhecimento ainda é limitado, principalmente quanto às diferenças genéticas para outras características associadas à qualidade tecnológica nas cultivares recomendadas para cultivo e nas linhagens-elite ainda em fase de testes. Vale ressaltar que essas características citadas, além de serem influenciadas pela

constituição genética do grão, também podem sofrer alterações devido às condições ambientais de seu cultivo. Dessa forma, estudos com o intuito de complementar a avaliação do desempenho agrônomo das linhagens associando-o às características tecnológicas dos grãos podem contribuir para maior aceitação das novas cultivares por parte dos consumidores.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características associadas à qualidade tecnológica de grãos de linhagens e cultivares de feijão-caupi.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Localização e instalação do experimento**

O ensaio de campo que deu origem aos grãos utilizados neste estudo foi conduzido na Fazenda Experimental da UNIMONTES localizada em Janaúba-MG. A área experimental possui coordenadas 15°47'50''S, 43°18'31''W e altitude de 516 m. O solo é classificado como latossolo vermelho eutrófico. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições.

O plantio ocorreu em julho de 2019 na safra de outono-inverno. As parcelas experimentais foram compostas por quatro fileiras de 4 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m entre si, totalizando uma área de 8 m<sup>2</sup>. A área útil de cada parcela foi constituída pelas duas fileiras centrais, totalizando 4 m<sup>2</sup>. O preparo do solo em pré-plantio foi realizado de maneira convencional, constando de uma aração e duas gradagens. A semeadura foi realizada com auxílio de semeadoras manuais, sendo depositadas, em média, 15 sementes por metro.

A adubação foi feita de acordo com as recomendações adotadas para a cultura (MELO et al., 2005) e constou de 250 kg ha<sup>-1</sup> da formulação NPK 4-30-10 no plantio e mais 20 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, usando como fonte nitrogenada a ureia. O experimento contou com irrigação por aspersão convencional durante todo o ciclo da cultura, tendo sido aplicada uma lâmina total de cerca de 350 mm em um turno de rega de três dias.

A colheita ocorreu em outubro de 2019. Após a colheita e processamento, os grãos foram armazenados por cerca de trinta dias até o início das avaliações. Foram utilizados grãos de 28 genótipos, sendo 17 linhagens e 11 cultivares comerciais (BRS Pajeú, BRS Maratoã, BRS Rouxinol, BRS Pujante, BRS Cauamé, BRS Guariba, BRS Novaera, BRS Itaim, BRS Tumucumaque, BRS Imponente e BRS Xiquexique). A procedência e a subclasse comercial dos genótipos avaliados estão indicadas no Quadro 1.

**Quadro 1-** Genótipos de feijão-caupi utilizados neste experimento e seus respectivos parentais/procedência e subclasse comercial.

Genótipos	Parentais/procedência	Subclasse comercial
MNC11-1013-33	MNC01-510F x Pingo-de-ouro-1-2	ML
MNC11-1013-16	MNC01-510F x Pingo-de-ouro-1-2	SV
MNC11-1013-15	MNC01-510F x Pingo-de-ouro-1-2	ML
MNC11-1013-35	MNC01-510F x Pingo-de-ouro-1-2	SV
MNC11-1018-17	MNCO2-677F-2-2 x MNCO1-631-20-5 x Pingo de Ouro-1-2	SV
MNC11-1019-8	MNCO1-631F-11 x Canapuzinho-2 x MNCO2-67F-2-1	ML
MNC11-1019-12	MNCO1-631F-11 x Canapuzinho-2 x MNCO2-67F-2-1	ML
MNC11-1019-46	MNCO1-631F-11 x Canapuzinho-2 x MNCO2-67F-2-1	ML
MNC11-1020-16	MNCO2-689F-11 x MNCO2-677F-2-1	ML
MNC11-1022-58	MNCO2-689F-11 x MNCO1-631F-20-5 x MNC99-510F-16-1	ML
MNC11-1024-1	MNCO2-689F-11 MNC99-510F-16-1 x Pingo-de-ouro-1-2	ML
MNC11-1026-15	MNCO1-689F-11 x MNCO1-631F-11 x Canapuzinho-2	ML
MNC11-1026-19	MNCO1-689F-11 x MNCO1-631F-11 x Canapuzinho-2	ML
MNC11-1031-5	MNCO1-689F-11 x MNCO2-680-1-2	SV
MNC11-1031-11	MNCO1-689F-11 x MNCO2-680-1-2	ML
MNC11-1034-2	MNCO1-631-20-5 x Pingo-de-ouro-1-2 x MNCO2-761F-2	ML
MNC11-1052-3	Bico-de-ouro-1-2-1 x MNCO1-631F-20-5 x MNC99-510F-16-1	CN
BRS Pajeú	CNCx405-17F x TE94-268-3D	ML
BRS Maratoã	Seridó x TVx1836-013J	ML
BRS Rouxinol	TE86-75-57E x TEx1-69E	SV
BRS Pujante	TE 90-180-26F x Epace 10	SV
BRS Cauamé	-	BR
BRS Guariba	IT85F-2687 x TE87-98-8G	BR
BRS Tumucumaque	TE97-404-1F x TE97-404-3F	BR
BRS Itaim	MNCO1-625E-10-1-2-5 X MNC99-544D-10-1-2-2	FR
BRS Novaera	TE96-282-22G x IT87D-611-3	BR
BRS Imponente	-	BR
BRS Xiquexique	TE96-290 x TE87-108-6G	BR

BR-Branco; CN – Canapu; FR-Fradinho; ML-Mulato; SV-Sempre-verde



## 2.2 Características avaliadas

Os grãos colhidos de cada genótipo foram divididos ao acaso em duas amostras. Uma delas foi utilizada para a determinação da massa de 100 grãos e da capacidade de hidratação dos grãos, que ocorreram no laboratório de Fitotecnia da UNIMONTES, Campus de Janaúba, MG. A outra amostra foi levada ao laboratório do Programa Feijão da UFV, em Viçosa, MG, para determinação da porcentagem de grãos duros e do tempo de cocção.

Para estimar a massa de 100 grãos, foram tomadas ao acaso 4 amostras de 100 grãos, que foram pesadas em balança de precisão de 0,001 g. Em seguida, calculou-se a média obtida pela pesagem das 4 amostras, corrigindo-se o valor obtido para 13% de umidade.

A capacidade de hidratação foi determinada pelo método descrito por Garcia-Vela e Stanley (1989), que levam em consideração a diferença de massa antes e após a embebição dos grãos. Para tanto, 50 grãos de cada parcela foram pesados e colocados em copo plástico de 200 mL contendo 100 mL de água destilada, por 12 horas. Após esse período, os grãos foram drenados por 1 minuto a cada 1 hora até completar 8 horas, e, posteriormente, pesados. Após 12 horas hidratados, foram drenados por 1 minuto e realizada a última pesagem. A capacidade de hidratação foi obtida pela fórmula:

$$CH = [(Pf - Pi) / Pi] \times 100$$

CH = percentual de água absorvida;

Pi = peso inicial da amostra;

Pf = peso final da amostra.

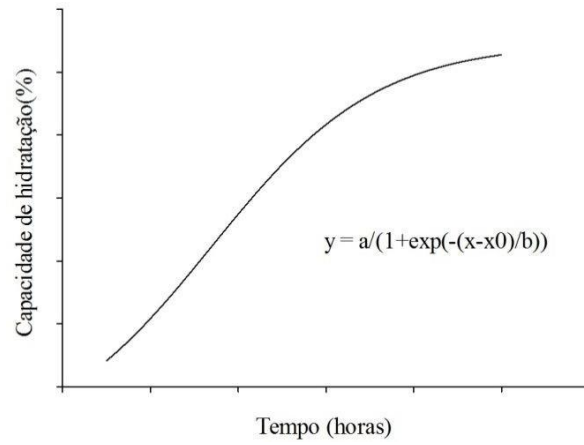
Para a estimativa da porcentagem de grãos duros, utilizou-se uma amostra de cem grãos de cada parcela. Os grãos foram embebidos em 200 mL de água destilada à temperatura

ambiente (média de 25 °C) e, após 8 horas, os grãos que não embeberam foram identificados pelo enrugamento da casca. O resultado foi expresso em % de grãos duros.

Para a determinação do tempo de cocção, foram utilizadas duas amostras de 25 grãos, previamente imersos em 50 mL de água destilada durante 8 horas. Após a hidratação, os grãos foram cozidos, utilizando-se o cozedor de Mattson, com 25 hastes de 90 g e 1,0 mm de diâmetro na ponta, de acordo com o método de Proctor e Watts (1987). O aparelho foi colocado em um copo de 2 L com água destilada fervente, mantendo-se o aquecimento. À medida que ocorria o cozimento, as hastes caíam e atravessavam os grãos. Anotou-se o tempo decorrido do início da fervura até a queda da décima terceira (mais de 50%) haste nos grãos, sendo esse considerado o tempo de cozimento.

### **2.3 Análises estatísticas**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. No caso de significância do teste F, os efeitos dos genótipos foram estudados pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância para as características: massa de 100 grãos, porcentagem de grãos duros e tempo de cocção. Já para as médias referentes à capacidade de hidratação, os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 28 x 10, envolvendo 28 genótipos e 10 tempos de hidratação (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 12 horas). O estudo dos efeitos dos genótipos dentro de cada tempo de hidratação foi realizado pelo teste de Scott-Knott, enquanto os efeitos dos tempos de hidratação foram estudados por análise de regressão. Adotou-se o modelo sigmoidal:  $y = a / (1 + \exp(-(x - x_0) / b))$ , graficamente representado na Figura 1, em que  $a$  descreve a máxima porcentagem de capacidade de hidratação,  $b$  descreve a inclinação da resposta de capacidade de hidratação e  $x_0$  estima o valor de tempo de embebição equivalente a 50% da máxima capacidade de hidratação dos grãos de genótipos de feijão-caupi.



**FIGURA 1.** Modelo sigmoidal selecionado para representar o efeito dos tempos de hidratação sobre a capacidade de hidratação de grãos de 28 genótipos de feijão-caupi.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se efeito significativo dos genótipos para as variáveis massa de 100 grãos, porcentagem de grãos duros e tempo de cocção (TABELA 1).

**TABELA 1.** Resumo das análises de variância dos dados referentes à massa de 100 grãos (M100G), porcentagem de grãos duros (GD) e tempo de cocção (COCÇÃO) de grãos de 28 genótipos de feijão-caupi cultivados na safra de outono-inverno de 2019, em Janaúba, MG.

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS		
		M100G	GD	COCÇÃO
GENÓTIPOS	28	24,881*	313,552*	4,0133*
ERRO	27	0,5647	19,0714	0,94469
CV (%)		3,45	33,50	9,86

\* significativo a 5 % de significância pelo teste F.

Os valores de massa de 100 grãos variaram entre 17,43 e 37,02g. A cultivar BRS Imponente obteve o maior valor de massa de 100 grãos, seguida das linhagens MNC11-1013E-15 e MNC11-1019E-8 que, juntamente com as cultivares BRS Novaera e BRS Itaim, ficaram no segundo grupo formado pelo teste de médias. Por sua vez, apenas a linhagem MNC11-1020E-66 e a cultivar BRS Rouxinol apresentaram os menores valores de massa de grãos, abaixo de 18g, o que, de acordo com Freire Filho et al. (2001), é o valor considerado como padrão comercial para cultivares de grãos da classe “cores” (TABELA 2).

Silva et al. (2017), estudando o rendimento de grãos de feijão-caupi em cultivo irrigado no estado de Roraima, encontraram valores, em gramas/100 grãos, de 16,82 para a cultivar BRS Xiquexique e 18,55 g para a cultivar BRS Maratoã. Diferente dos resultados obtidos no presente estudo, em que essas cultivares alcançaram 18,82 e 20,62 g, respectivamente. Perina et al. (2014) relataram que genótipos com elevada massa de 100 grãos apresentam maior expansão

volumétrica e, conseqüentemente, maior rendimento de panela, o que é requerido tanto pelo consumidor como pelo mercado atacadista e/ou varejista.

Em relação à porcentagem de grãos duros, os genótipos foram agrupados em quatro grupos. O primeiro grupo foi constituído pelas cultivares BRS Guariba, BRS Novaera, BRS Maratoã, BRS Cauamé, BRS Tumucumaque e BRS Imponente, que não apresentaram nenhum grão duro, além das cultivares BRS Itaim e BRS Puajante, que apresentaram 1% de grãos duros, e das cultivares BRS Pajeú, BRS Xiquexique e BRS Rouxinol, que apresentaram 3% de grãos duros. O segundo grupo foi composto pelas linhagens MNC11-1026E-15, MNC11-1019E-8, MNC11-1031E-5, MNC11-1034E-2 e a linhagem MNC11-1022E-58, com porcentagem de grãos duros variando de 6 e 13%. O terceiro grupo foi composto pelas linhagens MNC11-1052E-3, MNC11-1026E-19, MNC11-1031E-11, MNC11-1019E-46, MNC11-1013E-33, MNC11-1013E-15 e a linhagem MNC11-1019E-12, com grãos duros variando de 16 a 24%. Os demais genótipos foram inseridos no quarto grupo, com valores variando entre 28 e 40% de grãos duros (Tabela 2).

A ocorrência de grãos duros é uma característica indesejável para o feijão-caupi, por resultar em acréscimos no tempo de cozimento, o que pode refletir na sua depreciação comercial. Essa característica está relacionada ao endurecimento dos grãos, conhecido como “hard-to-cook” (MARTIN-CABREJAS et al., 1997). Tal fenômeno prolonga o tempo de cocção, mesmo depois de cozimento prolongado em água em ebulição, causando redução na qualidade nutricional e ainda modificações indesejáveis na cor e textura (KIGEL, 1999).

O endurecimento dos grãos está relacionado à sua lignificação, que promove o desenvolvimento do endurecimento com a polimerização dos compostos fenólicos, provenientes, principalmente, das cascas, que são ricas nessas substâncias. Esse processo é mediado por enzimas óxido-redutases e pela formação de ligações entre os compostos fenólicos e as proteínas da parede celular dos cotilédones (NASAR-ABBAS et al., 2008).

**TABELA 2.** Massa de 100 grãos (MMG), porcentagem de grãos duros (GD) e tempo de cocção (COCÇÃO) de grãos de 28 genótipos de feijão-caupi cultivados na safra de outono-inverno de 2019, em Janaúba, MG.

<b>Genótipos</b>	<b>M100 (g)</b>	<b>GD (%)</b>	<b>COCÇÃO (min)</b>
BRS Imponente	37,02 a	0,00 a	8,45 a
MNC11-1013E-15	24,60 b	24,0 c	11,42 b
BRS Novaera	24,07 b	0,00 a	8,51 a
MNC11-1019E-8	23,41 b	7,00 b	10,39 a
BRS Itaim	23,19 b	1,00 a	8,93 a
MNC11-1031E-5	22,79 c	10,0 b	8,90 a
MNC11-1019E-46	22,71 c	20,0 c	10,0 a
MNC11-1022E-58	22,68 c	13,0 b	10,94 b
BRS Guariba	22,48 c	0,00 a	8,97 a
MNC11-1019E-12	22,37 c	24,0 c	9,45 a
MNC11-1024E-1	22,07 c	29,0 d	12,36 b
MNC11 - 1013E-16	22,03 c	40,0 d	11,72 b
BRS Tumucumaque	22,01 c	0,00 a	7,49 a
NC11-1052E-3	21,70 c	16,0 c	10,35 b
MNC11-1013E-35	21,68 c	34,0 d	11,35 b
MNC11-1018E-17	21,66 c	28,0 d	13,56 b
MNC11-1013E-33	21,20 c	23,0 c	9,81 a
MNC11-1034E-2	20,86 c	11,0 b	9,42 a
BRS Maratoã	20,62 d	0,00 a	9,95 a
MNC11-1026E-15	20,18 d	6,00 b	9,89 a
BRS Pujante	20,05 d	1,00 a	11,37 b
MNC11-1026E-19	20,02 d	17,0 c	9,47 a
BRS Pajeú	19,57 d	3,00 a	7,88 a
BRS Cauamé	18,98 e	0,00 a	8,21 a
BRS Xiquexique	18,82 e	3,00 a	8,59 a
MNC11-1031E-11	18,00 e	18,0 c	12,36 b
BRS Rouxinol	17,77 e	3,00 a	9,17 a
MNC11-1020E-66	17,43 e	34,0 d	9,87 a
CV%	3,45	33,5	9,86

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

O tempo de cocção dos grãos variou entre 7:49 e 13:56 minutos entre os genótipos, que foram distribuídos em dois grupos. No primeiro grupo, foram inseridas todas as cultivares avaliadas, com exceção da BRS Pujante, além das linhagens MNC11-1031E-5, MNC11-1031E-11, MNC11-1034E-2, MNC11-1019E-12, MNC11-1026E-19, MNC11-1013E-33, MNC11-1020E-66, MNC11-1026E-15, MNC11-1019E-46, MNC11-1052E-3 e MNC11-1019E-8, que apresentaram até 10,39 minutos para a cocção (TABELA 2).

O rápido cozimento pode estar associado à absorção rápida de água pelos grãos (PLHAK et al.,1989). No presente trabalho, com a exceção da linhagem MNC11-1022E-58 e da cultivar BRS Pujante, os genótipos que obtiveram os menores tempos de cocção obtiveram também menores porcentagens de grãos duros. Além disso, entre os genótipos com menores valores para o tempo de cocção, os valores da porcentagem de grãos duros foram de até 23%, comprovando a associação entre essas características (Tabela 2). Esses resultados já eram esperados, uma vez que o endurecimento é provocado por alterações químicas e enzimáticas no tegumento, tornando-o mais rígido e menos impermeável à água (STANLEY e AGUILERA, 1985).

É fundamental buscar cultivares de feijão-caupi com reduzido tempo de cozimento, tendo em vista a preservação das propriedades químicas, físicas e sensoriais do feijão no processamento (BORDIN et al., 2010). Se esse tempo for longo, as cultivares são menos aceitas pelos consumidores, pelo gasto maior de energia no preparo. Portanto, o desenvolvimento de cultivares de feijão de rápido cozimento é essencial para atender às necessidades do mercado consumidor que dispõe de tempo reduzido para o preparo da refeição e quer diminuir os custos com a utilização de energia (BEZERRA et al., 2019). Na literatura, são escassos os trabalhos demonstrando o tempo de cocção para o feijão-caupi, o que demanda mais estudos para essa característica em diversas regiões de cultivo. Bezerra et al. (2019) encontraram tempo de cocção variando de 8 a 10 minutos para genótipos de feijão-caupi na Paraíba. Silva. (2011) cita tempo de cocção variando entre 9 e 14 minutos, semelhante aos resultados do presente estudo.

A análise de variância referente à capacidade de hidratação (TABELA 3) constatou significância para a interação genótipos x tempos de hidratação.

**TABELA 3.** Resumo da análise de variância referente à capacidade de hidratação de grãos (CH) de genótipos de feijão-caupi cultivados na safra de outono-inverno de 2019, em Janaúba, MG.

<b>FONTES DE VARIAÇÃO</b>	<b>GL</b>	<b>QUADRADOS MÉDIOS</b>
<b>GENÓTIPOS</b>	27	6361,2451*
<b>TEMPOS</b>	9	86559,3992*
<b>GENÓTIPOS X TEMPOS</b>	243	420,4167*
<b>ERRO</b>	280	50,487
<b>CV (%)</b>		13,13

\*significativo a 5% de significância pelo teste F.

O desdobramento da interação, estudando-se os genótipos em cada tempo de hidratação, revelou que, para o tempo 0, não houve diferença significativa entre os genótipos avaliados (TABELA 4). Ressalta-se que os valores encontrados nesse tempo representam a umidade inicial dos grãos, o que indica que a umidade inicial foi igual para todos os genótipos avaliados, evitando que o teste fosse influenciado por alguma possível diferença de umidade.

Já na primeira hora de embebição, as cultivares BRS Guariba, BRS Itaim, BRS Tumucumaque, BRS Imponente e BRS Novaera apresentaram maiores capacidades de hidratação do que os demais genótipos avaliados (Tabela 4). Com exceção da BRS Itaim, que apresentou 1% de grão duro, as demais cultivares (BRS Guariba, BRS Tumucumaque, BRS Imponente e BRS Novaera) não apresentaram. Dessa forma, pode-se confirmar que a menor porcentagem de grãos duros está relacionada também com a maior capacidade de hidratação dos grãos.



**TABELA 4.** Valores médios da capacidade de hidratação (%) em diferentes tempos (0 a 12 horas) para grãos de 28 genótipos de feijão-caupi cultivados na safra de outono-inverno de 2019, em Janaúba, MG.

Genótipos	Tempo de hidratação (horas)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	12
BRS Guariba	0,00 a	99,56 a	118,5 a	122,1 a	122,2 a	123,5 a	131,2 a	127,1 a	127,1 a	127,2 c
BRS Itaim	0,00 a	98,48 a	115,3 a	123,0 a	123,3 a	126,6 a	131,4 a	131,4 a	131,4 a	136,1 b
BRS Tumucumaque	0,00 a	92,25 a	113,6 a	122,2 a	122,2 a	122,7 a	123,1 a	127,1 a	129,1 a	129,1 c
BRS Imponente	0,00 a	90,99 a	109,1 a	116,7 a	117,2 a	119,1 a	122,0 a	122,3 a	122,3 a	122,3 c
BRS Novaera	0,00 a	87,80 a	106,4 a	111,8 a	113,1 a	115,4 a	120,6 a	120,6 a	120,6 a	125,4 c
BRS Xiquexique	0,00 a	49,42 b	73,09 b	94,50 b	101,1 b	108,8 a	112,6 b	115,4 a	113,7 b	117,6 c
BRS Cauamé	0,00 a	48,47 b	81,67 c	103,6 b	108,7 a	117,8 a	125,5 a	125,5 a	125,5 a	130,1 c
MNC11-1026E-15	0,00 a	46,70 b	64,27 c	76,86 c	78,86 c	91,97 b	103,5 b	109,5 b	111,0 b	128,0 c
BRS Maratoã	0,00 a	37,68 c	60,42 c	75,87 c	87,96 b	101,4 b	114,4 b	116,4 a	116,9 a	126,1 c
MNC11-1013E-35	0,00 a	34,55 c	39,18 e	47,59 e	54,06 e	66,75 d	83,03 d	89,66 c	100,4 b	129,8 c
BRS Rouxinol	0,00 a	34,44 c	36,11 e	43,33 e	59,44 d	91,66 b	113,8 b	119,4 a	125,0 a	134,4 b
MNC11-1019E-46	0,00 a	34,28 c	35,24 e	46,19 e	58,08 d	77,12 c	97,09 c	105,6 b	107,1 b	130,4 c
MNC11-1026E-19	0,00 a	32,99 c	54,91 c	65,42 d	75,08 c	90,84 b	107,0 b	113,1 b	125,9 a	141,8 b
MNC11-1034E-2	0,00 a	31,57 c	40,59 d	51,04 e	60,95 d	79,68 c	99,31 c	105,9 b	113,1 b	141,3 b

Continua...

**TABELA 4. Conclusão**

Genótipos	Tempo de Hidratação (Horas)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	12
MNC11-1031E-11	0,00 a	30,05 c	48,73 d	61,16 d	76,40 c	89,40 b	104,6 b	110,8 b	123,2 a	158,5 a
MNC11-1018E-17	0,00 a	29,93 c	42,08 d	50,02 e	59,89 d	71,90 d	95,13 c	102,9 b	111,7 b	139,6 b
MNC11-1019E-12	0,00 a	29,22 c	44,91 d	58,18 d	66,70 d	77,36 c	92,09 c	106,2 b	106,2 b	126,5 c
MNC11-1013E-15	0,00 a	28,75 c	28,75 e	31,67 f	34,58 f	47,50 e	68,33 d	82,90 c	100,0 b	129,1 c
MNC11-1013E-15	0,00 a	26,81 c	42,27 d	46,82 e	51,82 e	60,91 d	75,00 d	84,50 c	100,0 b	130,4 c
BRS Pajeú	0,00 a	24,76 d	40,29 d	51,45 e	61,65 d	80,10 c	99,03 c	106,7 b	111,1 b	117,9 c
MNC11-1052E-3	0,00 a	24,60 d	43,96 d	59,74 d	73,40 c	88,25 b	97,41 c	102,6 b	114,1 b	140,4 b
MNC11-1020E-66	0,00 a	19,65 d	27,91 e	40,90 e	46,73 e	62,15 d	81,94 d	90,28 c	105,0 b	157,0 a
MNC11-1031E-5	0,00 a	16,81 d	31,90 e	43,97 e	57,32 d	80,60 c	104,3 b	108,6 b	116,3 a	125,8 c
MNC11-1013E-33	0,00 a	16,14 d	34,39 e	40,35 e	42,83 e	54,71 e	76,04 d	91,75 c	105,9 b	139,9 b
MNC11-1019E-8	0,00 a	15,65 d	29,66 e	43,22 e	49,99 e	69,07 d	88,11 c	99,13 b	109,2 b	135,1 b
MNC11-1013E-16	0,00 a	10,91 d	10,91 f	15,00 g	22,27 f	25,00 f	38,63 e	53,18 d	100,0 b	122,7 c
MNC11-1022E-58	0,00 a	10,83 d	27,00 e	38,26 e	51,32 e	69,37 d	92,39 c	103,6 b	109,9 b	128,9 c
BRS Pujante	0,00 a	9,87 d	41,45 d	74,49 c	90,24 b	103,4 b	117,2 a	122,1 a	128,0 a	134,9 b
CV%						9,16				

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Todos os genótipos avaliados apresentaram mais de 100% de capacidade de hidratação com até 8 horas de embebição (TABELA 4), que foi o tempo considerado para embebição dos grãos para determinar o tempo de cocção neste estudo.

Com exceção da cultivar BRS Rouxinol, todas as cultivares expressaram maior capacidade de hidratação quando comparado às linhagens-elite estudadas. A BRS Rouxinol teve seu lançamento no ano de 2002, sendo a cultivar mais antiga entre as consideradas neste estudo, o que pode explicar, em parte, esse resultado, pois há um constante avanço no melhoramento genético na medida que cultivares mais novas são lançadas. Além disso, essa cultivar ficou no grupo com menor tempo de cocção (Tabela 2). Segundo Rodrigues et al. (2005<sup>a</sup>), a hidratação e cocção dos grãos, geralmente, estão relacionadas, associando a maior capacidade de absorção de água pelos grãos com o menor tempo de cocção.

Campos et al. (2010), estudando a capacidade de hidratação de grãos de feijão-caupi em Roraima, observaram que as cultivares BRS Guariba e BRS Novaera levaram quase quatro horas para apresentar 100% da capacidade de absorção de água. Essas cultivares ficaram armazenadas em garrafas Pet e em regiões com condições edafoclimáticas distintas das deste estudo, o que pode ter contribuído com as diferenças encontradas na capacidade de absorção.

A variabilidade genética foi constatada por outros autores (OLIVEIRA et al., 2012, CAMPOS et al., 2010, LEMOS et al., 2004, RIBEIRO et al., 2003) para capacidade de hidratação dos grãos. Segundo Studdert et al. (1994), a embebição e/ou hidratação das sementes é um processo físico que se associa com a sua composição química e estrutural. Para Pujola et al. (2007), as diferenças na capacidade de hidratação entre as cultivares podem estar associadas à rigidez do tegumento, aderência dos cotilédones, elasticidade, porosidade e propriedades coloidais na absorção de água pelos grãos; além de diferenças na constituição genética, ou variabilidade dos genótipos.

A análise de regressão revelou efeito dos tempos de hidratação sobre a capacidade de hidratação de todos os genótipos avaliados (FIGURA 1). Os coeficientes das equações obtidas para cada genótipo estão apresentados na Tabela 5. As cultivares BRS Itaim, BRS Imponente, BRS Novaera, BRS Tumucumaque e a BRS Xiquexique obtiveram os menores tempos no processo de embebição para obter 50% da máxima capacidade de hidratação dos grãos (TABELA 5). A determinação da capacidade de hidratação dos grãos antes do cozimento é uma característica

importante na qualidade do grão, podendo estar associada ao maior conteúdo proteico. Já o baixo potencial de hidratação é provocado por alto teor de amido nos grãos (SOUZA, 2003). Essas cultivares também foram inseridas no grupo com o menor tempo de cozimento (Tabela 4). Dessa forma, essa característica pode ser um bom indicativo do tempo de cocção, ou seja, quanto menor o tempo de hidratação, maior quantidade de água absorvida e, conseqüentemente, menor tempo de cocção (RODRIGUES et al., 2005b).

**TABELA 5.** Coeficientes de regressão logística sigmoidal da relação entre o tempo de embebição e a capacidade de hidratação de 28 genótipos de feijão-caupi, em que “a” descreve a máxima porcentagem de capacidade de hidratação, “b” descreve a inclinação da resposta de capacidade de hidratação e “x<sup>0</sup>” estima o valor de tempo de embebição equivalente a 50% da máxima capacidade de hidratação.

GENÓTIPOS	a	b	x <sup>0</sup>	R <sup>2</sup>
MNC11-1013E-33	152,2323**	2,4386**	6,0378**	0,98
MNC11-1013E-16	131,4978**	1,5884**	7,0580**	0,96
MNC11-1013E-15	144,7577**	2,5318**	6,3304**	0,97
MNC11-1013E-35	138,2558**	2,7328**	5,0870**	0,96
MNC11-1018E-17	143,8105**	2,3555**	4,7202**	0,97
MNC11-1019E-8	137,2071**	2,0164**	4,9618**	0,99
MNC11-1019E-12	124,5075**	2,0320**	3,6942**	0,97
MNC11-1019E-46	131,0119**	2,0410**	4,2229**	0,97
MNC11-1020E-66	177,1988**	2,6862**	6,7173**	0,99
MNC11-1022E-58	128,5473**	1,6759**	4,6154**	0,99
MNC11-1013E-15	144,5830**	2,9314**	5,7120**	0,96
MNC11-1026E-15	118,7068**	1,7103**	2,3639**	0,92
MNC11-1026E-19	139,9827**	2,0114**	3,5912**	0,96
MNC11-1031E-5	126,1997**	1,5269**	4,0405**	0,99
MNC11-1031E-11	159,0530**	2,3797**	4,4877**	0,97
MNC11-1034E-2	142,7814**	2,2219**	4,4761**	0,97
MNC11-1052E-3	134,9286**	2,0353**	3,8773**	0,97
BRS Pajeú	119,1876**	1,6700**	3,5932**	0,98
BRS Maratoã	120,2332**	1,3104**	2,3524**	0,97
BRS Rouxinol	137,3882**	1,6301**	3,9828**	0,97
BRS Pujante	127,5047**	1,0876**	2,9402**	0,98
BRS Cauamé	123,2740**	0,7661**	1,5476**	0,97
BRS Guariba	123,7176**	0,1347 <sup>ns</sup>	0,8093 <sup>ns</sup>	0,99
BRS Novaera	116,8327**	0,1754 <sup>ns</sup>	0,8068**	0,98
BRS Itaim	127,3891**	0,1664 <sup>ns</sup>	0,7968**	0,98
BRS Tumucumaque	123,7252**	0,1754 <sup>ns</sup>	0,8123**	0,99
BRS Imponente	118,9527**	0,1663 <sup>ns</sup>	0,8044**	0,99
BRS Xiquexique	112,5044**	0,7925**	1,5037**	0,97

<sup>ns</sup> não significativo; \* P < 0,05; \*\* P < 0,01.

Os genótipos MNC11-1013E-16, MNC11-1020E-66, MNC11- 1013E-15 e MNC11-1013E-33 precisaram de mais tempo no processo de embebição para atingir 50 % da máxima capacidade de hidratação (TABELA 5). O genótipo MNC11-1013E-16, além de demandar maior tempo para atingir 50% da máxima capacidade de hidratação, apresentou a maior porcentagem de grãos duros, de 40% (TABELAS 5 e 4).

De acordo com Campos (2010), fatores genéticos também afetam a capacidade de hidratação, principalmente, características do tegumento, como espessura, aderência do tegumento aos cotilédones, elasticidade e porosidade. Esses resultados sugerem que esse genótipo pode conter alguma dessas propriedades que confere menor permeabilidade ao tegumento, o que pode ter ocasionado uma absorção mais lenta de água e maior porcentagem de grãos duros.

Em síntese, as cultivares BRS Imponente, BRS Novaera, BRS Itaim e BRS Tumucumaque se destacaram, apresentando resultados superiores para as características: massa de 100 grãos, porcentagem de grãos duros e tempo de cocção.

A cultivar BRS Imponente, lançada pela Embrapa em 2016, apresenta massa média de 34 gramas para cada 100 grãos, apresentando-se ao mercado como a primeira cultivar de feijão-caupi com grãos extragrandes, sendo recomendada para a produção em condições de sequeiro e irrigado.

A BRS Novaera, lançada em 2007, também cultivada nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, apresenta porte semiereto e alta resistência ao acamamento, com grãos bem formados no padrão de preferência dos consumidores, tanto no mercado nacional quanto no mercado internacional. Apresenta massa de 100 grãos acima de 20g, inicialmente, caracterizada pela EMBRAPA Meio-Norte, indicando adaptabilidade para a região Norte de Minas Gerais (SOUZA et al., 2018).

A cultivar BRS Itaim é indicada para cultivo, na região Norte, nos estados de Roraima, Pará e Tocantins; na região Nordeste, no Piauí, Maranhão e Sergipe e na região Centro-Oeste de Mato Grosso. Apresenta grãos fradinhos típicos, bem formados e com excelente apelo visual, sendo recomendada, principalmente, para cultivo em regime de sequeiro (EMBRAPA, 2009a). Na região Norte de Minas Gerais, essa cultivar apresenta rendimentos satisfatórios acima de 1600,00 Kg. Ha<sup>-1</sup>; além de baixo acamamento e valor de cultivo dentro do padrão comercial (SOUZA et al., 2018).

A BRS Tumucumaque, lançada em 2009, é indicada para cultivo por agricultores familiares, em regime de sequeiro e irrigado, nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil. No ano de 2014, a cultivar proporcionou um incremento de produtividade de 25% em relação à BRS Guariba, que foi a primeira cultivar a ser exportada no Brasil. Esse aumento se deu pelas características percebidas e valorizadas pelo mercado como maior permanência da cor clara, tamanho e melhor uniformidade dos grãos (EMBRAPA, 2009b). Na região Norte de Minas Gerais, essa cultivar tem mostrado adaptabilidade quanto às características de desempenho agrônômico, como baixo acamamento, valor de cultivo satisfatório e produtividade alta, de até 1787,98 Kg.ha<sup>-1</sup> (GUERRA et al., 2017).

Vale ressaltar que a avaliação de características tecnológicas dos grãos deve ser feita em conjunto com as características de desempenho agrônômico, sendo de suma importância para a aceitação comercial de novas cultivares no mercado. Além disso, novos estudos devem ser realizados para a recomendação de cultivo e comercialização de novas cultivares de feijão-caupi; uma vez que todas as características associadas à qualidade tecnológica podem ser influenciadas pela constituição genética do grão e pelas condições ambientais.

## CONCLUSÕES

As cultivares BRS Tumucumaque, BRS Pajeú, BRS Cauamé, BRS Imponente, BRS Novaera, BRS Xiquexique, BRS Itaim, BRS Guariba, BRS Maratoã, BRS Rouxinol e as linhagens MNC11-1020E-66, MNC11-1026E-19, MNC11-1026E-15, MNC11-1034E-2, MNC11-1013E-33, MNC11-1019E-12, MNC11-1019E-46, MNC11-1031E-5 e MNC11-1019E-8 demandam menor tempo de cozimento, variando de 7,49 a 10,39 minutos.

As cultivares BRS Itaim, BRS Imponente, BRS Novaera, BRS Tumucumaque, BRS Xiquexique e BRS Cauamé demandam menor tempo para hidratação dos grãos.

As cultivares BRS Imponente, BRS Novaera, BRS Tumucumaque e BRS Cauamé apresentam os melhores resultados para a maioria das características associadas à qualidade tecnológica de grãos (sem grãos duros, menor tempo de cocção e menor tempo para hidratação dos grãos).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anexo IV. **Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*), para a inscrição no registro nacional de cultivares – RCN**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, 2001. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 13 fev. 2020.

BEZERRA, J. M.; VIEIRA, M. M. S.; SANTOS, A. F., FARIAS, E. T. R.; LOPES, M. F.; dos SOUZA, A. S. Composição química de oito cultivares de feijão-caupi. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 14, n. 1, 41-47. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v14i1.6683>. Acesso em: 13 fev. 2020.

BORDIN, L. C.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A. D.; ZILIO, M. Diversidade genética para a padronização do tempo e percentual de hidratação preliminar ao teste de cocção de grãos de feijão. **Food Science and Technology**, London, v. 30, n. 4, p. 890-896. 2010. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612010000400009](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612010000400009). Acesso em: 14 fev. 2020.

CAMPOS, E. S.; ALVES, J. M. A.; UCHÔA, S. C. P.; de ALBUQUERQUE, J. D. A. A.; SANTOS, C. S. V. Características morfológicas e físicas de grãos secos e hidratados de cinco cultivares de feijão-caupi. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 4, n. 1, p. 34-41, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v4i1.242>. Acesso em: 14 fev. 2020.

D'ALBUQUERQUE, C. L. C. **Adaptabilidade e estabilidade produtiva e características tecnológicas de genótipos de feijão-caupi na região meio-norte do Brasil. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias**. 2013. 119 p. Tese. Doutorado. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/105158>. Acesso em 13 fev. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soluções tecnológicas**. Feijão-caupi BRS Itaim. 2009a. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/435/feijao-caupi-brs-itaim>>. Acesso em 07 out. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soluções tecnológicas**. Feijão-caupi BRS Tumucumaque. 2009b. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/435/feijao-caupi-brs-tumucumauque>>. Acesso em 07 out. 2019.

FREIRE FILHO, F. R. Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. **Embrapa Meio-Norte-Livro científico (ALICE)**. 2011.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; LOPES, A. C. A. Adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos de genótipos de caupi de porte semi-ereto. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 06, n. 02, p. 31-39, 2001. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2003000500006](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2003000500006). Acesso em: 15 fev. 2020.



GARCIA-VELA, L. A.; STANLEY, D.W. Water-holding capacity in hard-to-cook bean (*Phaseolus vulgaris* L.): effect of ph and ionic strength. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 54, n. 4, p. 1080-1081, 1989. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.1989.tb07950.x>. Acesso em: 15 fev. 2020.

GUERRA, J. V. S.; CARVALHO, A. J. de; MEDEIROS, J. C.; SOUZA, A. A. de; BRITO, O. G. Agronomic performance of erect and semi-erect cowpea genotypes in the North of Minas Gerais, Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 679-686, 2017. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-21252017000300679&lng=en&tlng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21252017000300679&lng=en&tlng=en). Acesso em: 28 mar. 2020.

KIGEL, J. Culinary and nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* seeds as affected by environmental factors. **Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement**, Gembloux, n. 3, n. 4, p. 205-209, 1999. Disponível em: <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=15472>. Acesso em: 28 mar. 2020.

LEMOS, L. B.; OLIVEIRA, R. S. D.; PALOMINO, E. C.; SILVA, T. R. B. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 319-326, abr. 2004. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000057&pid=S0006-8705201000030003000007&lng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000057&pid=S0006-8705201000030003000007&lng=en). Acesso em: 28 mar. 2020.

MARTIN-CABREJAS, M. A.; ESTEBAN, R. M.; PEREZ, P.; MAINA, G.; WALDRON, K. W. Changes in physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during long-term storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 45, n. 8, p. 3223-3227, 1997. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf970069z>. Acesso em: 28 mar. 2020.

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; SALVIANO, A. A. C. Fertilidade do Solo e Adubação. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2005. cap. 6, p. 213-228.

NASAR-ABBAS, S. M.; PLUMER, J. A.; SIDDIQUE, K. H. M.; WHITE, P.; HARRIS, D.; DODS, K. Cooking quality of faba bean after storage at high temperature and the role of lignins and other phenolics in bean hardening. **LWT – Food Science and Technology**, London, v. 41, p. 1260-1267, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.07.017>. Acesso em: 29 mar. 2020.

OLIVEIRA, D. P.; VIEIRA, N. M. B.; SOUZA, H. C.; MORAIS, A. R.; PEREIRA, J.; ANDRADE, M. J. B. Qualidade tecnológica de grãos de cultivares de feijão-comum na safra das águas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1831-1838, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/9578>. Acesso em: 29 mar. 2020.

PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L.; CHIORATO, A. F.; LOPES, R. L. T.; GONÇALVES, J. G. R.; CARBONELL, S. A. M. Technological quality of common bean grains obtained in different

growing seasons. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 1, p. 14-22, 2014. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052014000100003](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052014000100003). Acesso em: 29 mar. 2020.

PLHAK, L. C.; CALDWELL, K. B.; STANLEY, D.W. Comparison of methods used to characterize water imbibition in hard-to-cook beans. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 54, n. 2, p. 326-336, 1989. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/230254506\\_Comparison\\_of\\_Methods\\_Used\\_to\\_Characterize\\_Water\\_Imbibition\\_in\\_Hard-To-Cook\\_Beans](https://www.researchgate.net/publication/230254506_Comparison_of_Methods_Used_to_Characterize_Water_Imbibition_in_Hard-To-Cook_Beans). Acesso em: 29 mar. 2020.

PUJOLA, M.; FARRERAS, A.; CASANAS, F. Protein and starch content of raw, soaked and cooked beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, London, v. 102, n. 4, p. 1034-1041. 2007. Disponível em: <https://europepmc.org/article/agr/ind43887255>. Acesso em: 15 fev. 2020.

PROCTOR, J. R.; WATTS, B. M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Apple Hill, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1987. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0315546387706622>. Acesso em: 16 fev 2020.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; FARONI, L. R. D. A.; CECON, P. R. Avaliação da qualidade tecnológica do feijão durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 517-524, 2008. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542008000200027&lng=pt&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542008000200027&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 16 fev. 2020.

RIBEIRO, N. D.; SILVA, S. M.; GARCIA, D. C.; JÚNIOR, L. H. Variabilidade genética para absorção de água em grãos de feijão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 9, n. 1-2, p. 77-83, 2003. Disponível em: <http://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/449>. Acesso em: 28 mar. 2020.

RODRIGUES, J. A.; RIBEIRO, N. D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; TRENTIN, M.; LONDERO, P. M. G. Qualidade para o cozimento de grãos de feijão obtidos em diferentes épocas de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 369-376, 2005a. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/250023978\\_Qualidade\\_para\\_o\\_cozimento\\_de\\_graos\\_de\\_feijao\\_obtidos\\_em\\_diferentes\\_epocas\\_de\\_semeadura](https://www.researchgate.net/publication/250023978_Qualidade_para_o_cozimento_de_graos_de_feijao_obtidos_em_diferentes_epocas_de_semeadura). Acesso em: 28 mar. 2020.

RODRIGUES, J. A.; RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M. G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; GARCIA, D. C. Correlações entre absorção de água e tempo de cozimento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 209-214, 2005b. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000100034>. Acesso em: 29 mar. 2020.

SILVA, G. C.; MAGALHÃES, R. C.; SOBREIRA, A. C.; SCHMITZ, R.; da SILVA, L. C. Rendimento

de grãos secos e componentes de produção de genótipos de feijão-caupi em cultivo irrigado e de sequeiro. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 10, n. 4, p. 342-350. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i4.3385>. Acesso em: 23 mar. 2020.

SILVA, S. Z. da. **Resistance and quality of technological and nutritional quality of cowpea cultivars (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) to *Callosobruchus maculatus* (Fabr.) (Coleoptera: Bruchidae)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2011. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/handle/tede/2826>. Acesso: 23 mar. 2020.

SOUSA, M. B.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; ROCHA, M. D. M.; MENEZES JÚNIOR, J. Â. N. D.; Lima, L. R. L. Adaptabilidade e estabilidade produtiva em linhagens elite de feijão-caupi de porte semiprostrado no Cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 48, n. 5spe, p. 832-839. 2003. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-66902017000500832&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-66902017000500832&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 22 mar. 2020.

SOUZA, V. B. D.; CARVALHO, A. J. D.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; ROCHA, M. D. M.; LACERDA, M. L.; PEREIRA FILHO, I. A. Agronomic Performance of Cowpea Elite lines in the states of Minas Gerais and Mato Grosso, Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 90-98, 2018. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-21252018000100090](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21252018000100090). Acesso em: 23 mar. 2020.

SPONCHIADO, J. C.; SOUZA, C. A.; COELHO, C. M. M. Teste de condutividade elétrica para determinação do potencial fisiológico de sementes de aveia branca. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 2405-2414. 2014. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/285692372\\_Testes\\_de\\_condutividade\\_eletrica\\_para\\_determinacao\\_do\\_potencial\\_fisiologico\\_de\\_sementes\\_de\\_aveia\\_branca](https://www.researchgate.net/publication/285692372_Testes_de_condutividade_eletrica_para_determinacao_do_potencial_fisiologico_de_sementes_de_aveia_branca). Acesso em: 15 fev. 2020.

STANLEY, D. W.; AGUILERA, J. M. A review of textural defects in cooked reconstituted legumes - The influence of structure and composition. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v. 9, p. 277-323, 1985. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-4514.1985.tb00355.x>. Acesso em: 12 fev. 2020.

STUDDERT, G. A.; WILHELM, W. W.; POWER, J. F. Imbibition Response of Winter Wheat to Water-Filled Pore Space. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 6, p. 995-1000. 1994. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1745-4514.1985.tb00355.x>. Acesso em: 28 mar. 2020.

## **CAPÍTULO III**

### **PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE LINHAGENS E CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI**

## RESUMO

Silva, Liliane Santana. **Propriedades físicas de grãos de linhagens e cultivares de feijão-caupi** 2020. Cap 1. 76-98. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba - MG<sup>7</sup>.

Objetivou-se avaliar características associadas a propriedades físicas de grãos de linhagens e cultivares de feijão-caupi. O estudo foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Beneficiamento de grãos e sementes, no Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), em Janaúba, MG. Foram utilizados grãos de 28 genótipos de feijão-caupi, envolvendo 17 linhagens-elite e 11 cultivares (BRS Pajeú, BRS Maratoã, BRS Rouxinol, BRS Pujante, BRS Cauamé, BRS Guariba, BRS Novaera, BRS Itaim, BRS Tumucumaque, BRS Imponente e BRS Xiquexique). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. As características avaliadas foram a forma (esfericidade e circularidade), o tamanho (área projetada) dos grãos, a umidade, o peso hectolitro, o ângulo de repouso, a massa de mil grãos e a porosidade da massa de grãos. As linhagens e cultivares apresentam esfericidade de 68,00 a 79,23% e circularidade de 65,00 a 78,44%. A BRS Imponente obteve a maior área projetada (84,21 mm<sup>2</sup>), seguida da cultivar BRS Novaera (59,68 mm<sup>2</sup>) e da linhagem MNC11-1013E-15 (55,24 mm<sup>2</sup>). A umidade dos grãos variou de 5 a 16%. As linhagens MNC11-1031E-5, MNC11-1013E-15 e MNC11-1052E-3 e as cultivares BRS Tumucumaque, BRS Imponente e a BRS Xiquexique obtiveram os maiores valores para peso hectolitro. A cultivar MNC11-1018E-17 apresentou o maior valor de ângulo de repouso (57,48°). A massa de mil grãos variou de 189,37 a 276,87g e a porosidade da massa variou de 56,67 a 73,33%.

**Palavras-chave:** Caracterização física, qualidade, *Vigna unguiculata* L.

<sup>7</sup> **Comitê orientador:** Prof. Dr. Abner José de Carvalho – UNIMONTES (Orientador). Pesq. Dr. Maurisrael de Moura Rocha – EMBRAPA Meio-norte (Co-orientador).

## **CHAPTER III**

### **PHYSICAL PROPERTIES OF LINE GRAINS AND COWPEA-BEAN CULTIVARS**

## ABSTRACT

SILVA, Liliane Santana. **Physical properties of line grains and cowpea-bean cultivars** . 2020. 76-98. Dissertation (Master's degree in. in Plant Production in the Semiarid) - State University of Montes Claros, Janaúba–MG<sup>8</sup>.

The objective of this study was to evaluate characteristics associated with physical properties of grains of cowpea lines and cultivars. The study was conducted at the Grain and Seed Storage and Processing Laboratory at the Federal Institute of Northern Minas Gerais (IFNMG), in Januária, MG. The grains from 28 cowpea genotypes were used, involving 17 elite lines and 11 cultivars (BRS Pajeú, BRS Maratoã, BRS Rouxinol, BRS Pujante, BRS Cauamé, BRS Guariba, BRS Novaera, BRS Itaim, BRS Tumucumaque, BRS Imponente e BRS Xiquexique). The experimental design was completely randomized, with four replications. The evaluated characteristics were the shape (sphericity and circularity), size (projected area) of the grains, the humidity, the hectoliter weight, angle of rest, mass of a thousand grains and porosity of the grain mass. The strains and cultivars present sphericity from 68.00 to 79.23% and circularity from 65.00 to 78.44%. BRS Imponente had the largest projected area (84.21 mm<sup>2</sup>), followed by the cultivar BRS Novaera (59.68 mm<sup>2</sup>) and lineage MNC11-1013E-15 (55.24 mm<sup>2</sup>). The grain moisture ranged from 5 to 16%. The strains MNC11-1031E- 5, MNC11-1013E-15 and MNC11-1052E-3 and the cultivars BRS Tumucumaque, BRS Imponente and BRS Xiquexique had the highest values for hectoliter weight. The cultivar MNC11-1018E-17 showed the highest angle of rest (57.48°). The mass of a thousand grains ranged from 189.37 to 276.87g and the porosity of the mass varied from 56.67 to 73.33%.

**Keywords:** Physical characterization, quality, *Vigna unguiculata* L.

<sup>8</sup> **Guidance committee:** Prof. Dr. Abner José de Carvalho – UNIMONTES (Advisor). Pesq. Dr. Maurisrael de Moura Rocha – EMBRAPA Meio-norte (Co-advisor).

## 1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp], espécie de origem africana, é uma leguminosa tradicionalmente cultivada nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, com elevada importância socioeconômica (ROCHA et al., 2009) e nutricional, devido aos altos teores de proteínas (25%) e carboidratos (58%) nos grãos, que são de interesse para a alimentação humana (RIOS et al., 2018). Nos últimos anos, é crescente o interesse pela cultura em regiões de agricultura mais tecnificada como a região Centro-Oeste brasileira, visando à produção em larga escala, especialmente para exportação.

De acordo com o quarto levantamento realizado pela Conab (2020), a estimativa de produção total para a safra 2019/2020 da cultura do feijão é de 3.022,8 mil toneladas de grãos, sendo o feijão-caupi responsável por 609,0 mil toneladas de grãos, que representa 20,15% da produção total de feijão no Brasil. Os maiores produtores nacionais de feijão-caupi, atualmente, são os Estados do Mato Grosso, com 137,7 mil toneladas anuais, Ceará, com 97,8 mil toneladas anuais, Bahia, com 97,7 mil toneladas anuais e Piauí, com 70,2 toneladas anuais (CONAB, 2020). No Norte de Minas Gerais, é tradicional cultivar feijão-caupi, isso porque essa cultura é bem adaptada às condições de clima da região, caracterizada como semiárido.

A expansão da cultura do feijão-caupi no Brasil tem exigido o aumento do nível tecnológico empregado nas diversas fases da cadeia produtiva. Atualmente, existe uma crescente demanda por novas cultivares que, além de mais produtivas, devem possuir características adequadas ao cultivo e colheita mecanizada e boa qualidade comercial dos grãos. Além dessas características, as propriedades físicas dos grãos também devem ser consideradas, pois podem interferir nos processos de colheita, limpeza, beneficiamento e armazenamento. De acordo com Smiderle et al. (2017), no processo de pós-colheita, o material colhido em grande escala passa por algumas etapas, como a secagem e limpeza, com o intuito da melhoria física e a garantia de manter a qualidade do grão durante o armazenamento. Dessa forma, torna-se necessário o conhecimento das propriedades físicas dos grãos das diferentes cultivares de feijão-caupi utilizadas atualmente. O conhecimento referente às principais propriedades físicas de grãos armazenados é utilizado em projetos ou adaptações de estruturas e equipamentos utilizados na pós-colheita, tais



como silos e sistemas de transporte, secagem, limpeza, classificação e aeração (GONELI et al., 2016). Assim, as propriedades físicas dos grãos têm sido o tema de pesquisas em várias culturas agrícolas, como a cultura da soja (HAUTH et al., 2018), arroz (BOTELHO et al., 2018), feijão adzuki (MENDES et al., 2016), grãos de amendoim (ARAUJO et al., 2014). Entretanto, trabalhos com este tema voltados para a cultura do feijão-caupi ainda são escassos na literatura. Considerando as diferenças físico-químicas entre os diferentes materiais genéticos de feijão-caupi, informações deste cunho poderão auxiliar no aumento da eficiência no processo de colheita e pós-colheita na cultura do feijão-caupi.

Dado o exposto, objetivou-se avaliar as principais características associadas às propriedades físicas de grãos de linhagens e cultivares de feijão-caupi.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Localização e instalação do experimento

O ensaio de campo que deu origem aos grãos utilizados neste estudo foi conduzido na Fazenda Experimental da UNIMONTES, localizada em Janaúba-MG. A área experimental possui coordenadas 15°47'50''S, 43°18'31''W e altitude de 516 m. O solo é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. O plantio ocorreu em julho de 2019 na safra de outono-inverno. As parcelas experimentais foram compostas por quatro fileiras de 4 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m entre si, totalizando uma área de 8 m<sup>2</sup>. A área útil de cada parcela foi constituída pelas duas fileiras centrais, totalizando 4 m<sup>2</sup>. O preparo do solo em pré-plantio foi realizado de maneira convencional, constando de uma aração e duas gradagens. A semeadura foi realizada com auxílio de semeadoras manuais, sendo depositadas, em média, 15 sementes por metro. A adubação foi feita de acordo com as recomendações adotadas para a cultura (MELO et al., 2005) e constou de 250 kg ha<sup>-1</sup> da formulação NPK 4-30-10 no plantio e mais 20 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, usando como fonte nitrogenada a ureia. O experimento contou com irrigação por aspersão convencional durante todo o ciclo da cultura, tendo sido aplicada uma lâmina total de cerca de 350 mm em um turno de rega de três dias. A colheita ocorreu em outubro de 2019. Após colheita e processamento, os grãos foram armazenados por cerca de trinta dias até o início das avaliações, que foram realizadas no Laboratório de Armazenamento e Beneficiamento de grãos e sementes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais – Campus Januária.

Foram utilizados grãos de 28 genótipos, envolvendo 17 linhagens e 11 cultivares comerciais (BRS Pajeú, BRS Maratoã, BRS Rouxinol, BRS Pujante, BRS Cauamé, BRS Guariba, BRS Novaera, BRS Itaim, BRS Tumucumaque, BRS Imponente e BRS Xiquexique). A procedência e a subclasse comercial dos genótipos avaliados estão indicadas no Quadro 1.

**Quadro 1-** Genótipos de feijão-caupi utilizados neste experimento e seus respectivos parentais/procedência e subclasse comercial.

Genótipos	Parentais/procedência	Subclasse comercial
MNC11-1013-33	MNC01-510F x Pingo-de-ouro-1-2	ML
MNC11-1013-16	MNC01-510F x Pingo-de-ouro-1-2	SV
MNC11-1013-15	MNC01-510F x Pingo-de-ouro-1-2	ML
MNC11-1013-35	MNC01-510F x Pingo-de-ouro-1-2	SV
MNC11-1018-17	MNCO2-677F-2-2 x MNCO1-631-20-5 x Pingo-de-ouro-1-2	SV
MNC11-1019-8	MNCO1-631F-11 x Canapuzinho-2 x MNCO2-67F-2-1	ML
MNC11-1019-12	MNCO1-631F-11 x Canapuzinho-2 x MNCO2-67F-2-1	ML
MNC11-1019-46	MNCO1-631F-11 x Canapuzinho-2 x MNCO2-67F-2-1	ML
MNC11-1020-16	MNCO2-689F-11 x MNCO2-677F-2-1	ML
MNC11-1022-58	MNCO2-689F-11 x MNCO1-631F-20-5 x MNC99-510F-16-1	ML
MNC11-1024-1	MNCO2-689F-11 MNC99-510F-16-1 x Pingo-de-ouro-1-2	ML
MNC11-1026-15	MNCO1-689F-11 x MNCO1-631F-11 x Canapuzinho-2	ML
MNC11-1026-19	MNCO1-689F-11 x MNCO1-631F-11 x Canapuzinho-2	ML
MNC11-1031-5	MNCO1-689F-11 x MNCO2-680-1-2	SV
MNC11-1031-11	MNCO1-689F-11 x MNCO2-680-1-2	ML
MNC11-1034-2	MNCO1-631-20-5 x Pingo-de-ouro-1-2 x MNCO2-761F-2	ML
MNC11-1052-3	Bico de Ouro-1-2-1 x MNCO1-631F-20-5 x MNC99-510F-16-1	CN
BRS Pajeú	CNCx405-17F x TE94-268-3D	ML
BRS Maratão	Seridó x TVx1836-013J	ML
BRS Rouxinol	TE86-75-57E x TEx1-69E	SV
BRS Pujante	TE 90-180-26F x Epace 10	SV
BRS Cauamé	-	BR
BRS Guariba	IT85F-2687 x TE87-98-8G	BR
BRS Tumucumaque	TE97-404-1F x TE97-404-3F	BR
BRS Itaim	MNCO1-625E-10-1-2-5 X MNC99-544D-10-1-2-2	FR
BRS Novaera	TE96-282-22G x IT87D-611-3	BR
BRS Imponente	-	BR
BRS Xiquexique	TE96-290 x TE87-108-6G	BR

BR-Branco; CN – Canapu; FR-Fradinho; ML-Mulato; SV-Sempre-verde

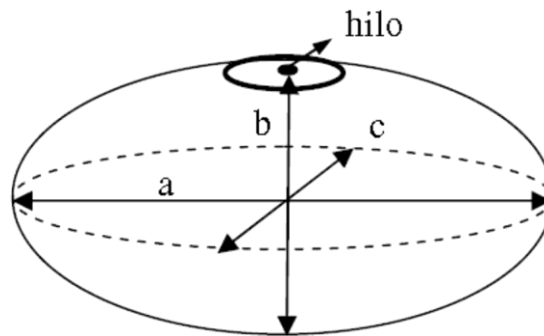
## 2.2. Propriedades físicas avaliadas

As propriedades físicas avaliadas foram: Forma (esfericidade e circularidade), Tamanho (área projetada), Umidade, Peso hectolitro, Ângulo de repouso, Massa de mil grãos e Porosidade da massa.

### 2.2.1 Forma e Tamanho

A forma de um determinado produto pode ser caracterizada pela esfericidade e circularidade. Já o seu tamanho, é comumente representado por características como volume, diâmetro geométrico, área projetada, área superficial e relações entre superfície e volume e entre superfície e massa. São essas informações que determinam a forma e o tamanho de furos de peneiras utilizadas para o beneficiamento de grãos.

Neste estudo, foram determinados a forma (esfericidade e circularidade) e o tamanho (área projetada), obtidos conforme a metodologia descrita por Resende et al. (2005), a partir das medidas em quinze grãos das dimensões características, eixos ortogonais de cada tratamento (Figura 1), obtidas por meio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.



**Figura 1.** Desenho esquemático do grão de feijão-caupi, considerado esferóide, com suas dimensões características. Fonte: Resende et al. (2005).

#### 2.2.1.1 Esfericidade

A esfericidade dos grãos foi determinada de acordo com a equação 1, descrita por Mohsenin (1986), representados na figura 1:

$$E_s = \left[ \frac{(a.b.c)^{1/3}}{a} \right] \cdot 100 \quad \text{eq. 1}$$

Em que,

Es = esfericidade, %;

a = maior eixo do grão, mm;

b = eixo médio do grão, mm; e  
c = menor eixo do grão, mm.

### 2.2.1.2 Circularidade

A circularidade do feijão foi calculada pela equação 2, conforme Mohsenin (1986):

$$C_r = \frac{b}{a} \cdot 100 \quad \text{eq.2}$$

em que,  
 $C_r$  = circularidade, %;  
a = maior eixo do grão, mm; e  
b = eixo médio do grão, mm.

### 2.2.1.3 Área Projetada

A área projetada ( $A_p$ ) dos grãos de feijão-caupi está representada na figura 1 e foi determinada pela equação 3 (GONELI et al., 2011).

$$A_p = \frac{G \cdot a \cdot b}{4} \quad \text{eq.3}$$

Em que,  
 $A_p$  = Área projetada, mm<sup>2</sup>;  
a = maior eixo do grão, mm; e  
b = eixo médio do grão, mm.

## 2.2.2 Umidade

A umidade dos grãos foi determinada pelo método padrão de estufa, conforme as Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009). A umidade é muito importante de ser determinada, uma vez que é muito utilizada nos processos de secagem dos produtos agrícolas, além de influenciar outras características, como porosidade, ângulo de repouso, forma e tamanho dos grãos.

Para sua determinação, foram pesadas 50 gramas de grãos de cada parcela, com duas repetições. Em seguida, foram colocadas em um cadinho com peso conhecido e levadas para a estufa a  $130 \pm 3^\circ\text{C}$ , durante quatro horas. Pela diferença de peso, antes e após a secagem, obteve-se a umidade dos grãos, expressa em %.

### 2.2.3 Peso hectolitro (PH)

É definido como a razão entre a massa e o volume de determinada quantidade de produto, incluindo os espaços intergranulares. Mais precisamente, o PH corresponde à massa de 100 litros, sendo de grande importância para estudos de transferência de calor e massa e movimentação de ar em massas granulares, além de determinar as condições de secagem e estocagem de produtos agrícolas.

Para sua determinação, colocou-se uma quantidade de massa de grãos de feijão de cada parcela que preenchesse totalmente o espaço de um recipiente cilíndrico, com capacidade de 0,5 litros, conforme Figura 2.



**Figura 2.** Protótipo utilizado para determinar o peso hectolitro.

Em seguida, obteve-se a massa desse volume de grãos, que corresponde à diferença da massa total (peso do cilindro mais a quantidade de grãos), e a massa do cilindro, expressa em gramas. Obteve-se então a massa específica, através do valor encontrado para massa de grãos sobre o volume conhecido do cilindro, que corresponde a  $0,230 \text{ l}^3$ . Os resultados em gramas

foram corrigidos para kg.L e, em seguida, convertidos em Peso Hectolitro (Kg. hL<sup>-1</sup>), determinados pela equação 4.

$$PH = \frac{q}{10} \quad \text{eq.4}$$

em que,

10 = fator de conversão de l para hL

q = massa específica (razão entre massa e volume), Kg.L<sup>-1</sup>;

PH = Peso hectolitro, Kg. hL<sup>-1</sup>.

#### 2.2.4 Ângulo de talude ou ângulo de repouso

É o ângulo formado pelo produto ao escoar através de um fluxo constante, com o plano horizontal, sendo este ângulo influenciado pelo tamanho, forma, orientação de partículas e teor de água do produto (MOHSENIN, 1986). O ângulo de repouso é utilizado para o dimensionamento de silos, cálculo de transportadores e separadores de grãos.

Para a determinação do ângulo de repouso do feijão-caupi, foi utilizado um dispositivo com sua dimensão de base conhecida de 8,9 cm, feito de fibra de média densidade (MDF) que possui um alçapão, que, quando aberto, possibilita o escoamento do produto, a formação e a medida do seu talude (Figura 3).



**Figura 3.** (a) Protótipo utilizado para determinar o ângulo de repouso e (b) grãos formando o talude

O ângulo formado foi medido através de um transferidor de plástico 360° e expresso pela equação 5:

$$\theta = \text{arc tan}^{-1} \frac{a}{b} \quad \text{eq. 5}$$

em que,

$\theta$  = Ângulo de repouso; °

a = Altura; cm e

b = base. cm

### 2.2.5 Massa de mil grãos

A massa de mil grãos (M1000) foi obtida conforme a Regra de Análise de Sementes (RAS, 2009), em que foram pesadas oito repetições de 100 grãos, em balança de resolução de 0,001 g, cujos valores médios foram ajustados para a massa de mil grãos e os resultados expressos em g, em base úmida.

### 2.2.6 Porosidade

A porosidade é a relação entre o volume ocupado pelo ar existente na massa granular (grãos de feijão) e o volume total ocupado por essa massa. Ter esse conhecimento também dá ideia de passagem de ar pela massa dos grãos.

Para se determinar a porosidade, utilizou-se duas provetas graduadas de 30 mL com precisão de 1 mL. A primeira proveta foi preenchida com grãos em queda livre até que a massa de grãos preenchesse os 30 mL graduados. A segunda proveta foi preenchida com 30 mL de óleo vegetal, que foi despejado na primeira proveta até que preenchesse todos os espaços vazios presentes na massa de grãos, chegando na marcação de 30 mL. Em seguida, mediu-se a quantidade de óleo necessário para se preencher totalmente o volume total dos grãos, o qual foi considerado como porosidade, expressa em % e estimado pela equação 6.



$$P = \left( \frac{V_{\text{probeta 2}} - V_{\text{utilizado 1}}}{V_{\text{probeta 2}}} \right) \cdot 100 \quad \text{eq.6}$$

em que,

P = Porosidade, em %;

$V_{\text{probeta 2}}$  = Volume do líquido fluido (ml);

$V_{\text{utilizado 1}}$  = Volume utilizado para preencher em 30 ml de grãos de feijão.

### 2.3 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. No caso de significância, os efeitos dos genótipos foram estudados pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou que as variáveis Peso hectolitro (P.HEC), Ângulo de repouso ( $^{\circ}$ REP), Forma (esfericidade e circularidade) e Tamanho (área projetada) foram influenciadas pelos genótipos (TABELA 1).

**TABELA 1.** Resumo da análise de variância dos dados referentes à Forma (esfericidade e circularidade) e ao Tamanho (área projetada), à Umidade (UMID), ao Peso Hectolitro (P.HEC), ao Ângulo de repouso ( $^{\circ}$ REP), à Massa de mil grãos (M1000) e à Porosidade da Massa (POR) de 28 genótipos de feijão-caupi cultivados na safra de outono-inverno de 2019, em Janaúba, MG.

FONTES DE VARIACÃO	QUADRADOS MÉDIOS								
	GL	ESF	CIR	ÁREA P.	UMID	P.HEC	$^{\circ}$ REP	M1000	POR
GENÓTIPOS	27	16,202*	11,7391*	120,9427*	7,2910 <sup>ns</sup>	16,0708*	71,5600*	992,2 <sup>ns</sup>	23,398 <sup>ns</sup>
ERRO	28	2,1918	2,2888	2,1242	5,8571	7,2498	9,5574	1849,05	7,1429
CV%		2,02	2,02	2,91	31,67	3,49	6,85	20,33	4,04

<sup>ns</sup>, e \* não significativo e significativo 5 % de significância pelo teste F.

A esfericidade dos grãos variou de 68,49 a 79,23% entre os genótipos avaliados, que foram divididos em três grupos. O primeiro grupo foi formado por 19 dos 28 materiais avaliados, em que os valores variaram de 74,56 a 79,23%. O segundo grupo foi formado por 6 genótipos e os valores variaram de 72,81 a 74,03%. Já o terceiro grupo foi composto pelas cultivares BRS Itaim, BRS Imponente e a BRS Tumucumaque, com valores de 68,49, 70,51 e 71,55%, respectivamente (Tabela 2).

OBA et al. (2019) encontraram valores médios de 73,9% para esfericidade dos grãos de feijão-caupi para cultivar BRS Guariba. Hamid et al. (2016) encontraram valores médios de 87,64% para grãos de feijão-caupi do grupo “cores” na Índia. Davies e Zibokere. (2011) relataram esfericidade variando de 67 a 79% para várias cultivares de feijão-caupi na Nigéria. Kabas et al. (2007) encontraram valores médios de 77,2% para genótipos de feijão-caupi nigerianos.

Maiores valores de esfericidade indicam formato mais esférico dos grãos. Carbonell et al. (2010), trabalhando com diferentes cultivares e linhagens de feijoeiro-comum, verificaram grãos com forma elíptica e esférica e concluíram que os programas de melhoramento devem selecionar

cultivares que apresentem sementes elípticas, que são comercialmente mais aceitas. Entretanto, para o feijão-caupi, o padrão comercial para a esfericidade é dependente da subclasse comercial.

**TABELA 2.** Forma (Esfericidade e Circularidade) e tamanho (Área projetada) de grãos de 28 genótipos de feijão-caupi, cultivados na safra de outono-inverno de 2019, em Janaúba, MG.

GENÓTIPOS	ESF (%)	CIR (%)	ÁREA PRO (mm <sup>2</sup> )
MNC11-1052E-3	79,23 A	78,44 A	52,46 D
MNC11-1013E-33	79,23 A	73,51 B	46,84 E
BRS Maratoã	78,56 A	76,44 A	45,41 F
MNC11-1016E-16	77,37 A	76,55 A	44,72 F
BRS Pujante	76,92 A	73,57 B	43,58 F
BRS Pajeú	76,77 A	75,38 A	45,78 E
MNC11-1019E-12	76,52 A	74,85 B	46,95 E
MNC11-1019E-46	76,45 A	77,29 A	51,24 D
MNC11-1018E-17	75,97 A	74,64 B	53,08 D
MNC11-1031E-11	75,97 A	73,37 B	47,50 E
MNC11-1026E-15	75,87 A	74,06 B	45,99 E
BRS Rouxinol	75,81 A	76,80 A	47,13 E
MNC11-1022E-58	75,75 A	74,46 B	47,39 E
MNC11-1019E-8	75,33 A	72,92 B	49,82 D
MNC11-1031E-5	75,30 A	72,85 B	49,74 D
MNC11-1026E-19	75,11 A	72,59 B	46,67 E
MNC11-1024E-1	74,87 A	73,08 B	52,03 D
MNC11-1013E-35	74,79 A	72,83 B	51,12 D
BRS Novaera	74,56 A	74,63 B	59,68 B
MNC11-1034E-2	74,03 B	71,85 B	52,78 D
BRS Xiquexique	73,83 B	73,41 B	44,63 F
BRS Cauamé	73,59 B	72,39 B	42,45 F
MNC11-1013E-15	73,24 B	70,36 C	55,24 C
BRS Guariba	73,01 B	69,49 C	48,81 E
MNC11-1013E-16	72,81 B	68,77 C	48,18 E
BRS Tumucumaque	71,55 C	70,03 C	44,03 F
BRS Imponente	70,51 C	69,92 C	84,21 A
BRS Itaim	68,49 C	65,44 D	53,00 D
CV%	2,02	2,02	2,91

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

A circularidade dos grãos variou de 65,44 a 78,44% (Tabela 2). As linhagens MNC11-1052E-3, MNC11-1019E-46, MNC11-1016E-16 e as cultivares BRS Rouxinol, BRS Maratoã e BRS Pajeú obtiveram os maiores valores de circularidade dos grãos, que variaram de 75,38 a 78,44%. Mohsenin (1986) considera que, para que produtos agrícolas, como sementes e frutos, sejam considerados como circulares, esses devem apresentar magnitudes de circularidade acima de

90%. Dessa forma, impossibilita-se a classificação dos grãos de feijão-caupi, neste estudo, como circulares.

Gomes et al. (2018), estudando o tamanho e forma de grãos das cultivares BRS Novaera e BRS Tumucumaque, encontraram valores médios de 73,19 e 70,78 para circularidade dos grãos, respectivamente, em Rio Verde, GO. Esses valores corroboram com os encontrados para essas mesmas cultivares neste estudo, que foram de 74,63% para a BRS Novaera e 70,03% para BRS Tumucumaque.

A circularidade de produtos vegetais pode ser usada para determinar o limite inferior do tamanho dos transportadores, como esteira, elevador de canecas e transportador helicoidal (SIRISOMBOON et al., 2007).

A área projetada dos grãos variou de 42,45 a 84,21 mm<sup>2</sup>. A área projetada é determinada, principalmente, pelo maior eixo do grão (comprimento) e eixo médio do grão (largura). Assim, quanto maior os valores para essas dimensões, maior será a área projetada. A BRS Imponente obteve a maior área projetada, de 84,21 mm<sup>2</sup> (Tabela 2). Esse resultado já era esperado, pois a cultivar BRS Imponente, lançada em 2016, foi a primeira cultivar de feijão-caupi com grãos extragrandes, com massa média de 34 gramas para cada 100 grãos (CONAC, 2016). A BRS Novaera obteve o segundo maior valor para área projetada, com 59,68 mm<sup>2</sup>, seguida pela linhagem MNC11-1013E-15, que obteve área projetada de 55,24 mm<sup>2</sup> (Tabela 2). Gomes et al. (2018) encontraram valores de 66,82 mm<sup>2</sup> para BRS Novaera e 56,15 mm<sup>2</sup> para BRS Tumucumaque. Kabas et al. (2007) encontraram valores médios de 45,00 mm<sup>2</sup> para genótipos de feijão caupi em Antalya, Turquia.

Não houve diferença significativa para as variáveis massa de 1000 grãos (M1000), umidade de grãos (UMID) e porosidade da massa (POR). A umidade dos grãos variou de 5 a 16% (Tabela 3). Oliveira (2015), estudando as características químicas de feijão-caupi no Rio Grande do Norte, encontrou variação de umidade entre 8,40 e 12,86%, valores próximos ao encontrados neste trabalho. Segundo esse mesmo autor, menores teores de umidade representam maior estabilidade na qualidade e composição, ou seja, menor sensibilidade à deterioração. Por outro lado, grãos com elevado teor de umidade apresentam atividade respiratória elevada, dessa

forma, há o consumo antecipado de tecidos de reserva, contribuindo para o avanço da deterioração do produto (FARIA et al., 2014; ULLMANN et al., 2015).

**TABELA 3.** Umidade (UMID), Peso Hectolitro (P.HEC), Ângulo de repouso (°REP), Massa de mil grãos (M1000) e Porosidade (POR) de grãos de 28 genótipos de feijão-caupi cultivados na safra de outono-inverno de 2019, em Janaúba, MG.

GENÓTIPOS	UMID (%)	P.HEC (Kg.hL-1)	°REP (°)	M1000 (g)	POR (%)
BRS Tumucumaque	7,00 A	81,39 A	36,55 D	276,87 A	71,66 A
MNC11- 031E-5	7,00 A	81,30 A	45,52 B	207,50 A	63,33 A
MNC11-1013E-15	8,00 A	79,65 A	48,18 B	212,50 A	68,33 A
MNC11-1052E-3	7,00 A	79,04 A	46,52 B	218,12 A	66,66 A
BRS Imponente	10,00 A	78,69 A	38,87 D	376,25 A	61,66 A
BRS Xiquexique	7,00 A	78,43 A	45,85 B	191,25 A	70,00 A
MNC11-1034E-2	7,00 A	77,73 B	49,17 B	199,37 A	63,33 A
BRS Rouxinol	8,00 A	77,39 B	44,53 B	238,12 A	63,33 A
BRS Itaim	8,00 A	77,30 B	37,87 D	276,87 A	68,33 A
MNC11-1013E-16	7,00 A	77,30 B	48,51 B	203,75 A	66,67 A
MNC11-1018E-17	6,00 A	77,21 B	57,48 A	211,87 A	65,00 A
MNC11-1013E-33	6,00 A	77,21 B	38,21 D	203,75 A	56,67 A
BRS Pajeú	7,00 A	77,13 B	49,54 B	218,12 A	63,33 A
MNC11-1026E-19	7,00 A	77,04 B	47,88 B	207,50 A	65,00 A
MNC11-1019E-12	5,00 A	76,95 B	51,17 B	194,37 A	70,00 A
BRS Novaera	7,00 A	76,69 B	38,21 D	196,25 A	68,33 A
MNC11-1026E-15	8,00 A	76,61 B	47,88 B	189,37 A	68,33 A
BRS Pujante	8,00 A	76,52 B	49,84 B	213,75 A	65,00 A
MNC11-1031E-11	7,00 A	76,43 B	48,21 B	199,37 A	70,00 A
MNC11-1020E-66	8,00 A	76,17 B	43,19 C	207,50 A	65,00 A
MNC11-1013E-35	7,00 A	75,91 B	42,53 C	212,50 A	63,33 A
BRS Guariba	8,00 A	75,65 B	40,20 D	196,25 A	73,33 A
BRS Cauamé	8,00 A	75,56 B	47,18 B	213,75 A	66,67 A
MNC11-1019E-8	16,00 A	75,39 B	48,18 B	211,87 A	66,67 A
BRS Maratoã	8,00 A	75,22 B	46,88 B	238,12 A	63,33 A
MNC11-1019E-46	7,00 A	75,21 B	38,87 D	194,37 A	65,00 A
MNC11-1022E-58	9,00 A	74,17 B	45,19 B	207,50 A	66,67 A
MNC11-1013E-15	6,00 A	74,08 B	42,86 C	189,37 A	68,33 A
CV%	31,67	3,49	6,85	20,33	4,04

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

A umidade influencia também em outras propriedades físicas dos grãos. Altuntas e Demirtola (2007) estudaram os efeitos de três faixas de umidade, 8,21, 11,83 e 18,01%, sobre as propriedades físicas de algumas culturas e observaram que, no feijão-caupi, na medida que se aumentou a umidade dos grãos ocorreu um aumento da esfericidade, ângulo de repouso e massa de mil grãos. Esses resultados revelam a importância da determinação da umidade para as outras

propriedades físicas, uma vez que esta pode influenciar nos resultados.

O peso hectolitro dos grãos apresentou variação de 74,08 a 81,39 Kg. hL<sup>-1</sup>. O teste de médias utilizado separou os genótipos em dois grupos, sendo que, no primeiro, foram inseridos os que obtiveram os maiores valores, formado pelas linhagens MNC11-1031E-5, MNC11-1013E-15 e MNC11-1052E-3 e pelas cultivares BRS Tumucumaque, BRS Imponente e a BRS Xiquexique (Tabela 3).

Os valores de peso hectolitro encontrados neste trabalho estão de acordo com os verificados por Oba et al. (2019), que estudaram as características físicas de grãos de feijão-caupi em Dourados-MS e encontraram valores de 74,76 a 88,06 Kg. hL<sup>-1</sup>. Já Davies e Zibokere (2011) encontraram valores entre 64,35 e 70,66 Kg hL<sup>-1</sup> para cultivares de feijão-caupi. Essas diferenças evidenciam a importância da correta determinação do peso hectolitro das sementes de cada genótipo para o correto dimensionamento e/ou adaptação em equipamentos de pós-colheita. Além disso, o peso hectolitro do produto a ser armazenado é utilizado na capacidade estática dos silos, sistema de transportes e classificadores de sementes (GONELLI, 2011).

O ângulo de repouso variou entre 36,55 e 57,48° (Tabela 3). Ogunnigbo et al. (2018), estudando cultivares nigerianas de feijão-caupi, encontraram valores de 23.69 a 38.01°. Kabas et al. (2007) encontraram valores máximos de 22,18° para cultivares de feijão-caupi. Silveira et al. (2019) encontraram ângulo de repouso entre 27,67 e 40,67° dos grãos de feijão-fava, sendo que as amostras que não foram submetidas ao processo de secagem obtiveram maiores ângulos, de 32 e 40,67°, e os grãos secos os menores ângulos de repouso (27,67 e 28,33°).

Os grãos de feijão-caupi neste experimento não foram submetidos ao processo de secagem, o que pode ter contribuído para variação encontrada do ângulo de repouso. Costa et al. (2010) afirmam que grãos com um maior teor de água têm revelado um maior ângulo de repouso para este material. Já menores ângulos de inclinação ocorrem em grãos esféricos, grandes, lisos e secos (ELIAS, 2008).

Além disso, o ângulo de repouso está relacionado com a força de atrito de escoamento entre a interface grão-material (protótipo), que será influenciado pela forma, tamanho e orientação das partículas (MOHSENIN,1986). Esse conhecimento pode ser usado em etapas de

transporte e armazenamento como determinação da capacidade estática dos silos, da capacidade de correias transportadoras e do dimensionamento de moegas, dutos e rampas de descarga desses grãos.

A massa de mil grãos variou de 189,37 a 276,87g (Tabela 3). Hamide et al. (2016) encontraram massa de mil grãos de 130,78g para variedades de feijão-caupi do grupo “cores”. Sobukola e Abayomi. (2011) encontraram valores entre 140,44 e 192,81g para genótipos de feijão-caupi nigerianos. Davies e Zibokere. (2011), estudando as propriedades físicas de feijão-caupi nigerianos, encontraram massa de mil grãos variando de 253,8 a 279,12g. Determinar a massa de mil grãos é importante, pois se tem uma ideia do tamanho das sementes e indica o espaço que elas ocupam em determinado volume, que será usado para cálculos de armazenamento em silos, cálculos de custos de embalagem e de transporte.

Aporosidade da massa variou entre 56,67 e 73,33% (Tabela 3). Oba et al. (2019) observaram que a porosidade da massa de grãos de feijão-caupi da cultivar BRS Guariba em Dourados-MS foi de 41,8%. Tchiagam et al. 2011 encontraram porosidade da massa de até 50,75% para genótipos de feijão-caupi do grupo comercial Branco em Adamawa, Camarões. Os trabalhos citados acima, avaliaram as propriedades físicas dos grãos após a sua secagem em estufa. Segundo Quequeto et al. (2018), com a diminuição do teor de umidade, os grãos tendem a apresentar contração volumétrica, o que pode proporcionar a redução de espaços vazios entre a sua massa granular. Para esses mesmos autores, informações referentes à contração volumétrica da massa podem ser utilizadas no cálculo do volume dos grãos a ser repostos na câmara de secagem do secador, trabalhando, assim, com eficiência e otimizando seu uso.

De acordo com Li et al. (2019), a determinação dessa propriedade física é muito importante, sendo que menores ou maiores espaços vazios intergranulares podem indicar maior ou menor resistência oferecida à passagem de ar pela massa do produto, afetando o comportamento, a uniformidade e a eficiência de operações de secagem ou aeração.

Assim, as informações obtidas neste estudo podem servir de base para estudos que auxiliarão em várias etapas, como: operações de colheita, pós-colheita, manuseio, classificação, transporte, beneficiamento, secagem, armazenamento, bem como otimização de processos

industriais para a adaptação de equipamentos já existentes, visando a obter menores custos e maiores rendimentos na cadeia produtiva do feijão-caupi nas diferentes regiões de cultivo.



## CONCLUSÕES

As linhagens e cultivares avaliadas apresentam esfericidade entre 68,00 e 79,23% e circularidade entre 65,00 e 78,44%. A BRS Imponente obteve a maior área projetada (84,21 mm<sup>2</sup>), seguida da cultivar BRS Novaera (59,68 mm<sup>2</sup>) e da linhagem MNC11-1013E-15 (55,24 mm<sup>2</sup>).

A umidade dos grãos variou de 5 a 16%. As linhagens MNC11-1031E-5, MNC11-1013E-15 e MNC11-1052E-3 e as cultivares BRS Tumucumaque, BRS Imponente e BRS Xique-xique obtiveram os maiores valores para peso hectolitro, variando de 78,43 a 81,39 Kg.hL<sup>-1</sup>.

A linhagem MNC11-1018E-17 apresentou o maior valor de ângulo de repouso (57.48°). A massa de mil grãos variou de 189,37 a 276,87g. A porosidade da massa variou de 56,67 a 73,33%.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTUNTAS, E.; DEMIRTOLA, H. Effect of moisture content on physical properties of some grain legume seeds. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 35, n. 4, p. 423-433, 2007. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01140670709510210>. Acesso em: 16 abr. 2020.
- ARAUJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTI, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 3, p. 279-286, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n3/v18n03a06.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2020.
- BOTELHO, F. M.; FARIA, B. M. E. M.; BOTELHO, S. D. C. C.; RUFFATO, S.; MARTINS, R. N. Metodologias para determinação de massa específica de grãos. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 11, n. 41, p. 251-259, 2018. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/7922/4687>. Acesso em: 16 abr. 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009.
- CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R.; PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2067-2073, set. 2010. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782010001000003&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782010001000003&script=sci_arttext). Acesso em: 16 abr. 2020.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: v. 7 safra 2019/20 n. 4 quarto levantamento**. Janeiro 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra/gaos/boletim-da-safra-de-gaos>. Acesso em: 6 fev. 2020.
- CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI IV CONAC, 4., 2016, Sorriso, MT. Feijão-caupi: avanços e desafios tecnológicos e de mercados: resumos. **Anais [...]**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.
- COSTA, A. R. da; FARONI, L. R. D'A.; ALENCAR, E. R. DE; CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, L. G. Qualidade de grãos de milho armazenados em silos bolsa. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 200-207, abr./jun. 2010. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/643>. Acesso em: 5 abr. 2020.
- DAVIES, R. M.; ZIBOKERE, D. S. Effects of moisture content on some physical and mechanical properties of three varieties of cowpea (*Vigna unguiculata* (L) walp). **Agricultural Engineering International: The CIGR e-journal**, v. 13, n. 1, p. 1-8, 2011. Disponível em:

<http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/1700/1441>. Acesso em: 15 abr. 2020.

ELIAS, M. C. **Manejo tecnológico da secagem e do armazenamento de grãos**. Pelotas: Cópias Santa Cruz, 2008. v. 1.

FARIA, R. Q.; TEIXEIRA, I. R.; CUNHA, D. A.; HONORATO, J. M.; DEVILLA, I. A. Qualidade fisiológica de sementes de crambe submetidas à secagem. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 3, p. 453-460, 2014. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-66902014000300004](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902014000300004). Acesso em: 15 abr. 2020.

GOMES, F. H. F.; LOPES FILHO, L. C.; OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; SOARES, F. A. L. Tamanho e forma de grãos de feijão-caupi em função de diferentes teores de água. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 407-416, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/840>. Acesso em: 5 abr. 2020.

GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; MAGALHÃES, F. E. D.; BAPTESTINI, F. M. Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 33, n. 1, p. 1-8, 2011. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/4629>. Acesso em: 6 abr. 2020.

GONELI, A. L. D.; MARTINS, E. A. S.; JORDAN, R. A.; GEISENHOF, L. O.; GARCIA, R. T. Experimental dryer design for agricultural products. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 5, p. 938-950, 2016. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162016000500938&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162016000500938&script=sci_arttext&tlng=en). Acesso em: 6 abr. 2020.

HAMID, S.; MUZAFFAR, S.; WANI, I. A.; MASOODI, F. A.; BHAT, M. M. Physical and cooking characteristics of two cowpea cultivars grown in temperate Indian climate. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 15, n. 2, p. 127-134, 2016. Disponível em: <https://www.mendeley.com/catalogue/a6f6e5bf-f217-3a37-834e-09cbcd2f9b3f/>. Acesso em: 4 abr. 2020.

HAUTH, M. R.; BOTELHO, F. M.; HOSCHER, R. H.; BOTELHO, S. C. C.; OLIVEIRA, G. H. H. Physical properties of different soybean cultivars during drying. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 38, n. 4, p. 590-598, jul./ago. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/eagri/v38n4/1809-4430-eagri-38-04-0590.pdf>. Acesso em: 7 abr. 2020.

KABAS, O.; YILMAZ, E.; OZMERZI, A.; AKINCI, I. Some physical and nutritional properties of cowpea seed (*Vigna sinensis* L.). **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 79, n. 4, p. 1405-1409. 2007. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/223231146\\_Some\\_physical\\_and\\_nutritional\\_properties\\_of\\_cowpea\\_seed\\_Vigna\\_sinensis\\_L](https://www.researchgate.net/publication/223231146_Some_physical_and_nutritional_properties_of_cowpea_seed_Vigna_sinensis_L). Acesso em: 16 abr. 2020.

LI, T.; LI, C.; TI, C.; XU, F.; FANG, Z. Porosity of flowing rice layer: experiments and numerical simulation. **Biosystems Engineering**, Bedford, v. 179, p. 1-12, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511018308924?via%3Dihub>. Acesso em: 4 abr. 2020.

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; SALVIANO, A. A. C. Fertilidade do solo e adubação. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2005. cap. 6, p. 213-228.

MENDES, U. C.; RESENDE, O.; DONADON, J. R.; ALMEIDA, D. P.; ROCHA, A. C.; OLIVEIRA, D. E. C. Effect of drying on the physical properties of adzuki bean. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 6, p. 3871-3880, 2016. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445748913005.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.

MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Publishers, 1986.

OBA G. C.; GONELI, A. L. D.; MARTINS, E. A. S.; HARTMANN FILHO, C. P.; GONÇAVES, A. A. Caracterização física das sementes de feijão-caupi, cultivar BRS Guariba, durante o processo de secagem. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 34, n. 2, p. 283-296, 2019. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/issue/view/169>. Acesso em: 4 abr. 2020.

OGUNNIGBO, O. C.; ADETAN, D.; OLUSOLA, O. F. Effect of soaking time on some engineering properties of cowpea (*Vigna unguiculata*). **Agricultural Engineering International CIGR Journal**, v. 20, n. 1, p. 143-149, 2018. Disponível em: <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/4052>. Acesso em: 12 abr. 2020.

OLIVEIRA, R. L. Determinação de umidade, cinzas e fósforo em quatro variedades de feijão caupi. **Revista Química: Ciência, Tecnologia e Sociedade**, Mossoró, v. 4, n. 2, p. 24-32, 2015. Disponível em: <http://periodicos.uern.br/index.php/qcts/article/view/1919>. Acesso em: 16 abr. 2020.

QUEQUETO, W. D.; SIQUEIRA, V. C.; SCHOENINGER, V.; MARTINS, E. A. S.; ISQUIERDO, E. P.; SILVA, F. P. Physical properties of buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*) grains during convective drying. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 11, p. 793-798, 2018. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662018001100793](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662018001100793). Acesso em: 4 abr. 2020.

RESENDE, O.; CORRÊA, P.C.; GONELI, A.L.D.; CECON, P.R. Forma, tamanho e contração volumétrica do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante a secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 7, n. 1, p. 15-24, 2005. Disponível em: <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev71/Art712.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2020.

RIOS, M. J. B. L.; SILVA, K. J. D.; ARAÚJO, R. S. R. M.; FIGUEIREDO, R. A. T.; ROCHA, M. M.; HASHIMOTO, J. M. Chemical, granulometric and technological characteristics of whole flours from commercial cultivars of cowpea. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 217-224, 2018. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-21252018000100217&lng=en&nrm=iso](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21252018000100217&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 6 abr. 2020.

ROCHA, M.M.; CARVALHO, K.J.M.; FREIRE FILHO, F.R.; LOPES, A.C.A.; GOMES, R.L.F.; SOUSA, I.S. Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 3, p. 270-275, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v44n3/v44n3a08.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2020.

SILVEIRA, D. C.; LEITE, A. C. N.; SANTOS, N. C.; GOMES, J. P. Características físicas de grãos de feijão-fava rajada, (*Phaseolus lunatus* L). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 4, p. 518-523. 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/338227064\\_Caracteristicas\\_fisicas\\_de\\_graos\\_de\\_feijao-fava\\_rajada\\_Phaseolus\\_lunatus\\_L](https://www.researchgate.net/publication/338227064_Caracteristicas_fisicas_de_graos_de_feijao-fava_rajada_Phaseolus_lunatus_L). Acesso em: 16 abr. 2020.

SIRISOMBOON, P.; KITCHAIYA, P.; PHOLPHO, T.; MAHUTTANYAVANITCH, W. Physical and mechanical properties of *Jatropha curcas* L. fruits, nuts and kernels. **Biosystems Engineering**, London, v. 97, n. 2, p. 201-207, 2007. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/223683838\\_Physical\\_and\\_mechanical\\_properties\\_of\\_Jatropha\\_curcas\\_L\\_fruits\\_nuts\\_and\\_kernels](https://www.researchgate.net/publication/223683838_Physical_and_mechanical_properties_of_Jatropha_curcas_L_fruits_nuts_and_kernels). Acesso em: 14 abr. 2020.

SMIDERLE, O. J.; SOUZA, A. G.; ALVES, J. M. A.; BARBOSA, C. Z. R. Physiological quality of cowpea seeds for different periods of storage. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 5, p. 817-823, 2017. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-66902017000500817](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902017000500817). Acesso em: 13 abr. 2020.

SOBUKOLA, O.P.; ABAYOMI, H.T. Physical properties and rehydration characteristics of different varieties of maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Seed. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 35, n. 3, p. 299-307, 2011. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-4549.2009.00455.x>. Acesso em: 2 abr. 2020.

TCHIAGAM, J. B. N.; BELL, J. M.; NGAKEU, D. F.; NJINTANG, N. Y.; YOUMBI, E. Diallel analysis of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) for some physical properties of seed under the Sudano-guinean conditions. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v. 2, n. 4, p. 698-707, 2011. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/5a8b/ecaa802ddc4f0a00d69f4054605eb433cd69.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2020.

ULLMANN, R.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H.; OLIVEIRA, D. E.; COSTA, L. M. Qualidade fisiológica das

sementes de sorgo sacarino submetidas à secagem em diferentes condições de ar. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 1, p. 64-69. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v19n1/1807-1929-rbeaa-19-01-0064.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2020.

## CONCLUSÕES GERAIS

Na classe comercial “cores”, a produtividade de grãos variou de 631 a 3102 kg ha<sup>-1</sup>, com destaque para a linhagem Pingo-de-ouro 1-5-8 e para a cultivar BRS Tumucumaque, que se mantiveram entre os mais produtivos na maioria das safras estudadas, além de obterem baixos valores de acamamento e valor de cultivo satisfatório.

Na subclasse “fradinho”, a produtividade de grãos variou de 312 a 2120 kg ha<sup>-1</sup>, com destaque para a linhagem MNCO06-901-14 e para a cultivar BRS Itaim, que se mantiveram entre os mais produtivos na maioria das safras estudadas, além de obterem baixos valores de acamamento, índice de grãos e valor de cultivo satisfatórios.

As cultivares BRS Tumucumaque, BRS Pajeú, BRS Cauamé, BRS Imponente, BRS Novaera, BRS Xiquexique, BRS Itaim, BRS Guariba, BRS Maratoã, BRS Rouxinol e as linhagens MNC11-1020E-66, MNC11-1026E-19, MNC11-1026E-15, MNC11-1034E-2, MNC11-1013E-33, MNC11-1019E-12, MNC11-1019E-46, MNC11-1031E-5 e MNC11-1019E-8 demandam menor tempo de cozimento, variando de 7,49 a 10,39 minutos.

As cultivares BRS Itaim, BRS Imponente, BRS Novaera, BRS Tumucumaque, BRS Xiquexique e BRS Cauamé demandam menor tempo para hidratação dos grãos. As cultivares BRS Imponente, BRS Novaera, BRS Tumucumaque e BRS Cauamé apresentam os melhores resultados para a maioria das características associadas à qualidade tecnológica de grãos (sem grãos duros, menor tempo de cocção e menor tempo para hidratação dos grãos).

As linhagens e cultivares avaliadas apresentam esfericidade entre 68,00 e 79,23% e circularidade entre 65,00 e 78,44%. A BRS Imponente obteve a maior área projetada (84,21 mm<sup>2</sup>), seguida da cultivar BRS Novaera (59,68 mm<sup>2</sup>) e da linhagem MNC11-1013E-15 (55,24 mm<sup>2</sup>). A umidade dos grãos variou de 5 a 16%. As linhagens MNC11-1031E-5, MNC11-1013E-15 e MNC11-1052E-3 e as cultivares BRS Tumucumaque, BRS Imponente e a BRS Xique-xique obtiveram os maiores valores para peso hectolitro, variando de 78,43 a 81,39 Kg.hL<sup>-1</sup>. A linhagem MNC11-1018E-17 apresentou o maior valor de ângulo de repouso (57.48°). A massa de mil grãos variou de 189,37 a 276,87g. A porosidade da massa variou de 56,67 a 73,33%.