



**Qualidade nutricional e de cozimento dos grãos de diferentes classes comerciais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.)**

**Nutritional and cooking quality of grains from different commercial classes of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.)**

**Calidad nutricional y de cocción de granos de diferentes clases comerciales de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.)**

DOI: 10.55905/oelv22n2-065

Receipt of originals: 01/04/2024

Acceptance for publication: 02/26/2024

**Ennya Cristina Pereira dos Santos Duarte**

Pós-Graduada em Alimentos e Nutrição

Instituição: Universidade Federal do Piauí

Endereço: Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Ininga, Teresina - PI,  
CEP: 64049-550

E-mail: ennyacristina24@gmail.com

**Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo**

Doutora em Ciência de Alimentos

Instituição: Universidade Federal do Piauí

Endereço: Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Ininga, Teresina - PI,  
CEP: 64049-550

E-mail: regilda@ufpi.edu.br

**Luis José Duarte Franco**

Mestre em Ciência Animal

Instituição: Embrapa Meio-Norte

Endereço: Av. Duque de Caxias, 5650, Buenos Aires, Teresina - PI, CEP: 64008-780

E-mail: luis.franco@embrapa.br

**Kaesel Jackson Damasceno-Silva**

Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas

Instituição: Embrapa Meio-Norte

Endereço: Av. Duque de Caxias, 5650, Buenos Aires, Teresina - PI, CEP: 64008-780

E-mail: kaesel.damasceno@embrapa.br

**Maurisrael de Moura Rocha**

Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas

Instituição: Embrapa Meio-Norte

Endereço: Av. Duque de Caxias, 5650, Buenos Aires, Teresina - PI, CEP: 64008-780

E-mail: maurisrael.rocha@embrapa.br

## RESUMO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é uma cultura de grande importância socioeconômica na região Nordeste do Brasil, sendo um gerador de emprego e renda para milhares de pessoas e fonte de proteínas, minerais, fibras alimentares e compostos bioativos, que auxiliam na prevenção de várias doenças. Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade nutricional e de cozimento dos grãos de diferentes classes comerciais de feijão-caupi. Foram avaliados os grãos crus e cozidos de 10 genótipos de feijão-caupi. Foram determinados a composição centesimal e o valor energético total (VET), segundo AOAC; os teores de ferro (Fe), zinco (Zn) e selênio (Se), por ICP-OES; o teor de ácido fítico pelo método 986.11 AOAC; e a qualidade de cozimento, utilizando-se panela de pressão elétrica e cozedor de Mattson. Estimou-se o índice de qualidade nutricional e de cozimento (IQNC), considerando-se proteínas, Fe, Zn, Se e qualidade de cozimento como características positivas e o teor de ácido fítico como uma característica negativa. As médias dos genótipos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) e dos grãos cru e cozido pelo teste  $t$  de Student ( $p < 0,05$ ). Houve diferenças significativas entre os genótipos para todas as características, exceto para as proteínas e carboidratos nos grãos crus. O cozimento aumentou os teores de proteínas nos genótipos IT97KD-1042 e BRS Olhonegro, e Zn, em todos os genótipos, e reduziu o ácido fítico em 10,43 a 30,64%. A qualidade de cozimento foi superior a 52% para todos os genótipos. As cultivares BRS Tumucumaque, BRS Imponente e BRS Olhonegro, ambas pertencentes à classe comercial branco, destacaram-se, com os maiores IQNC. Essas cultivares podem ser utilizadas em programas que visem o combate à desnutrição e ratificam o valor nutritivo do feijão-caupi e o aporte de qualidade que pode possibilitar quando inserido em uma alimentação equilibrada.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata*, proteínas, minerais, ácido fítico, cocção.

## ABSTRACT

Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) is a crop of great socioeconomic importance in the Northeast region of Brazil, being a generator of employment and income for thousands of people and a source of proteins, minerals, diet fibers and bioactive compounds, which help in the prevention of various diseases. This work aimed to evaluate the nutritional and cooking quality of grains from different commercial classes of cowpea. Raw and cooked grains from 10 cowpea genotypes were evaluated. The proximate composition and total energy value (TEV) were determined, according to AOAC; iron (Fe), zinc (Zn) and selenium (Se) contents, by ICP-OES; phytic acid content by method 986.11 AOAC; and cooking quality, using an electric pressure cooker and Mattson cooker. The nutritional and cooking quality index (IQNC) was estimated, considering proteins, Fe, Zn, Se, and cooking quality as positive characteristics and the phytic acid content as a negative characteristic. Genotype means were grouped using the Scott-Knott test ( $p < 0.05$ ) and raw and cooked grains using Student's  $t$  test ( $p < 0.05$ ). There were significant differences between genotypes for all traits except for proteins and carbohydrates in raw grains. Cooking increased protein content in genotypes IT97KD-1042 and BRS Olhonegro, and Zn, in all genotypes, and reduced phytic acid by 10.43 to 30.64%. Cooking quality was greater than 52% for all genotypes. The cultivars BRS Tumucumaque, BRS Imponente

and BRS Olhonegro, both belonging to the white commercial class, highlighted with the highest IQNC. These cultivars can be used in programs aimed at combating malnutrition and confirm the nutritional value of cowpea and the quality contribution it can provide when included in a balanced diet.

**Keywords:** *Vigna unguiculata*, proteins, minerals, phytic acid, cooking.

## RESUMEN

El frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) es un cultivo de gran importancia socioeconómica en la región noreste de Brasil, siendo generador de empleo e ingresos para miles de personas y fuente de proteínas, minerales, fibras alimenticias y compuestos bioactivos, que ayudan en la prevención de diversas enfermedades. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad nutricional y de cocción de los granos de diferentes clases comerciales de frijol caupí. Se evaluaron los granos crudos y cocidos de 10 genotipos de frijol caupí. Se determinó la composición centesimal y el valor de energía total (TEC) de acuerdo con AOAC, los contenidos de hierro (Fe), zinc (Zn) y selenio (Se) por ICP-OES, el contenido de ácido fítico por el método 986.11 AOAC y la calidad de cocción, utilizando olla a presión eléctrica y cocción Mattson. Se estimó el índice de calidad nutricional y de cocción (ICA), considerando como características positivas las proteínas, Fe, Zn, Se y calidad de cocción, y como características negativas el contenido de ácido fítico. Las medias genotípicas se agruparon por la prueba de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) y los granos crudos y cocidos por la prueba *t* de Student ( $p < 0,05$ ). Hubo diferencias significativas entre genotipos para todas las características excepto para proteínas e hidratos de carbono en granos crudos. La cocción incrementó los niveles de proteína en los genotipos IT97KD-1042 y BRS Olhonegro, y Zn, en todos los genotipos, y redujo el ácido fítico en un 10,43 a 30,64%. La calidad de cocción fue superior al 52% para todos los genotipos. Destacaron los cultivares BRS Tumucumaque, BRS Imponente y BRS Olhonegro, ambos pertenecientes a la clase comercial blanca, con los mayores IQNCs. Estos cultivares pueden ser utilizados en programas que apuntan a combatir la desnutrición y ratifican el valor nutricional del frijol caupí y la calidad de su ingesta que puede hacer posible al insertarlo en una dieta balanceada.

**Palabras clave:** *Vigna unguiculata*, proteínas, minerales, ácido fítico, cocción.

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] é uma das culturas alimentares e um dos componentes de arranjos produtivos mais importantes nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, principalmente nas regiões semiáridas. No Brasil, ele é uma cultura alimentar importante desde o início da colonização e o País é hoje o terceiro maior

produtor mundial, precedido somente pela Nigéria e pelo Niger, e o maior produtor e consumidor da América Latina (FREIRE FILHO; RIBEIRO, 2023).

O cultivo do feijão-caupi no Brasil é realizado principalmente para a produção de grãos secos ou imaturos e na forma de conserva ou desidratado, representando assim, um alimento básico para as populações de baixa renda do nordeste brasileiro (ROCHA *et al.*, 2017).

A despeito de possuir considerável valor nutritivo, assim como outras leguminosas, o grão de feijão-caupi possui fatores antinutricionais (BENEVIDES *et al.*, 2011), e ainda tem como limitação para o aumento do seu consumo, o tempo de cozimento, considerado longo, o que leva à perda de nutrientes, perda de tempo útil e aumento da emissão de gases de efeito estufa devido uso prolongado de combustíveis para o cozimento (ADDY *et al.*, 2016).

Segundo Freitas *et al.* (2022), linhagens com alto percentual de grãos cozidos são promissoras para o desenvolvimento de novas cultivares de feijão-caupi com elevada qualidade culinária. Addy *et al.* (2020), afirmam que o desenvolvimento de cultivares de feijão-caupi de cozimento rápido tem o potencial para aumentar o seu consumo *per capita*.

O estudo de características nutricionais e relacionadas a qualidade do cozimento dos grãos do feijão-caupi é importante para o desenvolvimento de novos cultivares para atender às exigências do consumidor. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade nutricional e de cozimento dos grãos de diferentes classes comerciais de feijão-caupi.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

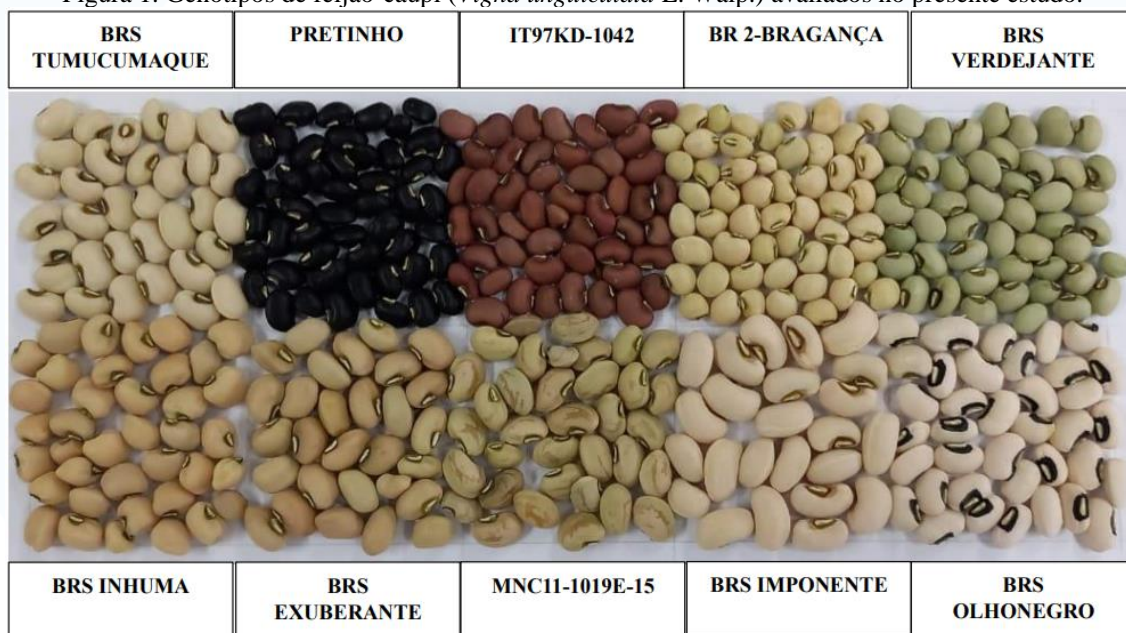
### 2.1 ORIGEM E PREPARO DAS AMOSTRAS

Foram determinados a composição centesimal, o valor energético total (VET), a qualidade de cozimento e o índice de qualidade nutricional e de cozimento (IQNC), e os teores de ácido fítico, selênio, zinco e ferro, nos grãos crus e cozidos de genótipos de feijão-caupi de diferentes classes/subclasses comerciais: classe branco [BRS Tumucumaque (subclasse branco liso), BRS Imponente (subclasse branco rugoso) e BRS



Olhonegro (subclasse fradinho), classe preto [Pretinho (subclasse preto brilhante) e classe cores [(IT-97K-1042-3 (Vinagre/tegumento vermelho), BR 2-Bragança (subclasse manteiga/tegumento creme), BRS Verdejante (subclasse verde), BRS Inhuma (subclasse canapu/tegumento marrom), BRS Exuberante (subclasse sempre-verde, tegumento marrom) e MNC11-1019E-15 (subclasse rajada/tegumento marrom)] (Figura 1), provenientes de um experimento conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com 10 tratamentos e três repetições, sob condições protegidas (telado) e irrigação por gotejamento, na Embrapa Meio-Norte, Teresina, Piauí, Brasil.

Figura 1. Genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) avaliados no presente estudo.



Fonte: Autor (2024).

Os grãos crus e cozidos passaram por secagem a 60 °C por 48 h, e moagem para obtenção das farinhas utilizadas para as análises da composição centesimal, minerais (ferro, zinco e selênio) e ácido fítico, cujo resultados foram expressos em base seca.

## 2.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Os teores de umidade, cinzas, proteínas e lipídios foram determinados segundo a metodologia da AOAC (2012), assim como o teor de carboidratos que foi obtido por diferença, subtraindo de 100% os teores de proteínas, lipídios, cinzas e umidade.

## 2.3 VALOR ENERGÉTICO TOTAL (VET)

O VET foi estimado a partir das somas das calorias (kcal) fornecidas por carboidratos, lipídios e proteínas, multiplicando-se seus valores em gramas pelos fatores de Atwater 4 Kcal, 9 Kcal e 4 Kcal, respectivamente (WATT; MERRIL, 1963).

## 2.4 MINERAIS FERRO (FE), ZINCO (ZN) E SELÊNIO (SE)

Os teores dos microminerais Fe, Zn e Se foram determinados por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado – ICP-OES (Optima 4300DV, Perkin Elmer, Norwalk, EUA). 0,5 g de cada amostra foram colocados em um tubo de micro-ondas e 2 mL de 30 % (v v-1) de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) adicionado a cada tubo e mantido coberto durante a noite para digestão. Adicionou-se a estes, 3 mL de ácido nítrico concentrado (HNO<sub>3</sub>); após duas horas, submeteu-se o material ao aquecimento em aparelho de micro-ondas de cavidade, conforme procedimento operacional padrão (POP) LMIN-008, I. 07, e digerido a 1200 W, temperatura de 200 °C, e pressão de 120 psi. A temperatura e a pressão foram mantidas durante cinco minutos. Após digestão completa, os tubos foram retirados do aparelho, esfriados na capela e abertos após 30 min. Após 15 min., foram filtrados lentamente em papel filtro e ajustados para 25 mL. As leituras foram realizadas no ICP-OES, conforme POP da Embrapa LMIN-026, rev. 01.

## 2.5 ÁCIDO FÍTICO

O teor de ácido fítico foi determinado pelo método 986.11, segundo a AOAC (2010), com modificação, sendo a análise realizada por ICP, com modificação do recolhimento dos fitatos com solução de HCl 2,0 M em balão volumétrico de 25,00 mL e leitura direta do fósforo (P) por ICP. Os resultados foram expressos em mg de ácido fítico por grama de amostra.

## 2.6 QUALIDADE DE COZIMENTO

A qualidade de cozimento foi avaliada pela metodologia proposta por Carvalho *et al.* (2017), com adaptações. Uma mostra de 50 grãos (para cada uma das três repetições) foram hidratados por 60 min. em água destilada (que também foi utilizada para a cocção) e, depois, cozidos separadamente por 30 min., com 1/5 de água em panela de pressão elétrica (marca Electrolux) com capacidade para 5 L. O tempo de molho e cocção foram pré-estabelecidos em testes preliminares realizados por Barros (2019).

Após cozimento e resfriamento, um total de 25 grãos/genótipo foram dispostos no cozedor de Mattson (MATTSON, 1946) e registrado o número de pinos que imediatamente perfuraram completamente os grãos. Quanto maior a porcentagem de grãos com pinos totalmente perfurados, maior a qualidade de cozimento.

## 2.7 ÍNDICE DE QUALIDADE NUTRICIONAL E DE COZIMENTO (IQNC)

O índice de qualidade nutricional e de cozimento (IQNC) foi estimado com base no índice de qualidade nutricional (IQN) proposto por Carvalho *et al.* (2012) e Pereira (2013), com adaptações de Freitas *et al.* (2022). O IQNC foi utilizado com o objetivo de realizar a seleção simultânea para as principais características avaliadas no estudo.

Para cada característica, estabeleceu-se um valor mínimo ou máximo com os atributos nutricionais desejáveis que o genótipo devia ter para ser selecionado, sendo adotada neste estudo, a média geral de cada característica. Valores de proteínas, ferro, zinco, selênio e porcentagem de grãos cozidos acima da média geral contaram positivamente, enquanto valores de ácido fítico acima média geral para teor de ácido fítico, contaram negativamente.

Foram atribuídos os seguintes pesos de acordo com a importância nutricional e culinária das características para o grão de feijão-caupi: “4” para os teores de proteínas; “3” para os teores de ferro, zinco e selênio, “2” para a qualidade de cozimento e “1” para os teores de ácido fítico, levando em consideração as características consideradas positivas e negativas para o grão. A soma algébrica do produto entre o máximo e o respectivo peso de cada característica foi dividido pela soma dos pesos, conforme a equação: 
$$IQNC_i = \frac{\sum[(dmv_i \times p_i)] + \dots + [(dmv_n \times p_n)]}{p_i + \dots + p_n}$$
 onde,  $IQNC_i$  é o índice

de qualidade nutricional e de cozimento do  $i$ -ésimo genótipo;  $dmv_i$  é a diferença entre a média do  $i$ -ésimo genótipo e a média geral para a  $n$ -ésima característica; e  $p_i$  é peso arbitrário adotado para a  $n$ -ésima característica. Quanto maior a estimativa do IQNC, melhor o genótipo em termos de qualidade nutricional e de cozimento.

## 2.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância (ANOVA) e as médias entre os grãos crus e cozidos/genótipo comparadas pelo Teste  $t$  de Student ( $p < 0,05$ ), utilizando-se o programa computacional SAS (SAS INSTITUTE, 2011) e as médias entre genótipos nos grãos crus e cozidos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ), com o auxílio do programa GENES (CRUZ, 2006).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

As médias gerais em relação aos teores de umidade e de cinzas foram de 3,8 g  $100g^{-1}$  e 4,00 g  $100g^{-1}$ , no grão cru, e de 6,87 g  $100g^{-1}$  e 2,68 g  $100g^{-1}$  no grão cozido, respectivamente (Tabela 1). Observou-se diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), tanto entre genótipos nos grãos crus e cozidos, quanto entre os grãos crus e cozidos/genótipo. Os resultados indicam a existência de variabilidade entre os genótipos para as características analisadas, e que estas foram bastante influenciadas pelo cozimento.



Tabela 1. Composição centesimal e Valor energético total (VET) dos grãos cru e cozido de 10 genótipos pertencentes a diferentes classes/subclasses de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Teresina, Piauí, Brasil, 2024.

Genótipo	Umidade (g 100 g <sup>-1</sup> )		Cinzas (g 100 g <sup>-1</sup> )		Lipídios (g 100 g <sup>-1</sup> )		Proteínas (g 100 g <sup>-1</sup> )		Carboidratos (g 100 g <sup>-1</sup> )		VET (kcal 100 g <sup>-1</sup> )	
	Cru	Cozido	Cru	Cozido	Cru	Cozido	Cru	Cozido	Cru	Cozido	Cru	Cozido
<b>BRS Tumucumaque</b>	4,45 ±0,28 <sup>bB</sup>	7,33 ±0,29 <sup>bA</sup>	4,00 ±0,39 <sup>aA</sup>	2,15 ±0,03 <sup>eB</sup>	0,60 ±0,28 <sup>bB</sup>	2,80 ±0,01 <sup>eA</sup>	24,70 ±0,73 <sup>bA</sup>	24,77 ±0,20 <sup>eA</sup>	66,25 ±1,02 <sup>aA</sup>	62,95 ±0,40 <sup>bB</sup>	369,22 ±3,90 <sup>bA</sup>	376,08 ±1,12 <sup>cA</sup>
<b>Pretinho</b>	3,43 ±0,33 <sup>cB</sup>	6,46 ±0,32 <sup>cA</sup>	4,38 ±0,05 <sup>aA</sup>	3,09 ±0,17 <sup>bB</sup>	1,09 ±0,36 <sup>bA</sup>	3,93 ±0,23 <sup>cB</sup>	28,34 ±2,17 <sup>aA</sup>	27,75 ±0,22 <sup>bB</sup>	62,76 ±1,92 <sup>aA</sup>	58,76 ±0,52 <sup>dB</sup>	374,16 ±2,78 <sup>bB</sup>	381,46 ±1,44 <sup>bA</sup>
<b>IT97KD-1042</b>	4,53 ±0,24 <sup>bB</sup>	9,31 ±0,29 <sup>aA</sup>	3,96 ±0,33 <sup>aA</sup>	2,65 ±0,17 <sup>cB</sup>	0,30 ±0,04 <sup>bB</sup>	5,75 ±0,09 <sup>aB</sup>	24,40 ±5,56 <sup>bB</sup>	30,31 ±0,74 <sup>aA</sup>	66,82 ±5,53 <sup>aA</sup>	51,99 ±0,56 <sup>eB</sup>	367,54 ±0,56 <sup>bB</sup>	380,90 ±1,32 <sup>bA</sup>
<b>BR 2-Bragança</b>	3,77 ±0,16 <sup>cB</sup>	6,53 ±0,24 <sup>cA</sup>	4,10 ±0,06 <sup>aA</sup>	2,77 ±0,04 <sup>cB</sup>	3,12 ±0,40 <sup>aA</sup>	3,73 ±0,01 <sup>eA</sup>	25,63 ±2,45 <sup>bA</sup>	24,84 ±0,21 <sup>eB</sup>	63,38± 2,49 <sup>aA</sup>	62,12 ±0,49 <sup>bB</sup>	384,12 ±1,30 <sup>aA</sup>	381,44 ±1,15 <sup>bA</sup>
<b>BRS Verdejante</b>	3,58 ±0,12 <sup>cB</sup>	6,18 ±0,17 <sup>cA</sup>	4,22 ±0,05 <sup>aA</sup>	2,46 ±0,21 <sup>dB</sup>	2,48 ±0,11 <sup>aB</sup>	3,48 ±0,17 <sup>dA</sup>	27,16 ±0,78 <sup>aA</sup>	26,61 ±0,13 <sup>cB</sup>	62,56 ±0,89 <sup>aA</sup>	61,27 ±0,23 <sup>cB</sup>	381,17 ±0,55 <sup>aA</sup>	382,84 ±0,99 <sup>bA</sup>
<b>BRS Inhuma</b>	4,96 ±0,20 <sup>aB</sup>	5,46 ±0,26 <sup>dA</sup>	3,98 ±0,18 <sup>aA</sup>	3,13 ±0,20 <sup>bB</sup>	3,23 ±0,25 <sup>aB</sup>	4,43 ±0,24 <sup>bA</sup>	24,37 ±2,90 <sup>bA</sup>	24,58 ±0,28 <sup>eA</sup>	63,46 ±3,28 <sup>aA</sup>	62,40 ±0,28 <sup>bB</sup>	380,37 ±1,67 <sup>aB</sup>	387,82 ±1,26 <sup>aA</sup>
<b>BRS Exuberante</b>	3,58 ±0,32 <sup>cB</sup>	7,08 ±0,04 <sup>bA</sup>	4,40 ±0,09 <sup>aA</sup>	3,21 ±0,11 <sup>bB</sup>	2,13 ±0,37 <sup>bA</sup>	1,70 ±0,03 <sup>fB</sup>	27,11 ±0,94 <sup>aA</sup>	25,41 ±0,21 <sup>dA</sup>	62,78 ±1,49 <sup>aA</sup>	62,61 ±0,25 <sup>bA</sup>	378,76 ±2,10 <sup>bA</sup>	367,34 ±0,50 <sup>dB</sup>
<b>MNC11-1019E-15</b>	3,52 ±0,24 <sup>cB</sup>	6,95 ±0,33 <sup>bA</sup>	4,22 ±0,10 <sup>aA</sup>	3,62 ±0,10 <sup>aB</sup>	1,43 ±0,22 <sup>bB</sup>	2,58 ±0,24 <sup>eA</sup>	25,76 ±1,45 <sup>bA</sup>	25,54 ±0,36 <sup>dA</sup>	65,06 ±1,80 <sup>aA</sup>	61,13 ±0,61 <sup>cB</sup>	376,17 ±0,69 <sup>bA</sup>	369,92 ±3,08 <sup>dB</sup>
<b>BRS Imponente</b>	3,11 ±0,12 <sup>dB</sup>	6,08 ±0,18 <sup>cA</sup>	3,11 ±0,59 <sup>cA</sup>	1,55 ±0,32 <sup>fB</sup>	2,54 ±0,44 <sup>aA</sup>	2,74 ±0,17 <sup>eA</sup>	24,35 ±0,57 <sup>bA</sup>	23,62 ±0,32 <sup>fB</sup>	66,90 ±0,53 <sup>aA</sup>	66,09 ±0,69 <sup>aA</sup>	387,84 ±4,21 <sup>aA</sup>	383,53 ±0,30 <sup>bA</sup>
<b>BRS Olhonegro</b>	3,06 ±0,12 <sup>dB</sup>	7,34 ±0,27 <sup>bA</sup>	3,65 ±0,04 <sup>bA</sup>	2,14 ±0,05 <sup>eB</sup>	1,71 ±0,24 <sup>bA</sup>	1,33 ±0,22 <sup>gA</sup>	22,72± 0,45 <sup>bB</sup>	23,67 ±0,28 <sup>fA</sup>	68,85 ±0,37 <sup>aA</sup>	65,32 ±0,43 <sup>aB</sup>	381,71 ±1,78 <sup>aA</sup>	367,93 ±2,35 <sup>dB</sup>
<b>Média geral</b>	3,80 <sup>B</sup>	6,87 <sup>A</sup>	4,00 <sup>A</sup>	2,68 <sup>B</sup>	1,86 <sup>B</sup>	3,25 <sup>A</sup>	25,45 <sup>A</sup>	25,71 <sup>A</sup>	64,88 <sup>A</sup>	61,46 <sup>B</sup>	378,10 <sup>A</sup>	377,92 <sup>A</sup>

Média de três repetições ± desvio-padrão. Médias iguais seguidas de letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem pelos testes *t* de Student ( $p < 0,05$ ) e agrupamento de médias iguais seguidas de letras maiúsculas na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Autor (2024).



O teor de umidade é uma característica frequentemente utilizada para determinar a estabilidade e qualidade dos alimentos. A água desempenha um papel primordial em muitas das reações de deterioração que são sofridas pelos alimentos. De acordo com Ribeiro e Saravalli (2007), quanto maior o teor de água do alimento, maior é a sua sensibilidade à deterioração.

Neste estudo, observou-se que o teor de umidade variou de 3,06 g 100 g<sup>-1</sup> (BRS Olhonegro) a 4,96 mg 100 g<sup>-1</sup> (BRS Inhuma) no grão cru, e de 5,46 g 100 g<sup>-1</sup> (BRS Inhuma) a 9,31 g 100 g<sup>-1</sup> (IT97KD-1042) no grão cozido, o que indica boa estabilidade, visto que o teor máximo de umidade recomendável para fins de comercialização para os grãos de acordo é de 14 g 100 g<sup>-1</sup>, segundo a Instrução Normativa nº 12, de 28 de março de 2008 (BRASIL, 2008).

Outros estudos também determinaram o teor de umidade em grãos cru e cozido de genótipos de feijão-caupi. Bezerra *et al.* (2019) avaliaram oito cultivares de feijão-caupi e observaram teores de umidade nos grãos crus maiores (7,12 a 11,32 g 100 g<sup>-1</sup>) que os do presente estudo. Barros (2014) avaliaram quatro cultivares de feijão-caupi e, também observou uma variação maior no teor de umidade nos grãos crus (9,70 a 10,58 g 100 g<sup>-1</sup>), com a cultivar BRS Tumucumaque apresentando 10,44 g 100 g<sup>-1</sup>. No estudo de Luz (2023) realizado com 15 genótipos de feijão-caupi, os teores de umidades obtidos foram mais próximos ao deste estudo, onde observou uma variação de 4,48 a 5,97 g 100 g<sup>-1</sup>, nos grãos crus, e de 5,31 a 7,15 g 100 g<sup>-1</sup> nos grãos cozidos.

Observou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre genótipos para o teor de cinzas, tantos nos grãos crus, quanto nos grãos cozidos, sendo maior nos grãos crus (3,11 a 4,40 g 100 g<sup>-1</sup>) do que nos grãos cozidos (1,55 a 3,62 g 100 g<sup>-1</sup>). Nos grãos cozidos, maior teor de cinzas foi apresentado pela linhagem MNC11-1019E-15 (3,62 g 100g<sup>-1</sup>), entre os crus houve diferenças significativas apenas para os genótipos BRS Olhonegro (3,65 g 100 g<sup>-1</sup>) e BRS Imponente (3,11 g 100 g<sup>-1</sup>), os quais apresentaram os menores teores.

Oliveira *et al.* (2023), avaliaram os teores de cinzas dos grãos crus das cultivares de feijão-caupi BRS Aracê, BRS Xiquexique e BRS Inhuma, e observaram teores de 3,84 g 100 g<sup>-1</sup>, 3,87 g 100 g<sup>-1</sup> e 3,70 g 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os teores de cinzas observados por OLIVEIRA *et al.* (2023), assemelham-se aos do presente estudo, no qual a média geral dos genótipos nos grãos crus foi de 4,00 g 100 g<sup>-1</sup>. o teor de cinzas observado na cultivar BRS Inhumá (3,98 g 100 g<sup>-1</sup>), corrobora com os obtidos por Cavalcante *et al.* (2017), que variou de 3,7 a 4,5 g 100 g<sup>-1</sup>.

Os teores de cinzas nos grãos cozidos observados no presente estudo diferem dos encontrados por Cavalcante *et al.* (2017), que observaram variação de 3,7 a 5,3 g 100 g<sup>-1</sup>, maiores do que os do presente trabalho. Nos estudos de Luz (2023), Bezerra *et al.* (2019) e Barros (2014), assim como neste, houve redução significativa do teor de cinzas após o cozimento, de 3,72 a 4,27 g 100 g<sup>-1</sup> para 2,40 a 3,04 g 100 g<sup>-1</sup>; 3,20 a 5,31 g 100 g<sup>-1</sup> para 0,95 a 1,26 g 100 g<sup>-1</sup> e de 3,55 a 4,03 g 100 g<sup>-1</sup> para 1,42 a 1,69 g 100 g<sup>-1</sup>, após a cocção, respectivamente.

A redução no teor de cinzas nos grãos cozidos pode ser explicada, possivelmente, pelas perdas para a água durante o período de remolho e com o aumento da temperatura durante a cocção. Miller (1996) afirma que a etapa de remolho pode ter relação com a redução no teor devido a hidrossolubilidade e consequente lixiviação dos minerais para a água e Barampama e Simard (1995), atribuem possíveis perdas pela difusão dos minerais na água empregada pelo tratamento térmico.

As leguminosas, exceto as oleaginosas, como soja e amendoim, apresentam normalmente baixo teor de lipídios. De acordo com Rocha, Silva e Menezes-Júnior (2017), o teor médio de lipídios no feijão-caupi é de 2,00 g 100 g<sup>-1</sup>. As médias gerais do teor de lipídios observados neste estudo nos grãos cru e cozidos foram respectivamente 1,86 g 100 g<sup>-1</sup> e 3,35 g 100 g<sup>-1</sup>. Para os grãos crus, o teor de lipídios variou de 0,30 g 100 g<sup>-1</sup> na linhagem IT97KD-1042 a 3,23 g 100 g<sup>-1</sup> na cultivar BRS Inhumá.

Vários autores avaliaram o teor de lipídios em grãos crus de diferentes genótipos de feijão-caupi, sendo encontrado os seguintes valores: 2,2 g 100 g<sup>-1</sup> (FROTA *et al.*, 2008); 1,69 a 3,07 g 100 g<sup>-1</sup> (BARROS, 2014); 1,3 a 2,1 g 100 g<sup>-1</sup> (CAVALCANTE *et al.*, 2017); 1,53 a 2,9 g 100 g<sup>-1</sup> (Rios *et al.*, 2018); 0,40 a 0,68 g 100 g<sup>-1</sup> (BEZERRA *et al.*, 2019); 1,92 a 2,04 g 100 g<sup>-1</sup>, (OLIVEIRA *et al.*, 2023); e 0,86 a 2,25 g 100 g<sup>-1</sup> (LUZ, 2023). Essa variação no teor de lipídeos pode ser devida a vários fatores. O teor dos

nutrientes nos alimentos pode variar devido a fatores como genética, solo, clima, dentre outros fatores relacionados ao crescimento, além de maturação e armazenamento.

Os grãos cozidos apresentaram teores lipídicos que variaram de 1,33 g 100 g<sup>-1</sup> (BRS Olhonegro) a 5,75 g 100 g<sup>-1</sup> (IT97KD-1042). Mesmo não havendo adição de nenhum tipo de óleo ou gordura durante o cozimento, houve aumento no teor de lipídios para a maioria dos genótipos após a cocção. Aumento do teor de lipídios após a cocção também foi observado no estudo de Luz (2023), justificando que isso ocorreu devido a possível liberação dos lipídeos das células das sementes provocada pelo aumento da temperatura durante o processamento térmico. A cultivar BRS Tumucumaque teve um aumento no teor de lipídios após a cocção de mais de 200%. Barros (2014) também avaliou a cultivar BRS Tumucumaque e observou aumento no teor de lipídios após a cocção, porém, menor do que o observado no presente estudo.

Observou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os genótipos para o teor de proteínas nos grãos crus e cozidos, com variações de 22,72 a 28,34 g 100 g<sup>-1</sup> e de 23,52 a 27,75 g 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. Destacaram-se, com os maiores teores, os genótipos Pretinho (grão cru: 28,34 g 100 g<sup>-1</sup>; grão cozido: 27,16 g 100 g<sup>-1</sup>), BRS Verdejante (Grão cru: 27,16 g 100 g<sup>-1</sup>; grão cozido: 26,61 g 100 g<sup>-1</sup>) e BRS Exuberante (Grão cru: 27,11 g 100 g<sup>-1</sup>; grão cozido: 25,41 g 100 g<sup>-1</sup>), com valores superiores ao teor médio de proteínas do feijão-caupi, entre 23,00 e 25 g 100 g<sup>-1</sup> (ROCHA; SILVA; MENEZES-JÚNIOR, 2017).

Observou-se ausência de diferença entre grãos crus e cozidos, indicando que, no geral, o cozimento não afetou o teor de proteínas dos genótipos. No entanto, os grãos crus e cozidos de alguns genótipos diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ), com aumento após a cocção, casos da cultivar BRS Olhonegro e da linhagem IT97KD-1042. De acordo com Luz (2023), esse aumento possivelmente ocorreu devido a liberação de compostos nitrogenados proteicos e não proteicos durante o aquecimento. Esse fato pode levar a uma superestimação do teor proteico, considerando a metodologia utilizada que foi o método de Kjeldahl, no qual é considerado o nitrogênio livre para a determinação das proteínas (HORNES *et al.*, 2010).

Carvalho *et al.* (2012), avaliaram o teor de proteínas nos grãos crus de 30 genótipos de feijão-caupi e observaram uma variação de 17,40 a 28,30 g 100 g<sup>-1</sup>, maior do que a variação encontrado no presente estudo. De Paula *et al.* (2018), caracterizaram 46 genótipos de feijão-caupi (cru) na Colômbia e observaram teores de proteínas variando de 22,05 a 26,90 g 100 g<sup>-1</sup>, resultados que se assemelham ao deste estudo, assim como nos estudos de: Oliveira *et al.* (2023), com variação de 22,96 a 25,72 g 100 g<sup>-1</sup>; Freitas *et al.* (2022), com variação de 20,82 a 26,92 g 100 g<sup>-1</sup>; e Luz (2023), com variação de 23,35 a 29,8 g 100 g<sup>-1</sup>.

De acordo com Ramírez-Cárdenas, Leonel e Costa (2008), os processamentos térmicos, incluindo a cocção, podem provocar alterações físico-químicas nas proteínas, amido e outros componentes das leguminosas, modificando seu valor nutritivo. Assim, o aumento do teor de proteínas nos grãos de feijão após a cocção ocorre especialmente devido ao calor úmido ao qual o grão é submetido e em razão, principalmente, da desnaturação de fatores antinutricionais de natureza proteica e, ao mesmo tempo, evitando degradação significativa dos aminoácidos essenciais.

Aumentos no teor de proteínas no grão de feijão-caupi após a cocção foram observados também por Barros (2014), na cultivar de feijão-caupi BRS Milênio (22,05 a 24,03 g 100 g<sup>-1</sup>), BRS Aracê (24,00 a 26,37 g 100 g<sup>-1</sup>) e BRS Xiquexique (23,22 a 24,21 g 100 g<sup>-1</sup>); por Luz (2023), em 15 genótipos de feijão-caupi da classe preto, com variação nos grãos cozidos de 27,72 a 33,70 g 100 g<sup>-1</sup>.

Em relação ao teor de carboidratos, a média geral foi de 64,88 g 100g<sup>-1</sup> no grão cru e de 61,88 g 100 g<sup>-1</sup> no grão cozido, com variação de 62,56 g 100 g<sup>-1</sup> (BRS Verdejante) a 68,85 g 100 g<sup>-1</sup> (BRS Olhonegro) para o grão cru e de 51,99 g 100 g<sup>-1</sup> (IT97KD-1042) a 66,09 g 100 g<sup>-1</sup> (BRS Imponente) no grão cozido. Observou-se diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) dos carboidratos após a cocção (grão cru vs cozido) e, para a maioria dos genótipos, no grão cru. De acordo com Avanza *et al.* (2013), essa diminuição nos teores de carboidratos pode ser atribuída à solubilização do amido solúvel das leguminosas durante o processo de cozimento.

Os valores encontrados no presente estudo para o teor de carboidratos no grão cru estão em consonância com os observados em outros estudos realizados com genótipos de



feijão-caupi por Frota *et al.* (2008), Barros (2014), Rios *et al.* (2018), Bezerra *et al.* (2019) e Oliveira *et al.* (2023), que observaram médias variando de 51,4 a 62,68 g 100 g<sup>-1</sup>. No grão cozido, os teores foram superiores aos de Barros (2014) e Bezerra *et al.* (2019), que observaram variação de 9,6 a 22,98 g 100 g<sup>-1</sup>. Esses diferentes resultados se devem provavelmente devido a metodologia de análise utilizada, que no presente estudo diferiu dos autores citados acima, por apresentar os resultados tanto no grão cru quanto no grão cozido em base seca. No estudo de Luz (2023), onde utilizou a mesma metodologia (base seca), observou-se semelhança com os resultados do presente estudo para o grão cru (59,07 a 65,70 g 100 g<sup>-1</sup>), assim como no grão cozido (54,59 a 63,35 g 100 g<sup>-1</sup>).

Os genótipos apresentaram médias gerais para o valor energético total (VET) de 378,10 kcal 100 g<sup>-1</sup> nos grãos crus e 377,92 kcal 100 g<sup>-1</sup> nos grãos cozidos, diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) entre si, tanto no grão cru, quanto no grão cozido, mas não diferiram entre si para grão cru vs cozido. Observou-se variação no grão cru de 367,54 kcal 100 g<sup>-1</sup> (IT97KD-1042) a 387,84 kcal 100 g<sup>-1</sup> (BRS Imponente) e, no grão cozido, de 367,34 kcal 100 g<sup>-1</sup> (BRS Exuberante) a 387,82 kcal 100 g<sup>-1</sup> (BRS Inhumana). Esses resultados confirmam que além de ser uma boa fonte de proteínas e de carboidratos, o feijão-caupi contribui de forma adequada com calorias. Os valores do VET observados neste estudo estão próximos dos encontrados por Luz (2023), ao avaliar 15 genótipos de grãos pretos, com variação de 366,50 a 377,63 kcal 100 g<sup>-1</sup> no grão cru, e de 373,30 a 390,60 kcal 100 g<sup>-1</sup>, no grão cozido.

### 3.2 MINERAIS FERRO (Fe), ZINCO (Zn) E SELÊNIO (Se)

Observou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os genótipos de feijão-caupi para o teor de ferro, tanto no grão cru, quanto no grão cozido (Tabela 2).

Tabela 2. Teores dos minerais ferro (Fe), zinco (Zn) e selênio (Se) nos grãos cru e cozido de 10 genótipos pertencentes a diferentes classes/subclasses de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Teresina, Piauí, Brasil, 2024.

Genótipo	Fe (mg 100 g <sup>-1</sup> )		Zn (mg 100 g <sup>-1</sup> )		Se (µg 100 g <sup>-1</sup> )	
	Cru	Cozido	Cru	Cozido	Cru	Cozido
<b>BRS Tumucumaque</b>	5,26 ±2,18 <sup>cA</sup>	4,82 ±1,21 <sup>cB</sup>	4,78 ±1,04 <sup>cB</sup>	5,05 ±1,37 <sup>cA</sup>	172,33 ±0,02 <sup>bA</sup>	127,33 ±0,24 <sup>dA</sup>
<b>Pretinho</b>	5,18 ±0,86 <sup>cA</sup>	4,88 ±0,63 <sup>cB</sup>	5,23 ±1,39 <sup>aB</sup>	5,40 ±1,17 <sup>bA</sup>	127,00 ±0,10 <sup>dA</sup>	121,33 ±0,24 <sup>dA</sup>
<b>IT97KD-1042</b>	5,81 ±1,31 <sup>aA</sup>	5,38 ±1,0 <sup>aB</sup>	5,06 ±2,06 <sup>bB</sup>	5,31 ±0,76 <sup>bA</sup>	130,67 ±0,16 <sup>dA</sup>	87,33 ±0,14 <sup>fA</sup>
<b>BR 2-Bragança</b>	5,15 ±2,02 <sup>cA</sup>	5,07 ±1,15 <sup>bB</sup>	5,36 ±2,57 <sup>aB</sup>	5,57 ±1,84 <sup>aA</sup>	145,33 ±0,04 <sup>cA</sup>	201,67 ±0,26 <sup>bA</sup>
<b>BRS Verdejante</b>	5,47 ±2,81 <sup>bA</sup>	5,00 ±1,91 <sup>bB</sup>	5,31 ±1,40 <sup>aB</sup>	5,50 ±1,38 <sup>aA</sup>	109,67 ±0,072 <sup>eA</sup>	80,67 ±0,14 <sup>fA</sup>
<b>BRS Inhuma</b>	4,77 ±1,26 <sup>dA</sup>	4,67 ±1,40 <sup>dB</sup>	4,58 ±0,13 <sup>dB</sup>	4,84 ±0,47 <sup>cA</sup>	284,33 ±0,02 <sup>aA</sup>	303,00 ±0,21 <sup>aA</sup>
<b>BRS Exuberante</b>	5,16 ±1,74 <sup>cA</sup>	4,62 ±0,53 <sup>dB</sup>	5,10 ±1,64 <sup>bB</sup>	5,30 ±0,08 <sup>bA</sup>	152,67 ±0,15 <sup>cA</sup>	147,33 ±0,14 <sup>cA</sup>
<b>MNC11-1019E-15</b>	5,24 ±1,70 <sup>cA</sup>	4,44 ±1,02 <sup>dB</sup>	4,82 ±1,66 <sup>cB</sup>	4,97 ±0,55 <sup>cA</sup>	115,67 ±0,18 <sup>eA</sup>	105,00 ±0,12 <sup>eA</sup>
<b>BRS Imponente</b>	4,6 ±2,12 <sup>eA</sup>	4,63 ±1,63 <sup>dA</sup>	4,87 ±1,58 <sup>cB</sup>	5,06 ±2,40 <sup>cA</sup>	62,33 ±0,07 <sup>fA</sup>	85,00 ±0,25 <sup>fA</sup>
<b>BRS Olhonegro</b>	5,53 ±0,21 <sup>bA</sup>	4,84 ±1,27 <sup>cB</sup>	4,21 ±1,57 <sup>eB</sup>	4,48 ±1,16 <sup>dA</sup>	36,67 ±0,02 <sup>gA</sup>	47,33 ±0,13 <sup>gA</sup>
<b>Média geral</b>	5,22 <sup>A</sup>	4,84 <sup>B</sup>	4,93 <sup>B</sup>	5,15 <sup>A</sup>	134,00 <sup>A</sup>	131,00 <sup>A</sup>

Média de três repetições ± desvio-padrão. Médias com letras maiúsculas iguais na mesma linha e com letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si pelos testes *t* de Student ( $p < 0,05$ ) e de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ), respectivamente.

Fonte: Autor (2024).

A média do teor de Fe no grão cru foi de 4,84 mg 100 g<sup>-1</sup> (grão cru), enquanto no grão cozido, de 5,22 mg 100 g<sup>-1</sup>. Barros (2019), ao avaliar o teor de Fe no grão cru de 24 genótipos de feijão-caupi, observou resultado semelhante ao do presente estudo, quanto à linhagem IT97KD-1042, que também apresentou maior teor de Fe (6,82 mg 100 g<sup>-1</sup>).

O teor de Fe variou de 4,60 mg 100 g<sup>-1</sup> (BRS Imponente) a 5,81 mg 100 g<sup>-1</sup> (IT97KD-1042) no grão cru, e de 4,84 mg 100 g<sup>-1</sup> (BRS Olhonegro) a 5,38 mg 100 g<sup>-1</sup> (IT97KD-1042) no grão cozido. A variação observada por Rios *et al.* (2018) (4,48 a 6,56 mg 100 g<sup>-1</sup>) e Freitas *et al.* (2020) (3,58 a 6,06 mg 100 g<sup>-1</sup>) também foi semelhante à observada no presente estudo. Já nos estudos de Luz (2023) (3,3 a 4,29 mg 100 g<sup>-1</sup>), Paula *et al.* (2018) (59,54 a 177,9 mg 100 g<sup>-1</sup>) e Martins *et al.* (2023) (7,12 a 8,60 mg 100 g<sup>-1</sup>), a variação nos teores de ferro foi inferior à observada no presente estudo. O teor de Fe no

grão cozido foi superior aos encontrados por Barros (2014), que variou de 2,04 a 2,92  $100\text{ g}^{-1}$ , e por Luz (2023), com variação de 3,06 a 4,29  $100\text{ g}^{-1}$ . O teor de ferro reduziu significativamente ( $p<005$ ) após o cozimento. Barros (2014) e Luz (2023), ao determinarem esse mineral nos grãos crus e cozidos de genótipos de feijão-caupi, também observaram redução após o cozimento.

Observou-se diferença significativa ( $p<0,05$ ) entre as médias dos genótipos de feijão-caupi para o teor de zinco, tanto no grão cru, quanto no grão cozido, com os genótipos BRS Bragança (grão cru: 5,36  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ ; grão cozido: 5,57  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ ) e BRS Verdejante (grão cru: 5,31  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ ; 5,5  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ ), seguidos da cultivar Pretinho (grão cru: 5,23  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ ; grão cozido: 5,40  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ ) apresentado os maiores teores desse mineral, tanto no grão cru, quanto no grão cozido.

As médias do teor de zinco nos genótipos de feijão-caupi variaram de 4,21 a 5,36  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ , no grão cru, e de 4,48  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$  a 5,57  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ , no grão cozido, sendo as cultivares BRS Olhonegro e BR 2-Bragança, os genótipos que apresentaram o maior e menor teor, respectivamente, para esse mineral, tanto no grão cru, quanto no grão cozido.

As médias para o teor de Zn no grão cru são inferiores às obtidas por De-Paula *et al.* (2018), em estudo com 46 genótipos de feijão-caupi, no qual encontraram variação de 43,46 a 53,38  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ . Variações no teor de Zn próximas às observadas neste estudo foram observados por Barros (2019) (2,72 a 6,41  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ ); Rios *et al.* (2018) (3,17 a 5,14  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ ); Freitas *et al.* (2022) (2,35 a 4,57  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ ); Martins *et al.* (2023) (4,46 a 4,93  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ ) e Oliveira *et al.* (2023) (3,60 a 3,92  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ ). Teores de Zn inferiores aos obtidos no presente estudo foram observados por Barros (2014), no grão cru (2,99 a 4,19  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ ) e grão cozido (1,52 a 2,27  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ ), ao avaliarem genótipos de feijão-caupi.

O teor de zinco aumentou de 4,93  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$  no grão cru, a 5,15  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$  no grão cozido, com diferença significativa ( $p<0,05$ ) entre as médias de grão cru e grão cozido. Esses resultados foram discordantes daqueles observados por outros autores. Luz (2023), caracterizaram 15 genótipos de feijão-caupi da classe preto quanto ao teor de Zn no grão cru (4,85 a 6,62  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ ) e grão cozido (3,13 a 5,71  $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ ) e foi observado redução no teor desse mineral após a cocção.

Essas variações nos teores de Fe e Zn, tanto entre os genótipos estudados quanto entre outros estudos, possivelmente estão relacionadas a variabilidade genética e aos fatores ambientais e geográficos associados a estes genótipos. Segundo Gonçalves *et al.* (2016), estudos apontam que há uma grande variação nos teores Fe Zn em grãos de feijão-caupi, e que na literatura é possível encontrar teores que variaram de 6,9 a 218 mg 100 g<sup>-1</sup> para Fe, e de 8,1 a 118 mg 100 g<sup>-1</sup> para Zn.

Observou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os genótipos de feijão-caupi para o teor de Se, tanto no grão cru, quanto no grão cozido. A média geral do teor de Se no grão cru foi de 134  $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$  e no grão cozido, de 131  $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ . A cultivar BRS Inhumá apresentou os maiores teores de Se, tanto no grão cru (284,33  $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), quanto no grão cozido (303,00  $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), enquanto a cultivar BRS Olhonegro, o menor teor no grão cru (36,67  $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) e grão cozido (47,33  $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ).

Os resultados obtidos neste estudo apresentam-se superiores aos relatados por Oliveira *et al.* (2023), ao avaliarem o grão cru de três cultivares de feijão-caupi: BRS Aracê (16,88  $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), BRS Inhumá (77,05  $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) e BRS Xiquexique (85,21  $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ). Silva *et al.* (2021), determinaram o teor de Se em 29 genótipos de feijão-caupi e encontraram variação nos teores de Se nos grãos de 54,97 a 246,21  $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ , variação essa, semelhantes à variação observada no presente estudo.

Os resultados para Fe, Zn e Se deste estudo, corroboram com a literatura sobre o feijão-caupi ser fonte de minerais para a alimentação. De acordo com a RDC n.º. 269 do Ministério da Saúde a IDR (ingestão diária recomendada) para Fe, Zn e Se é de 14 mg, 7 mg e 34  $\mu\text{g}$  para adultos; 27 mg, 11 mg e 30  $\mu\text{g}$  para gestantes; 15 mg, 9,5 mg e 35  $\mu\text{g}$  para lactantes; 9 mg, 4mg e 10  $\mu\text{g}$  para lactentes (7 a 11 meses); e 6-9 mg, 4,1-5,6 mg e 17-21  $\mu\text{g}$  para crianças, respectivamente, o que demonstra a importância da ingestão desses micronutrientes em todos os ciclos de vida.

### 3.3 ÁCIDO FÍTICO

O ácido fítico é considerado um fator antinutricional e está presente nos grãos em leguminosas como o feijão. Observou-se diferença significativa para o teor de ácido fítico entre os genótipos avaliados, tanto no grão cru, quanto no grão cozido (Tabela 3).

Tabela 3. Teor de ácido fítico e seu percentual de redução após cocção de 10 genótipos pertencentes a diferentes classes/subclasses de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Teresina, Piauí, Brasil, 2024.

Genótipo	ácido fítico (mg 100 <sup>-1</sup> )		% de redução do ácido fítico após cocção	Classe comercial	Subclasse comercial
	Cru	cozido			
<b>BRS Tumucumaque</b>	942,67 ±0,19 <sup>dA</sup>	760,00 ±0,47 <sup>dB</sup>	19,37	Branco	Branco liso
<b>Prezinho</b>	1144,33 ±0,21 <sup>bA</sup>	1025,00 ±0,42 <sup>aB</sup>	10,43	Preto	Preto brilhante
<b>IT97KD-1042</b>	1154,67 ±0,30 <sup>bA</sup>	1031,67 ±0,36 <sup>aB</sup>	10,65	Cores	Vinagre (vermelho)
<b>BR 2-Bragança</b>	1355,67 ± 0,37 <sup>aA</sup>	1132,00 ±0,17 <sup>aB</sup>	16,49	Cores	Manteiga (creme)
<b>BRS Verdejante</b>	1136,33 ±0,16 <sup>bA</sup>	950,00 ±0,28 <sup>bB</sup>	16,39	Cores	Verde
<b>BRS Inhuma</b>	1062,33 ±0,15 <sup>cA</sup>	935,00 ±0,45 <sup>bB</sup>	11,98	Cores	Canapu (marrom)
<b>BRS Exuberante</b>	1041,00 ±0,28 <sup>cA</sup>	722,00 ±0,12 <sup>dB</sup>	30,64	Cores	Sempre-verde (marrom)
<b>MNC11-1019E-15</b>	1073,00 ±0,40 <sup>cA</sup>	945,00 ±0,29 <sup>bB</sup>	11,92	Cores	Rajado (marrom)
<b>BRS Imponente</b>	1150,67 ±0,30 <sup>bA</sup>	845,00 ±0,31 <sup>cB</sup>	26,56	Branco	Branco rugoso
<b>BRS Olhonegro</b>	943,33 ±0,29 <sup>dA</sup>	820,00 ±0,24 <sup>cB</sup>	13,07	Branco	Fradinho (branco)
<b>Média geral</b>	1094,00 <sup>A</sup>	925,56 <sup>B</sup>			

Fonte: Autor (2024).

A cocção reduziu significativa o teor desse fator antinutricional em todos os genótipos avaliados. O teor de ácido fítico no grão cru variou de 942,67 mg 100 g<sup>-1</sup> (BRS Tumucumaque) a 1355,67 mg 100 g<sup>-1</sup> (BR 2-Bragança) e, nos grãos cozidos, de 772,00 mg 100 g<sup>-1</sup> (BRS Exuberante) a 1132,00 mg 100 g<sup>-1</sup> (BR 2-Bragança).

Esses teores foram superiores àqueles observados por Avanza *et al.* (2013), que estudaram quatro variedades de feijão-caupi e observaram teores de 370, 510, 360 e 420 mg 100 g<sup>-1</sup> nos grãos crus, e de 280, 340, 320 e 250 mg 100 g<sup>-1</sup>, nos grãos cozidos, no entanto, com 20 minutos de cozimento.

Observou-se uma redução significativa (p<0,05) no teor de ácido fítico após o cozimento. Os genótipos com menor teor de ácido fítico foram BRS Exuberante (722 mg 100 g<sup>-1</sup>), BRS Tumucumaque (760 mg 100 g<sup>-1</sup>), BRS Olhonegro (820 mg 100 g<sup>-1</sup>) e BRS Imponente (845 mg 100 g<sup>-1</sup>), que apresentaram percentual de redução após o cozimento de 30,64; 19,37; 13,07; e 26,56%, respectivamente. Avanza *et al.* (2013), constataram





que o cozimento reduziu de 35% a 50% o teor de ácido fítico, valores superiores aos obtidos no presente estudo (10 a 30%).

Outros estudos avaliaram o teor de ácido fítico no grão cru de feijão-caupi e observaram as seguintes variações para esse composto: 963-1227 mg 100 g<sup>-1</sup> (De Paula *et al.*, 2018), 676,0-1.222,0 mg 100 g<sup>-1</sup> (Gonçalves *et al.*, 2020) e 894-1.016,00 mg 100 g<sup>-1</sup> (Oliveira *et al.*, 2023), também inferiores aos observados no presente estudo.

Observou-se neste estudo que os genótipos da classe comercial branco, subclasses branco-liso e fradinho, apresentaram menor teor de ácido fítico. Já as maiores reduções no teor de ácido fítico, após o cozimento, foram observadas nas classes branco, subclasse branco rugoso, e na classe cores, subclasse sempre-verde.

### 3.4 QUALIDADE DE COZIMENTO

Observou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os genótipos para a porcentagem de grãos cozidos (PGC) (Tabela 4).

Tabela 4. Porcentagem de grãos cozidos (PGC) e Índice de qualidade nutricional e de cozimento (IQNC) de 10 genótipos de feijão-caupi. Teresina, Piauí, Brasil, 2024.

Genótipo	PGC (%)	IQNC
<b>BRS Tumucumaque</b>	94,67 ± 0,58 <sup>b</sup>	21,547
<b>Pretinho</b>	91,33 ± 1,15 <sup>b</sup>	11,436
<b>IT97KD-1042</b>	83,33 ± 1,15 <sup>c</sup>	6,387
<b>BR 2-Bragança</b>	100,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	11,772
<b>BRS Verdejante</b>	93,33 ± 0,58 <sup>b</sup>	16,104
<b>BRS Inhuma</b>	71,33 ± 1,16 <sup>d</sup>	-37,563
<b>BRS Exuberante</b>	66,00 ± 1,15 <sup>e</sup>	-30,690
<b>MNC11-1019E-15</b>	71,33 ± 1,00 <sup>d</sup>	-35,062
<b>BRS Imponente</b>	100,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	21,628
<b>BRS Olhonegro</b>	98,67 ± 0,58 <sup>a</sup>	19,507
<b>Média Geral</b>	87,00	

Média de três repetições ± desvio-padrão. Agrupamento de médias com letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Autor (2024).

Os genótipos foram discriminados em cinco grupos (a, b, c, d, e, f), em que o grupo “a” reuniu os genótipos com maior PGC (BR 2-Bragança, BRS Imponente e BRS Olhonegro); os grupos “b” (BRS Tumucumaque, BRS Verdejante e Pretinho), “c” (IT97KD-1042), “d” (MNC11-1019E-15 e BRS Inhuma), contemplou os genótipos com PGC intermediário; e o grupo “e” (BRS Exuberante), que apresentou a menor PGC.

Os genótipos apresentaram variação para a PGC de 66 % (BRS Exuberante) a 100% (BR 2-Bragança e BRS Imponente), com média geral de 87%. Para a determinação da PCG, considera-se o mínimo de 52%, o que corresponde a 13 de 25 perfurações de acordo com o Método de Mattson (1946). No presente estudo, todos os genótipos avaliados apresentaram PGC superior a esse valor, indicando que todos apresentaram excelente qualidade de cozimento.

De acordo com Freitas *et al.* (2022), linhagens com alto percentual de grãos cozidos são promissoras para o desenvolvimento de novas cultivares de feijão-caupi com alta qualidade culinária. Luz (2023), ao avaliar 15 genótipos de feijão-caupi da classe comercial preto, e Oliveira *et al.* (2023), ao estudar três cultivares de feijão-caupi de várias classes comerciais, observaram médias gerais de 71,07% e 75,98%, respectivamente. Freitas *et al.* (2022), ao avaliarem 100 genótipos de feijão-caupi da classe comercial cores, observaram variação para o PGC de 20 a 98% e média geral de 68,7%. Em um estudo de Barros (2019) com 24 genótipos de feijão-caupi de diferentes classes comerciais, encontraram PGC inferior a 52%, com média geral de 63,21%. A média geral da PGC observada no presente trabalho (87%) foi superior às médias gerais encontradas nos trabalhos acima que os genótipos.

Freitas *et al.* (2022) sugerem que, considerando a metodologia utilizada (Carvalho *et al.* (2017), com adaptações de Barros (2019), na qual todos os grãos passaram por um tempo fixo de cozimento de 30 minutos, é possível que algumas amostras tenham ficado mais cozidas que outras, de forma que os grãos dos genótipos que apresentaram maior percentual de cozimento, provavelmente apresentam tempo de cozimento inferior a 30 minutos.

Além disso, de acordo com Wainaina *et al.* (2021), o tempo de cozimento do feijão é influenciado por fatores genéticos, ambientais, de pré-processamento e processamento,

e a variabilidade genética do tempo de cozimento tem sua causa evidenciada nos diversos fatores físicos e químicos que diferem entre os vários tipos de sementes comerciais, como espessura e composição do tegumento da semente, bem como a composição do cotilédone. Observou-se neste estudo que os genótipos da classe comercial branco, subclasses branco rugoso e branco liso; preto; verde e manteiga, apresentaram melhor qualidade de cozimento, com  $PGC > 90\%$ .

### 3.5 ÍNDICE DE QUALIDADE NUTRICIONAL E DE COZIMENTO (IQNC)

As estimativas do índice de qualidade nutricional e de cozimento (IQNC) dos genótipos de feijão-caupi variaram de -37,56 a 21,63 (Tabela 4). Esse índice foi utilizado nesse estudo para selecionar os genótipos que apresentam simultaneamente altos teores de proteínas, Fe, Zn e Se, alta porcentagem de grãos cozidos e baixos teores de ácido, de forma a ser possível melhorar o aproveitamento das proteínas e minerais contidos nos grãos dessa leguminosa.

Nesse contexto, destacaram-se com altos valores de IQNC, as cultivares BRS Imponente (21,63), BRS Tumucumaque (21,55) e BRS Olhonegro (19,51), indicando que, dentre os 10 genótipos avaliados, foram os que apresentaram melhor qualidade nutricional e de cozimento. Ressalta-se ainda que apenas os genótipos BRS Exuberante (-13,947), MNC11-1019E-15 e BRS Inhuma (-22,904) apresentaram um valor negativo para o IQNC, sugerindo que estes, dentre os 10 genótipos, não conseguiram reunir simultaneamente os atributos de altos teores de proteínas, ferro, zinco, selênio, alta PGC e baixo ácido fítico.

Luz (2023) e Freitas *et al.* (2022), determinaram o IQNC de 15 genótipos de feijão-caupi da classe comercial Preto e 100 genótipos de feijão-caupi da classe comercial cores, respectivamente. O uso desse índice possibilitou a identificação de genótipos com perfil nutricional otimizado para ferro, zinco e proteínas. Diferindo do presente estudo, esses autores não avaliaram o teor de selênio e o fator antinutricional ácido fítico como atributos no cálculo do IQNC.

Freitas *et al.* (2022), afirmam que os genótipos selecionados pelo IQNC, por terem melhor perfil nutricional e de cozimento, podem ser utilizados no combate à desnutrição

em populações com deficiência de ferro e zinco, como intervenção complementar à fortificação alimentar e à suplementação medicamentosa.

As maiores estimativas do IQNC foram observadas nos genótipos da classe comercial branco, subclasses branco liso, branco rugoso e fradinho. Considerando que dentre os genótipos que se destacaram no estudo de Freitas *et al.* (2022), está a cultivar BRS Tumucumaque, ressalta-se que a mesma, juntamente com as cultivares BRS Imponente e BRS Olhonegro, as quais tiveram maior destaque quanto ao IQNC, podem ser utilizadas nas estratégias de combate à desnutrição e deficiência de ferro, zinco e selênio, com vantagens adicionais devido à alta qualidade de cozimento e baixo teor de ácido fítico.

#### 4 CONCLUSÃO

Os genótipos de feijão-caupi avaliados neste estudo apresentam teores satisfatórios de proteínas, carboidratos, valor energético total, ferro, zinco e selênio. Dentre os minerais, o zinco apresenta teor mais elevado no grão cozido. A qualidade de cozimento é considerada de boa a excelente para todos os genótipos avaliados. Dentre os genótipos avaliados, as cultivares BRS Tumucumaque (classe comercial branco, subclasse branco liso), BRS Imponente (classe comercial branco, subclasse branco rugoso) e BRS Olhonegro (classe comercial branco, subclasse fradinho) apresentam grãos com melhor qualidade nutricional e de cozimento. Para os genótipos avaliados, o cozimento reduz o teor de ácido fítico de forma significativa, especialmente nas cultivares BRS Exuberante, BRS Tumucumaque, BRS Olhonegro e BRS Imponente. Essas cultivares podem ser utilizadas em programas que visem o combate à desnutrição e ratificam o valor nutritivo do feijão-caupi e o aporte de qualidade que pode possibilitar quando inserido em uma alimentação equilibrada.

#### AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Piauí (UFPI) e Embrapa Meio-Norte (projeto: 20.22.01.011.00.00), pelo suporte na condução das análises laboratoriais e auxílio



financeiro; e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de doutorado concedida (Processos: 88887.675938/2022-00 e 88887.852022/2023-00).



## REFERÊNCIAS

ADDY S. N. T. T.; ASANTE I. K.; ADU-DAPAAH H.; OFFEI S. K.; CICHY K. A.; WIESINGER J. “Breeding fast cooking cowpeas for increased utilization and improved nutrition in sub-Saharan Africa”. In: **Proceedings of the Pan-African Grain Legume & World Cowpea Conference. International Year of Pulses**, Livingstone. 2016.

ADDY, S. N. T. T.; SICHY, K. A.; ADU-DAPAAH, H.; ASANTE, I. K.; EMMANUEL, A.; OFFEI, S. K. Genetic studies on the inheritance of storage-induced cooking time in cowpeas [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, n. 144, p. 1-9, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO AGRÍCOLA SUPERIOR – ABEAS. **Módulo 9 – Análises químicas, físicas e microbiológicas de sucos e polpas tropicais**. Brasília: ABEAS, 1998. 124 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. Gaithersburg: AOAC International, 2012.

AVANZA, M.; ACEVEDO, B.; CHAVES, M.; AÑÓN, M. Nutritional and anti-nutritional components of four cowpea varieties under thermal treatments: principal component analysis. **LWT - Food Science and Technology**, v. 51, p.148-157, 2013.

BARAMPANA, Z.; SIMARD, R. E. Effects of soaking, cooking and fermentation on composition, in-vitro starch digestibility and nutritive value of common beans. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.48, n.4, p.349-365, 1995.

BARROS, E. K. C. **Caracterização e divergência genética entre genótipos de feijão-caupi com base nos teores de proteínas, ferro e zinco e na qualidade de cocção**. 2019. 80 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2019.

BARROS, N. V. A. **Influência do cozimento na composição centesimal, minerais, compostos bioativos e atividade antioxidante de cultivares de feijão-caupi**. 2014. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2014.

BENEVIDES, C. M. J.; SOUZA, M. V.; SOUZA, R. D. B.; LOPES, M. V. Fatores antinutricionais em alimentos: Revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 18, n. 2, p. 67-79, 2011.

BEZERRA, J. M.; VIEIRA, M. M. S.; SANTOS, A. F.; FARIAS, E. T. R.; LOPES, M. F.; SOUZA, A. S. Composição química de oito cultivares de feijão-caupi. **Revista Verde**, v.14, n.1, p.41-47, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 12 de 28 mar. 2008**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 31 mar. 2008. Seção 1, p. 11-14.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução RDC nº. 269, de 22 de setembro de 2005**. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre ingestão diária recomendada (IDR) de proteínas, vitaminas e minerais. Diário Oficial da União de 2 de setembro de 2005.

CARVALHO, A. F. U.; SOUSA, N. M.; FARIAS, D. F.; ROCHA-BEZERRA, L. C. B.; SILVA, R. M. P.; VIANA, M. P.; GOUVEIA, S. T.; SAMPAIO, S. S.; SOUSA, M. B.; LIMA, G. P. G.; MORAIS, S. M.; BARROS, C. C.; FREIRE FILHO, F. R. F. Nutritional ranking of 30 Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 26, n. 1-2, p. 81-88, 2012.

CARVALHO, B.; RAMALHO, M.; JÚNIOR, I.; ABREU, A. New strategy for evaluating grain cooking quality of progenies in dry bean breeding programs. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 2, p. 115-123, 2017.

CAVALCANTE, R. B. M.; ARAÚJO, M. A. M.; ROCHA, M. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Effect of thermal processing on chemical compositions, bioactive compounds, and antioxidant activities of cowpea cultivars. **Revista Caatinga**, v. 4, n. 30, p. 1050-1058, 2017.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: Biometria**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 382 p.

DE-PAULA, C. D.; JARMA-ARROYO, S.; ARAMENDIZ-TATIS, H. Caracterización nutricional y determinación de ácido fítico como factor antinutricional del frijol caupí. **Agronomía Mesoamericana**, v. 29, n. 1, p. 29-40, 2018.

FREITAS, T. K. T.; GOMES, F. O.; ARAÚJO, M. S.; SILVA, I. C. V.; SILVA, D. J. F.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; ROCHA, M. M. Potential of cowpea genotypes for nutrient biofortification and cooking quality. **Revista Ciência Agronômica**, v. 53, p. 1-11, 2022.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi na Embrapa Meio-Norte: melhoramento, cultivares lançadas, genealogias e base genética**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. 1039 p.

FROTA, K. M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), cultivar BRS-Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 470-476, 2008.

GONÇALVES, A.; GOUFO, P.; BARROS, A.; DOMÍNGUEZ-PERLES, R.; TRINDADE, H.; ROSA, E. A. S.; FERREIRA, L.; RODRIGUES, M. Cowpea (*Vigna*

*unguiculata* L. Walp.), a renewed multipurpose crop for a more sustainable agri-food system: nutritional advantages and constraints. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 9, p. 2941-2951, 2016.

GONÇALVES, F. V.; MEDICI, L. O.; FONSECA, M. P. S; PIMENTEL, C.; GAZIOLA, S. A.; AZEVEDO, R. A. Protein, phytate and minerals in grains of commercial cowpea genotypes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, suppl.1, 2020.

HORNES, M.; SILVA, A. G.; MITTERER, M. L.; QUEIROZ, M. I. Influência dos compostos nitrogenados na concentração de proteína da cianobactéria *Aphanothece microscopica* Nägeli. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 364-371. 2010.

LUZ, M. S. **Qualidade nutricional e tecnológica de genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) de grãos pretos antes e pós-cozimento**. 2023. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2023.

MATTSON, S. The cookability of yellow peas: a colloid chemical and biochemical study. **Acta Agriculturae Suecana**, v. 2, p. 85-190, 1946.

MARTINS, M. P. S. C.; LOPES, A. F. S.; JEAN, A.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; MARTINS, M. C. C.; ROCHA, M. M. Characterization of cowpea cultivars for grain size, color, and biofortification. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 1, p. 207-214, 2023.

MILLER, D. D. Minerals. In: FENNEMA, O. R. **Food Chemistry**. 3.ed. New York: Marcel Dekker, p. 618-649, 1996.

OLIVEIRA, A. M. C.; JEAN, A.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R.; FRANCO, L. J. D.; ROCHA, M. M. Proximate composition, minerals, tannins, phytates and cooking quality of commercial cowpea cultivars. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 3, p. 702- 710, 2023.

PEREIRA, R. F. **Caracterização bioquímica, nutricional e funcional de genótipos elite de feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]**. 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A. J.; COSTA, N. M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 200-213, 2008.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. Carboidratos. In: **Química dos alimentos**. Instituto de Mauá de Tecnologia. 2ª Ed. São Paulo: Editora Blucher. Cap.05, p.33-45. 2007.

RIOS, M. J. B. L.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. S.; FIGUEIREDO, E.A.T.; ROCHA, M. M.; HASHIMOTO, J. M. Chemical, granulometric and technological characteristics of whole flours from commercial cultivars of cowpea. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 217-224, 2018.

ROCHA, M. M; DAMASCENO-SILVA, K. J. MENEZES-JÚNIOR, J. A. N. Importância econômica. In: **Cultivo de Feijão-Caupi**. Sistemas de Produção EMBRAPA, Versão Eletrônica, 2ª ed. Março de 2017. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1071700/1/SistemaProducaoCaupiCapituloImportanciaEconomica.pdf>>. Acesso em: 09 de janeiro de 2024.

SAS - Statistical Analysis System. **SAS/Stat Software**. v. 12.1. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc., 2012.

SILVA, V. M.; NARDELI, A. J.; MENDES, N. A. C.; THOMAS D. ALCOCK, T. D.; ROCHA, M. M.; PUTTI, F. F.; WILSON, L.; YOUNG, S. D.; BROADLEY, M. R.; WHITE, P. J.; REIS, A. R. Application of sodium selenate to cowpea (*Vigna unguiculata* L.) increases shoot and grain Se partitioning with strong genotypic interactions. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 67, p. 1-12, 2021.

WAINAINA, I.; WAFULA, E.; SILA, D.; KYOMUGASHO, C.; GRAUWET, T.; LOEY, A. V.; HENDRICKX, M. Thermal treatment of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.): Factors determining cooking time and its consequences for sensory and nutritional quality. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 20, p. 1-29, 2021.

WATT, B.; MERRILL, A. L. **Composition of foods: raw, processed, prepared**. Washington, DC: Consumer and Food Economics Research Division / Agricultural Research Service, 198 (Agriculture Handbook, 8), 1963.