



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA-MEC
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ-UFPI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO-PRPPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO-PPGAN**

JOYCE MARIA DE SOUSA OLIVEIRA

**COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E MINERAL DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI
TIPO FRADINHO**

TERESINA-PI

2018

JOYCE MARIA DE SOUSA OLIVEIRA

**COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E MINERAL DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI
TIPO FRADINHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Piauí, como requisito para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Linha de Pesquisa: Química, Bioquímica e Qualidade de Alimentos.

Orientador: Dr. Kaesel Jackson Damasceno e Silva (Embrapa Meio-Norte)

TERESINA-PI

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco

- O48c Oliveira, Joyce Maria de Sousa.
Composição centesimal e mineral de genótipos de feijão-caupi tipo fradinho / Joyce Maria de Sousa Oliveira. – 2018.
79 f.
- Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2018.
"Orientador: Dr. Kaesel Jackson Damasceno e Silva".
1. Vigna unguiculata. 2. Qualidade nutricional.
3. Minerais. I. Título.

CDD 635.659 2

JOYCE MARIA DE SOUSA OLIVEIRA

**COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E MINERAL DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI
TIPO FRADINHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Piauí, como requisito para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Linha de Pesquisa: Química, Bioquímica e Qualidade de Alimentos.

Orientador: Dr. Kaesel Jackson Damasceno e Silva (Embrapa Meio-Norte)

Aprovado em: ____/____/____

Banca examinadora:

Dr. Kaesel Jackson Damasceno e Silva
Embrapa Meio-Norte
(Orientador/ Presidente)

Dr. Rodrigo Barbosa Monteiro Cavalcante
(1º Examinador/ Membro externo)

Dr. Maurisrael de Moura Rocha
(2ª Examinadora/ Membro interno)

Dr. Robson Alves da Silva
(Suplente)

*Aos meus pais, José Maria e
Jeanea, por todo o amor,
carinho e esforço.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por ser o meu alicerce em todas as horas. Glória a ti Senhor!

Ao professor Dr. Kaesel Jackson Damasceno e Silva, pela sua orientação, ensinamentos e atenção.

À Universidade Federal do Piauí (UFPI), pela oportunidade de crescimento científico na Graduação e Pós-Graduação.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN), pelos conhecimentos transmitidos e a querida Luana Silva, por toda ajuda e carinho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

À Embrapa Meio-Norte, pelo fornecimento das amostras de feijão-caupi estudadas, pela disponibilidade da estrutura física de laboratórios para a condução da pesquisa.

À banca examinadora, Dr. Rodrigo Barbosa Monteiro Cavalcante, Dr. Maurisrarel de Moura Rocha e Dr. Robson Alves da Silva, pelo tempo despendido na avaliação do meu trabalho e pelas valiosas considerações dadas.

Ao técnico do laboratório de bromatologia da Embrapa Meio-Norte, Luís José Duarte Franco, pelos conhecimentos transmitidos e auxílio na execução das análises.

Ao Professor Dr. Robson Alves da Silva, pela maravilhosa oportunidade de ser sua estagiária docente, pelos conhecimentos adquiridos e por todo carinho que recebi tanto dele, quanto da inesquecível turma de TPOV I.

Ao meu anjo em forma de colaboradora, Neilane Gomes, pela sua imensurável ajuda, dedicação, apoio e amizade. Não tenho dúvidas, que não foi à toa que Deus lhe colocou no meu caminho, durante o estágio docente. Sou eternamente grata a você por tudo.

Ao Paulo Víctor, por todo companheirismo desde a graduação, pela sua generosidade em sempre repassar seus conhecimentos ao próximo, e, sobretudo, pela sua valorosa amizade.

As minhas amigas Apolyanna, Nathasha, Layane e Carla, pela torcida, carinho e descontração que perpassam os muros da UFPI.

Aos amigos e pesquisadores que estimo Rodrigo, Nara e Gleyson, pelo apoio e estímulo durante toda minha jornada.

Aos meus grandes amigos desde o tempo de escola, Lorena, Tássio e Diego, por sempre se fazerem presentes na minha vida.

A minha turma de Mestrado, por todos os momentos compartilhados juntos, em especial, à Marilene, pela cumplicidade, confiança e incentivo.

À dona Maysa, seu Osvaldo e seu Gilson, pessoas maravilhosas da Nutrição/UFPI, que fazem toda a diferença quando estamos por lá precisando de algum auxílio ou de uma palavra amiga.

Aos meus pais, José Maria e Jeanea, por serem minha referência de amor, humildade, respeito e caráter.

Aos meus irmãos, Jefferson e Juliana, pela parceria e força que sempre me deram.

Ao meu namorado, Joaquim, por toda cumplicidade, paciência, amor e constante incentivo.

A todos que de alguma forma contribuíram para que esse trabalho fosse realizado, que acompanharam e torceram pela conquista dessa etapa na minha formação.

Muito obrigada!

“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo propósito debaixo do céu.”

(Eclesiastes 3:1-8)

RESUMO

OLIVEIRA, J.M.S. **COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E MINERAL DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI TIPO FRADINHO**. 2018. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí.

O feijão-caupi é uma das fontes alimentares mais importantes e estratégicas para as regiões tropicais e subtropicais do planeta. Na classe branco, a subclasse comercial fradinho, merece destaque por ser um grão muito apreciado pelo consumidor brasileiro, além disso, é o tipo de grão mais valorizado no mercado internacional. No Brasil, existe apenas três cultivares comerciais pertencentes à subclasse fradinho, a “Poço de Caldas-MG, BRS Itaim e BRS Carijó”. Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a composição centesimal e mineral de genótipos de feijão-caupi da subclasse comercial fradinho em dois ambientes. Foram avaliadas doze linhagens e duas cultivares, em ensaios de valor de cultivo e uso (VCU), conduzidos em Teresina/PI e São Raimundo das Mangabeiras/MA. Adotou-se o delineamento de blocos casualizados, com duas repetições. Foram realizadas análises de variância e as médias agrupadas pelo teste *Scott-Knott* ($p \leq 0,05$). Os resultados demonstraram teor de umidade de 5,31 a 6,21 g 100 g⁻¹; cinzas de 3,24 a 3,79 g 100 g⁻¹; lipídios de 1,55 a 2,06 g 100 g⁻¹; proteínas de 22,54 a 24,0 g 100 g⁻¹, carboidratos de 64,75 a 66,75 g 100 g⁻¹ e VET de 369,29 a 375,69 kcal 100g⁻¹. As concentrações de minerais apresentaram as seguintes variações: cálcio de 48,98 a 75,78 mg 100 g⁻¹, magnésio de 153,91 a 192,35 mg 100 g⁻¹, fósforo de 474,20 a 573,28 mg 100 g⁻¹, potássio 1061,98 a 1203,49 mg 100 g⁻¹, sódio de 3,52 a 5,54 mg 100g⁻¹, ferro de 4,50 a 6,51mg 100 g⁻¹, zinco de 3,02 a 3,77 mg 100g⁻¹, cobre de 0,49 a 0,73 mg 100g⁻¹, manganês de 0,68 a 1,02 mg 100g⁻¹. Os grãos analisados apresentaram teor de umidade dentro da faixa de normalidade, de acordo com o Regulamento Técnico do Feijão e bons atributos nutricionais relacionados à composição centesimal e minerais, com destaque para as linhagens MNC06-901-14 e MNC06-907-30 (proteínas, cinzas e lipídios), MNC06-909-55 (magnésio, fósforo, potássio, ferro, zinco, cobre, manganês), MNC06-907-35 (cálcio) e MNC06-909-54 (sódio). Portanto, as linhagens analisadas apresentaram excelentes características nutritivas, demonstrando que parte das necessidades diárias de um adulto sadio pode ser suprida com a inserção do feijão-caupi na alimentação. Além disso, podem

ser inseridas nos programas de cruzamento e auxiliarem na obtenção de cultivares com alta produtividade, qualidade nutricional e culinária.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, qualidade nutricional, minerais.

ABSTRACT

OLIVEIRA, J.M.S. **CENTESIMAL AND MINERAL COMPOSITION OF BLACK-EYED COWPEA GENOTYPES.** 2018. 79 f. thesis (Master) – Master's Program in Food and Nutrition, Federal University of Piauí, Teresina, PI.

Cowpea is one of the most important and strategic food sources in the tropical and subtropical regions of the world. Cowpea of the white class and black eye commercial subclass is highly appreciated by the Brazilian consumer and is the grain type most valued in the international market. In Brazil, only three commercial cultivars belong to the black eye subclass the “Poço de Caldas-MG, BRS Itaim e BRS Carijó”. Thus, the present study aims to evaluate the centesimal and mineral composition of cowpea genotypes of the black eye commercial subclass in two environments. Twelve lines and two cultivars were evaluated using cultivation and use value (VCU) trials conducted in Teresina/PI and São Raimundo das Mangabeiras/MA. We used a randomized complete block design with two replicates. The Scott-Knott test ($p \leq 0,05$) was used for the analysis of variance and for grouping means. The results showed a moisture content of 5.31 a 6.21 g 100 g⁻¹; ashes from 3.24 to 3.79 g 100 g⁻¹; lipids 1.55 to 2.06 g 100 g⁻¹; proteins 22.54 to 24.0 g 100 g⁻¹, carbohydrates from 64.75 to 66.75 g 100 g⁻¹ and VET 369.29 to 375,69 kcal 100g⁻¹. The mineral concentrations showed the following variations calcium 48.98 to 75.78 mg 100 g⁻¹; magnesium 153.91 to 192.35 mg 100 g⁻¹; phosphorus 474.20 to 573.28 mg 100 g⁻¹; potassium 1061,98 to 1203.49 mg 100 g⁻¹; sodium salt 3.52 to 5.54 mg 100g⁻¹; iron 4.50 to 6.51 mg 100 g⁻¹; zinc 3.02 to 3.77 mg 100g⁻¹; copper 0.49 to 0.73 mg 100g⁻¹; manganese 0.68 to 1.02 mg 100g⁻¹. The analyzed grains had a moisture content within the range of normal according to the Bean Technical Regulation, and good nutritional attributes in terms of centesimal and mineral composition, especially the lines MNC06-901-14 and MNC06-907-30 (proteins, ashes and lipids), MNC06-909-55 (magesium, phosphorus, potassium, iron, zinc, copper, manganese), MNC06-907-35 (calcium) e MNC06-909-54 (sodium). Therefore, the analyzed strains showed excellent nutritional characteristics, demonstrating that part of the daily needs of a healthy adult can be supplied with the insertion of cowpea in the diet. Furthermore, they can be inserted in breeding programs and used to obtain highly productive cultivars with high nutritional and cooking quality.

Keywords: *Vigna unguiculata*, nutritional quality, minerals.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1. Produção mundial de feijão-caupi (média de 1993 a 2016)	26
Figura 2. Distribuição da produção de feijão- caupi por continente.....	27
Figura 3. Fluxograma para obtenção das farinhas de grãos de feijão-caupi.....	41
Figura 4. Preparo de grãos para moagem e obtenção das farinhas de feijão-caupi.....	41

QUADROS

Quadro 1. Classes e subclasses comerciais e características dos grãos de feijão-caupi.....	24
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classes e subclasses comerciais e características dos grãos de feijão-caupi.....	23
Tabela 2. Dados disponíveis na literatura sobre a composição centesimal de genótipos de feijão-caupi	30
Tabela 3. Classificação dos minerais de acordo com sua quantidade diária necessária ao organismo.....	31
Tabela 4. Dados disponíveis na literatura sobre o teor de minerais de genótipos de feijão-caupi.....	34
Tabela 5. Ingestão Diária Recomendada (IDR) de minerais para diferentes faixas etárias.....	35
Tabela 6. Relação de genótipos de feijão-caupi tipo fradinho avaliados	39
Tabela 7. Análise de variância individual, referente à composição centesimal de 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho em dois ambientes	48
Tabela 8. Análise de variância conjunta, referente à composição centesimal de 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho em dois ambientes.....	49
Tabela 9. Composição centesimal ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) de 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho.	50
Tabela 10. Análise de variância individual, referente ao VET de 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho em dois ambientes	55
Tabela 11. Análise de variância conjunta, referente ao VET de 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho em dois ambientes.	56
Tabela 12. VET($\text{Kcal } 100 \text{ g}^{-1}$) de 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho.....	57
Tabela 13. Análise de variância individual, referente às concentrações de minerais 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho em dois ambientes	58
Tabela 14. Análise de variância conjunta, referente às concentrações de minerais de 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho em dois ambientes.	60
Tabela 15. Conteúdo de macrominerais (cálcio, magnésio, fósforo, potássio e sódio) ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) em 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho	61

Tabela 16. Comparativo da Ingestão Diária Recomendada (IDR) com a oferta de minerais em 100g de feijão-caupi, porcentagem de adequação e classificação quanto à concentração de minerais	63
Tabela 17. Conteúdo de microminerais (ferro, zinco, cobre e manganês) (mg 100 g ⁻¹) em 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho	66
Tabela 18. Comparativo da Ingestão Diária Recomendada (IDR) com a oferta de minerais na linhagem MNC06-909-55, porcentagem de adequação e classificação quanto à concentração de minerais	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA– Análise de variância

ANVISA– Agência Nacional de Vigilância Sanitária

apoB– apolipoproteína B

AOAC – Association of Official Analytical Chemistry

Ca – Cálcio

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

°C – grau Celsius

Cu – Cobre

DCNT's – Doenças Crônicas Não Transmissíveis

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPAMIG – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

FAO – *Food and Agriculture Organization*

Fe – Ferro

g – Grama

HDL – lipoproteína de alta densidade

IDR – Ingestão Diária Recomendada

K – Potássio

Kcal – Quilocaloria

Kg – Quilograma

LDL – lipoproteína de baixa densidade

MA – Maranhão

mg – miligrama

Mg – Magnésio

mL – Mililitro

Mn – Manganês

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MG – Minas Gerais

Na – Sódio

N – Nitrogênio

P – Fósforo

pH – Potencial Hidrogeniônico

PI – Piauí

ppm – Partes por milhão

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada

UFPI – Universidade Federal do Piauí

VCU – Valor de Cultivo e Uso

VET – Valor Energético Total

Zn – Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 Origem e classificação botânica do feijão-caupi	21
2.2 Classificação comercial do feijão-caupi	22
2.3 Produção e importância socioeconômica do feijão-caupi	26
2.4 Qualidade nutritiva e funcional do feijão-caupi	27
2.4.1. <i>Composição centesimal</i>	29
2.4.2. <i>Minerais</i>	31
2.5 Melhoramento genético do feijão-caupi	36
3 OBJETIVOS	38
3.1. Geral	38
3.2 Específicos	38
4 METODOLOGIA	39
4.1 Local e período de estudo	39
4.2 Material genético	39
4.3 Ambiente de condução dos experimentos	40
4.4 Delineamento experimental	40
4.5 Preparo das amostras	40
4.6 Análises químicas	42
4.6.1 <i>Composição centesimal</i>	42
4.6.1.1 Umidade	42
4.6.1.2 Cinzas.....	42
4.6.1.3 Proteínas	43
4.6.1.4 Lípidios	44
4.6.1.5 Carboidratos	45
4.6.2 <i>Valor Energético Total (VET)</i>	45
4.6.3 <i>Minerais</i>	45
4.6.3.1 Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Cobre (Cu).....	45
4.6.3.2 Cálcio (Ca), Magnésio (Mg)	46
4.6.3.3 Sódio (Na), Potássio (K)	46
4.6.3.4 Fósforo (P)	46
4.7 Análises estatísticas	47

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5.1 Composição centesimal	48
<i>5.1.1 Resumo da ANAVA para composição centesimal</i>	<i>48</i>
5.2 Valor Energético Total (VET)	55
<i>5.2.1 Resumo da ANAVA para VET</i>	<i>55</i>
5.3 Minerais.....	57
<i>5.3.1 Resumo da ANAVA para VET</i>	<i>57</i>
6 CONCLUSÕES	70
REFERÊNCIAS.....	71

1 INTRODUÇÃO

A leguminosa, comumente, conhecida no Brasil como caupi, feijão-caupi, feijão-de-corda, feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é cultivada como uma cultura alimentar nas regiões tropical e subtropical do mundo. Constitui-se num dos principais componentes da dieta alimentar, nas zonas rural e urbana, gerando emprego e renda para milhares de pessoas (OLALEKAN; BOSEDE, 2010).

O feijão-caupi é uma excelente fonte de proteínas (23-25% em média), carboidratos (62%, em média), vitaminas e minerais, apresenta baixa quantidade de gordura (teor de óleo de 2%, em média) e contém também todos os aminoácidos essenciais, sendo que o teor destes nutrientes pode variar de acordo com as práticas agrônômicas realizadas na cultura e manejo pós-colheita (ANDRADE, 2010).

A composição de minerais nos grãos de feijão-caupi pode ser alterada em função do genótipo, ambiente e da interação genótipos por ambientes. Dessa forma, observa-se variação nos teores de minerais em cultivares e linhagens avaliadas em diferentes locais, anos e épocas de semeadura (ARAÚJO et al., 2003; BURATTO et al., 2009).

As características nutritivas do feijão-caupi permitem que o mesmo seja cultivado, principalmente, para a obtenção de grãos secos ou verdes, para o consumo humano *in natura*, em conserva ou desidratado. Além disso, ele é utilizado também como forragem, feno, ensilagem, farinha para alimentação animal, como adubo verde e proteção do solo (BEZERRA et al., 2010).

De acordo com o décimo primeiro levantamento realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018), referente à safra 2017/2018 de grãos no Brasil, a produção de feijão-caupi foi de 848,3 mil toneladas, produzidas em 1.520,3 mil hectares, com uma produtividade média de 558 kg ha⁻¹.

No Brasil são produzidos e consumidos diversos tipos de grãos de feijão-caupi, em virtude de apresentarem variação no tamanho, forma, cor e textura do tegumento. Diante da grande variabilidade de cor do grão, existem vários nichos de mercado, de acordo com a preferência do consumidor. Dessa forma, diversos trabalhos foram realizados no sentido de classificar os tipos comerciais de grãos do feijão-caupi. Freire Filho (2011) subdividiu as quatro classes existentes (Branco, Preto, Cores e Misturado) em 17 subclasses. Na classe branco, a subclasse

comercial fradinho, merece destaque por ser um grão muito apreciado pelo consumidor brasileiro, sendo o preferido para o preparo do acarajé e abará, comidas típicas do Estado da Bahia, também tem sido muito usado no preparo de saladas. Além disso, é o tipo de grão mais valorizado no mercado internacional, resultando em uma ótima oportunidade para a exportação.

Alguns trabalhos têm sido realizados no sentido de selecionar linhagens melhoradas de feijão-caupi subclasse comercial fradinho, com o intuito de recomendar ao mercado como cultivares. Dentre eles, destaca-se o de Delmondes et al. (2017), Fery (2002), Hall et al. (2003; 2004), Nunes (2012), Rocha et al. (2011a), Silva (2014) e Vieira et al. (2000).

Delmondes et al. (2017), por exemplo avaliaram 24 linhagens do tipo fradinho e verificaram que quatro linhagens apresentaram potencial para inclusão nos ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU), visando a recomendação no estado de Mato Grosso. No Brasil, existe apenas três cultivares comerciais pertencentes à subclasse fradinho; a “Poços de Caldas-MG”, lançada em 2003 pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e as cultivares “BRS Itaim” e “BRS Carijó”, lançadas pela Embrapa em 2009 e 2010, respectivamente (FREIRE FILHO, 2011).

Diante do exposto e considerando a importância dessa cultura na alimentação, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a composição centesimal e mineral de genótipos de feijão-caupi da subclasse comercial fradinho em diferentes ambientes, com a finalidade de contribuir para o lançamento de novas cultivares que apresentem atributos nutricionais relevantes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e classificação botânica do feijão-caupi

O feijão-caupi, cultura de origem africana, foi introduzido no Brasil na segunda metade do século XVI por colonizadores portugueses pelo Estado da Bahia. A partir desse estado, foi difundido para a toda região Nordeste e para outras regiões do país. É classificado, botanicamente como uma planta dicotyledonea, da ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolineae, gênero *Vigna*, subgênero *Vigna*, seção *Catyang*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e subespécie *unguiculata*, subdividida em quatro cultigrupos: *unguiculata*, *sesquipedalis*, *biflora* e *textilis* (FREIRE FILHO, 2011).

Os cultigrupos ou subespécies mais importantes do ponto de vista econômico são *V. unguiculata* spp. *unguiculata* (feijão-caupi), principalmente para produção e consumo humano de grãos (secos e verdes) e folhas, produção de forragem para animais e cobertura morta para o solo; e *V. unguiculata* spp. *sesquipedalis* (feijão-de-metro), geralmente para produção de vagens imaturas visando o consumo "*in natura*" ou cozido (KONGJAIMUN et al., 2013).

As cultivares de feijão-caupi apresentam variações fenotípicas em seus grãos, como a cor de tegumento, que muda entre as cultivares causando certa confusão no entendimento da população. Devido a essa diversidade, o feijão-caupi recebe muitos nomes populares no Brasil que variam de acordo com a região do país. É conhecido popularmente como feijão-de-corda, feijão macassa ou feijão macassar, na região Nordeste; feijão-de-praia, feijão-da-estrada ou feijão-da-colônia, na região Norte; feijão-miúdo, na região Sul; feijão catador e feijão gurutuba, em algumas regiões do Estado da Bahia e norte de Minas Gerais; e feijão fradinho, no Estado do Rio de Janeiro (NEVES et al., 2011).

É uma planta herbácea, autógama e anual, uma cultura predominantemente de clima quente, além de ser versátil e nutritiva e, portanto é um importante alimento e componente fundamental dos sistemas de produção nas regiões secas dos trópicos, cobrindo parte da Ásia, Estados Unidos, Oriente Médio e Américas Central e do Sul (SINGH et al., 2002).

2.2 Classificação comercial do feijão-caupi

Em virtude da expansão do mercado interno e externo do feijão-caupi, surgiu à necessidade de padronização da classificação dos tipos comerciais da cultura. Assim, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio da Instrução Normativa nº12, de 28 de março de 2008, instituiu o Regulamento Técnico do Feijão (BRASIL, 2008), que define a classificação do feijão em grupos, classes e tipos.

Quanto ao grupo, o feijão é classificado em dois grupos: sendo o grupo I, o feijão comum, pertencente à espécie *Phaseolus vulgaris* L. e o grupo II, o feijão-caupi, proveniente da espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. No grupo II, o feijão é classificado de acordo com a coloração do tegumento do grão em quatro classes:

- a) Branco: produto que contém, no mínimo, 90% de grãos de coloração branca;
- b) Preto: produto que contém, no mínimo, 90% de grãos de coloração preta;
- c) Cores: produto que contém no mínimo, 90% de grãos da classe cores, admitindo-se até 10% de outras cultivares da classe cores, que apresentem contraste na cor ou no tamanho;
- d) Misturado: produto que não atende às especificações de nenhuma das classes anteriores.

Em relação ao tipo, o feijão-caupi é classificado em três tipos, que leva em consideração os defeitos no grão: tipo 1- alta qualidade, tipo 2- média qualidade e tipo 3- baixa qualidade e ainda pode ser enquadrado como fora de tipo e desclassificado (BRASIL, 2008).

Além da classificação oficial definida pelo Regulamento Técnico do feijão, Freire Filho et al. (2005) propuseram uma classificação do feijão-caupi em classes e subclasses comerciais de acordo com a coloração do grão, aperfeiçoada por Freire Filho (2011) (Tabela 1) (Quadro 1).










Tabela 1. Classes e subclasses comerciais e características dos grãos de feijão-caupi.

Classe⁽¹⁾	Subclasse⁽²⁾	Característica do grão⁽²⁾
Branco	Branco liso	Tegumento branco e liso
	Branco rugoso	Tegumento branco e rugoso
	Fradinho	Tegumento branco, rugoso com halo preto
	Olho-marrom	Tegumento branco, podendo ser liso ou rugoso com halo marrom
	Olho-vermelho	Tegumento branco, podendo ser liso ou rugoso com halo vermelho
Preto	Preto-fosco	Tegumento preto, liso e fosco
	Preto-brilhoso	Tegumento preto, liso e brilhoso
Cores	Mulato liso	Tegumento marrom e liso
	Mulato rugoso	Tegumento marrom e rugoso
	Canapu	Tegumento marrom-claro, liso, comprimido nas extremidades
	Sempre-verde	Tegumento esverdeado-claro e liso
	Verde	Tegumento e/ou cotilédones verdes
	Manteiga	Tegumento creme-amarelo, liso ou levemente enrugado
	Vinagre	Tegumento vermelho e liso
	Azulão	Tegumento azulado e liso
	Corujinha	Tegumento mosqueado cinza ou azulado liso
	Rajado	Tegumento de cor marrom, liso com rajas longitudinais mais escuras
Misturado	Produto com grãos de diferentes classes e subclasses	

¹ Regulamento Técnico do feijão, Instrução Normativa Nº 12 de 28/03/2008, MAPA (BRASIL, 2008).


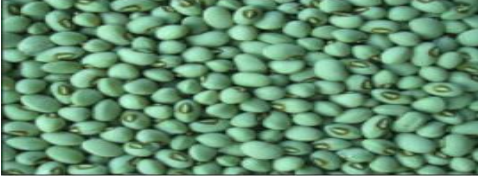





² Adaptado de FREIRE FILHO, 2011.

Quadro 1. Classes e subclasses comerciais dos grãos de feijão-caupi.

 <p>Classe Branco, subclasse Branco liso.</p>	 <p>Classe Branco, subclasse Branco rugoso.</p>
 <p>Classe Branco, subclasse Fradinho.</p>	 <p>Classe Branco, subclasse Olho-marrom.</p>
 <p>Classe Branco, subclasse Olho-vermelho.</p>	 <p>Classe Preto, subclasse Preto fosco.</p>
 <p>Classe Preto, subclasse Preto brilhoso.</p>	 <p>Classe Cores, subclasse Mulato liso.</p>
 <p>Classe Cores, subclasse Mulato rugoso.</p>	 <p>Classe Cores, subclasse Canapu.</p>

Fonte: Adaptado de FREIRE FILHO, 2011.

Cont. Quadro 1. Classes e subclasses comerciais dos grãos de feijão-caupi.

 <p>Classe Cores, subclasse Sempre-verde.</p>	 <p>Classe Cores, subclasse Verde.</p>
 <p>Classe Cores, subclasse Manteiga.</p>	 <p>Classe Cores, subclasse Vinagre.</p>
 <p>Classe Cores, subclasse Azulão.</p>	 <p>Classe Cores, subclasse Corujinha.</p>
 <p>Classe Cores, subclasse Rajado.</p>	

Fonte: Adaptado de FREIRE FILHO, 2011.

O feijão-caupi tipo fradinho além de ser comercializado a granel, inteiro e triturado, nos estados da Bahia, Sergipe e Alagoas, é também o tipo importado pelas companhias cerealistas brasileiras para atender os mercados das regiões Sudeste e Sul. Além disso, é muito consumido no Sul e Sudoeste dos Estados Unidos e na Europa. Assim, verifica-se a importância de se analisar essa matéria-prima, uma vez que sua distribuição/cultivo e consumo alcançam níveis mundiais.

2.3 Produção e importância socioeconômica do feijão-caupi

A produção mundial de feijão-caupi em 2016 foi de aproximadamente sete milhões de toneladas, produzidas em 12,3 milhões de hectares (FAO, 2016) (Figura 1). No entanto, os dados podem estar subestimados em razão de países como Brasil, Índia, entre outros não apresentarem estatísticas separadas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*), apesar de apresentarem volume expressivo de produção.

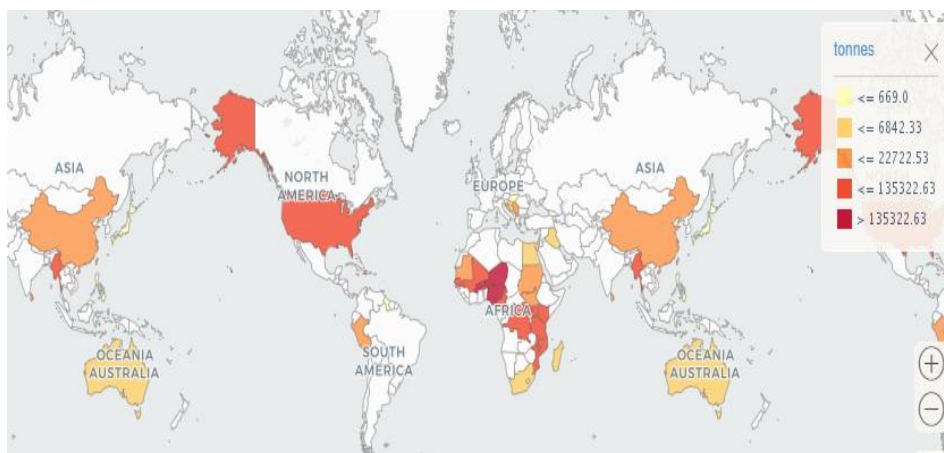


Figura 1. Produção mundial de feijão-caupi (média de 1993 a 2016).
Fonte: Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (2016).

O continente africano responde por cerca de 94,7% da produção mundial de feijão-caupi (Figura 2). Os 10 maiores produtores de feijão-caupi segundo a FAO (2016), são a Nigéria (2,5 milhões de toneladas), Níger (875 mil de toneladas), Burkina Faso (392 mil toneladas), Tanzânia (135 mil toneladas), Myanmar (127 mil toneladas), Mali (107 mil toneladas), Camarões (104 mil toneladas), Sudão (82 mil toneladas), Moçambique (74 mil toneladas) e Quênia (73 mil toneladas). A produção no Brasil foi de 848,3 mil toneladas, referente à safra de 2017/2018 (CONAB, 2018).

Essa espécie gera renda para milhares de famílias das regiões Norte e Nordeste do Brasil no processo de produção e comercialização principalmente. Em função das suas características de rusticidade, adaptabilidade ampla, precocidade e capacidade de ser produzido em ambientes desfavoráveis, o feijão-caupi é uma cultura que tem grandes perspectivas, frente à escassez de alimento que há nos países em desenvolvimento, entre os quais se inclui o Brasil, em particular, a região Nordeste (SOUZA et al., 2013).

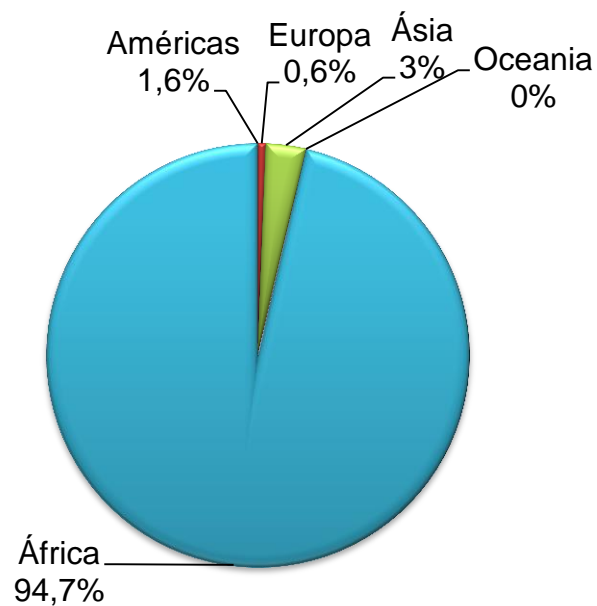


Figura 2. Distribuição da produção de feijão-caupi por continente.
 Fonte: Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (2016).

2.4 Qualidade nutritiva e funcional do feijão-caupi

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma das fontes alimentares mais importantes e estratégicas para as regiões tropicais e subtropicais do planeta. Os grãos de feijão-caupi possuem elevado valor nutritivo, pois apresentam quantidades relevantes de proteínas, carboidratos, incluindo fibra alimentar e minerais, como ferro e zinco (CARVALHO et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2013).

Os alimentos fontes de proteínas são os mais caros em uma dieta, uma das causas de uma parcela da população sofrer com sua deficiência. Porém, comparado à proteína animal, a proteína vegetal é mais barata, tornando-se uma maneira mais acessível de inclusão em um plano alimentar. Desta forma, o feijão-caupi, por possuir em média 22% de proteína, é uma alternativa para populações, principalmente na África, Ásia, América do Sul e Central, suprirem suas necessidades proteicas (PHILLIPS et al., 2003).

O feijão-caupi também é rico em lisina e outros aminoácidos essenciais, porém, pobre nos aminoácidos sulfurados, metionina, cisteína e cistina (SILVA et al., 2002). Vasconcelos et al. (2010) analisaram três cultivares de feijão-caupi (EPACE-10, Olho de Ovelha e IPA-206) quanto o perfil de aminoácidos e observaram que os teores de metionina e cisteína foram baixos para todas as cultivares e suas frações.

Frota et al. (2015) verificaram que a ingestão de proteína isolada de feijão-caupi reduziu as concentrações de colesterol total, de lipoproteína de baixa densidade (LDL), de apolipoproteína B (apoB) e aumentou os níveis lipoproteína de alta densidade (HDL), melhorando o perfil lipídico de pacientes com hipercolesterolemia moderada.

Kapravelou et al. (2015) observaram efeitos positivos da farinha do grão de feijão-caupi sobre o metabolismo lipídico em animais modelo, com redução das concentrações de colesterol total e triglicerídeos e relataram também atividade antioxidante utilizando diferentes métodos *in vivo* e *in vitro*.

Além de ser uma fonte proteica, o feijão-caupi é uma boa fonte de fibra alimentar composta geralmente de celulose, polissacarídeos não amiláceos e lignina com valor médio aproximado de 18 g em 100 g de sementes. Essa característica torna o feijão-caupi um alimento funcional, onde as fibras, nutricionalmente importantes, auxiliam a homeostase do trato gastrintestinal, além de contribuir na redução do colesterol e na moderação da resposta glicêmica, dependendo do tipo de fibra presente no alimento (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

O grão de feijão-caupi também apresenta em sua composição, substâncias antioxidantes, como os compostos fenólicos. Barros et al. (2017) obtiveram as seguintes concentrações de compostos fenólicos totais: 132,83 mg 100 g⁻¹; 205,10 mg 100 g⁻¹; 177,07 mg 100 g⁻¹ e 199,05 mg 100 g⁻¹, respectivamente, para as cultivares BRS Milênio, BRS Aracê, BRS Tumucumaque e BRS Xiquexique. Cavalcante et al. (2017) observaram concentrações de compostos fenólicos totais de 295,2 mg 100 g⁻¹ (BRS Marataoã); 255,7 mg 100 g⁻¹ (BR 17- Gurguéia); 132,3 mg 100 g⁻¹ (BRS Itaim); 98,1 mg 100 g⁻¹ (BRS Cauamé) e de 89,4 mg 100 g⁻¹ (BRS Guariba).

Os compostos fenólicos além de atuarem na captura dos radicais livres, podem estar envolvidos em outros mecanismos fisiológicos que estimulam a atividade das enzimas antioxidantes ou como sinalizadores celulares que ativam e/ou inibem a expressão de algumas enzimas relacionadas com o processo cancerígeno (SHAHIDI; HO, 2007).

Nos grãos das leguminosas verifica-se a ocorrência natural de fatores antinutricionais. Estes interferem nos processos de digestibilidade, absorção ou utilização de nutrientes; dessa forma, se ingeridos em altas concentrações, podem

acarretar efeitos danosos à saúde. Alguns desses fatores são: ácidos fenólicos, taninos, lecitinas e inibidores de proteases (KALPANADEVÍ; MOHAN, 2013).

2.4.1 Composição centesimal

A composição centesimal de um alimento refere-se à porcentagem em massa de seus cinco componentes principais que são: umidade, cinzas, proteínas, lipídios e carboidratos. Essa composição é determinada levando em consideração que o alimento é composto somente por estes cinco componentes e, desse modo, a soma das porcentagens destes componentes totaliza 100% (TOGNON, 2012).

A composição do grão de feijão é bastante variável, podendo alterar de acordo com a variedade, origem, localização, clima, condições ambientais, tipo de solo, armazenamento, processamento e modificações genéticas (AFONSO, 2010).

O grão de feijão-caupi apresenta em média 23 a 25% de proteínas, 62% de carboidratos, e baixo teor de lipídeos, em média 2%, com a quantidade proporcional de ácidos graxos insaturados, maior do que a de ácidos graxos saturados (FROTA; SOARES; ARÊAS, 2008).

O feijão-caupi com tal composição apresenta valor nutritivo significativo, especialmente para as populações mais carentes, visto que no Brasil ainda há ocorrência de casos de desnutrição energético-proteica e carência de diversos micronutrientes.

Alguns estudos que avaliaram a composição centesimal de genótipos de feijão-caupi são dispostos na Tabela 2.

Tabela 2. Dados disponíveis na literatura sobre a composição centesimal de genótipos de feijão-caupi.

Autores	Genótipo	Teor do componente em g 100 g ⁻¹				
		Umidade	Cinzas	Proteínas	Lipídios	Carboidratos
Avanza et al. (2013)	Colorado (CO)*	10,77	4,55	27,77	-	51,58
Antova; Stoilova; Ivanova (2014)	87209007**	10,10	3,70	22,60	1,30	-
Devi; Kushwaha; Kumar (2015)	Pant Lobia-1 (PL-1)	6,91	3,78	27,15	2,63	66,50
Oliveira (2016)	BRS Xiquexique	5,50	3,35	24,12	2,65	64,46
Anjos et al. (2016)	Feijão-caupi tipo fradinho	8,5	4,83	28,52	1,47	-
Baptista et al. (2016)	INIA-17***	-	-	22,1	3,8	-
Cavalcante et al. (2017)	BRS Marataoã	10,70	4,5	16,30	1,30	77,90
Sampaio (2017)	BRS Tumucumaque	12,46	3,46	24,46	2,02	70,06
Rios et al. (2018)	BRS Itaim	11,19	2,27	24,71	2,08	58,61

*Variedade da Argentina. * Variedade da Bulgária. ***Variedade de Moçambique.

Fonte: Dados da literatura.

2.4.2 Minerais

O feijão é uma importante fonte de minerais na dieta humana. Os minerais desempenham funções específicas no organismo: transporte de oxigênio, metabolismo energético, balanço hídrico e atividade enzimática e estrutural (BURATTO, 2012).

De acordo com a quantidade de minerais presentes no organismo, os mesmos recebem a denominação de macrominerais, microminerais e elementos traço essenciais. Os macrominerais estão presentes em grande quantidade na dieta e no organismo humano, podem ser definidos como aqueles que constituem pelo menos 0,01% do peso corporal ou aqueles minerais que a quantidade exigida seja maior que 100 mg/dia. Os microminerais estão em quantidades menores no organismo e o conteúdo dos mesmos no organismo se encontra numa faixa de 35 g a 1400 g, e os elementos traços essenciais estão em quantidades muito pequenas. São aqueles que estão presentes em quantidades menores que 0,01% do peso corporal (ou conteúdo < 1 mg e 4 g) (Tabela 3) (TAYLOR, 1996; GROPPER; SMITH; GROFF, 2011; QUINTAES; DIEZ-GARCIA, 2015).

Tabela 3. Classificação dos minerais de acordo com sua quantidade diária necessária ao organismo.

Macrominerais	Microminerais	Elementos traços essenciais
Sódio	Ferro	Flúor
Cálcio	Cobre	Iodo
Fósforo	Manganês	Selênio
Enxofre	Zinco	Cobalto
Cloro		Molibdênio
Magnésio		
Potássio		

Fonte: CECHI, 2003.

O ferro é considerado um micromineral, e está presente na hemoglobina, mioglobina, citocromos e algumas enzimas; participa de diversos processos

metabólicos como transporte de oxigênio e elétrons, respiração celular, síntese de DNA e RNA (LIEU et al., 2001).

O zinco participa da síntese proteica, de funções do sistema imune, está envolvido na maturação sexual, transcrição do DNA, expressão de genes, síntese e degradação de carboidratos, lipídeos e proteínas, manutenção do crescimento e do desenvolvimento normais, participa da defesa antioxidante e atua na função neurosensorial (HAMBIDGE, 2000 ; QUINTAES; DIEZ-GARCIA, 2015).

O fósforo apresenta grande importância no organismo, uma vez que, é o principal componente da membrana celular. Tem função de tamponar sistemas ácidos ou alcalinos, auxiliando na manutenção do pH e da homeostase e é responsável pela regulação do metabolismo. Além disso, é componente-chave de duas moléculas de extrema importância para a manutenção da vida: ATP (molécula de armazenamento de energia) e 2,3-difosfoglicerato (libera o oxigênio da hemoglobina e distribui aos tecidos) (COZZOLINO, 2016).

O cálcio é um macromineral, sendo um dos mais abundantes no corpo humano, suas principais funções são estruturais e funcionais, relacionadas com a estruturação de ossos e dentes, ativação de algumas das reações da coagulação sanguínea, comunicação intracelular e contração da musculatura, interfere na liberação dos neurotransmissores nas ligações sinápticas e participa como cofator de reações enzimáticas (ETCHEVERRY; GRUSAK; FLEIGE, 2012; QUINTAES; DIEZ-GARCIA, 2015).

O magnésio assim como o cálcio é considerado um macromineral, e atua como cofator em mais de 300 reações metabólicas, desempenhando papel fundamental no metabolismo da glicose, na homeostase insulínica e glicêmica e na síntese de adenosina trifosfato, proteínas e ácidos nucleicos (ELIN, 2010).

O cobre exerce funções orgânicas específicas, por ser constituinte de enzimas com atividade de oxidação e redução, além de estar envolvido no metabolismo do esqueleto, no sistema imunológico e na redução do risco de doenças cardiovasculares. O manganês é necessário para o metabolismo de macronutrientes, para formação de tecidos e ossos, bem como nos processos reprodutivos, sendo um mineral essencial aos humanos (COZZOLINO, 2016).

O potássio, juntamente com o sódio, é importante na manutenção do equilíbrio hidroeletrolítico celular, do ritmo cardíaco, e atuam no funcionamento do

sistema nervoso, dos órgãos dos sentidos e dos músculos, sendo necessários para a função celular normal (LANHAM-NEW; LAMBERT; FRASSETO, 2012).

Assim, produtos de origem vegetal, como hortaliças e leguminosas, são cada vez mais recomendados para a obtenção de uma alimentação equilibrada, uma vez que são fontes desses elementos benéficos à saúde e seu consumo está associado ao bom funcionamento do corpo (GOMES, 2016). Alguns estudos que avaliaram o teor de minerais em genótipos de feijão-caupi são dispostos na Tabela 4.

Considerando que tanto para a avaliação da dieta como para sua prescrição, são estabelecidos valores de referência para ingestão de nutrientes, de acordo com condições específicas ou diferentes estágios de vida; a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da Resolução de Diretoria Colegiada nº 269 (RDC nº 269), instituiu o Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais (Tabela 5) (BRASIL, 2005; PADOVANI, 2006).

Segundo a RDC nº 54 de 12 de novembro de 2012 da ANVISA, que dispõe sobre as condições para declaração técnica sobre informação nutricional complementar de conteúdo absoluto referente a vitaminas e minerais, os alimentos podem ser classificados em relação aos seus teores de minerais, como “fonte” ou “alto conteúdo”. Essa RDC estabelece que os alimentos são definidos como “fonte”, quando 100 g do produto apresentar mais de 15% da Ingestão Diária Recomendada (IDR) para o nutriente desejado e, como “alto conteúdo”, quando 100 g do produto apresentar duas vezes o valor para ser considerado “fonte”, ou seja, mais de 30% da IDR (BRASIL, 2012).

Tabela 4. Dados disponíveis na literatura sobre o teor de minerais de genótipos de feijão-caupi.

Autores	Genótipo	Teores dos componentes em mg 100 g ⁻¹								
		Fe	Zn	Mn	Cu	Ca	Mg	Na	K	P
Olalekan e Bosede (2010)	Feijão-caupi cultivado na Nigéria	8,00	1,62	-	0,57	44,0	95,00	1,20	1000,00	294,00
Avanza et al.(2013)	Colorado (CO)*	1,90	2,76	-	-	155,00	72,00	-	549,00	571,0
Devi; Kushwaha; Kumar (2015)	Pant Lobia-1 (PL-1)	5,91	-	-	-	105,99	-	5,71	-	-
Alzahrani et al.(2016)	Feijão-caupi cultivado na Arábia Saudita	3,89	2,71	0,34	0,17	45,10	33,55	4,51	813,0	-
Di Bella et al. (2016)	Feijão-caupi cultivado em Gana	7,93	3,41	-	-	91,00	198,0	5,55	1241,00	-
Oliveira (2016)	Linhagem MNC04-769F-55	4,96	4,35	1,86	0,44	58,87	186,96	5,30	1691,60	420,66
Rios et al.(2018)	BRS Itaim	5,40	5,14	1,25	0,59	148,61	154,95	-	-	421,33

*Variedade da Argentina. Fonte: Dados da literatura.

Tabela 5. Ingestão Diária Recomendada (IDR) de minerais para diferentes faixas etárias.

Faixa etária	IDR minerais (mg)								
	Fe	Zn	Mn	Cu	Ca	Mg	Na	K	P
Lactentes (0 a 6 meses)	0,27	2,8	0,003	0,2	300	36	12	400	100
Crianças (7 a 11 meses)	9	4,1	0,6	0,22	400	53	37	700	275
Crianças (1 a 3 anos)	6	4,1	1,2	0,34	500	60	1000	3000	460
Crianças (4 a 6 anos)	6	5,1	1,5	0,44	600	73	1.200	3.800	500
Crianças (7 a 10 anos)	9	5,6	1,5	0,44	700	100	1.500	4.500	1250
Gestantes	27	11	2	1	1200	220	≤2000	3510	1250
Lactantes	15	9,5	2,6	1,3	1000	270	≤2000	5.100	1250
Adultos saudáveis	14	7	2,3	0,9	1000	260	≤2000	3510	700

Fonte: RDC Nº. 269 (BRASIL, 2005).
(PADOVANI, 2006).
(WHO, 2006).

2.5 Melhoramento genético do feijão-caupi

O melhoramento genético do feijão-caupi tem como objetivo principal, o desenvolvimento de novas cultivares que se adequem a diferentes perfis de agricultores e consumidores. Dessa forma, busca em curto prazo, desenvolver cultivares de arquitetura diversificada, aumentar a produção de grãos, resistência às pragas, às altas temperaturas e estresses hídricos. Além disso, há também uma preocupação em aumentar os níveis de nutrientes importantes para a população, como proteína, ferro, zinco, fibra e bem como o conteúdo de compostos bioativos, sem esquecer sua qualidade visual e culinária (FREIRE FILHO, 2011).

Nos programas de melhoramento de feijão-caupi, um grande número de genótipos é testado anualmente em diferentes ambientes, antes de sua recomendação final e multiplicação (SANTOS et al., 2014). Visto que, na maioria das vezes, estes ambientes são distintos, há interação entre genótipos e ambientes (G x A), o que afeta o ganho com a seleção e torna necessário estimar a magnitude e a natureza dessa interação (ROSADO et al., 2012).

No Brasil, a Embrapa Meio-Norte é o centro de referência em pesquisa com o feijão-caupi, localizada no Nordeste do país (Teresina-Piauí), e contém um Banco Ativo de Germoplasma, com aproximadamente, 4.000 acessos. A coleção de base possui 4.153 acessos e são mantidos na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Brasília-Distrito Federal) (BRASIL, 2013). Em mais de 15 anos, a Embrapa Meio-Norte, em parceria com outras instituições, já lançou 72 cultivares dessa leguminosa.

A indicação de cultivares adaptadas às condições de solo e clima da região proporciona maior segurança ao produtor em função do maior rendimento. Neste sentido, é importante e necessário a avaliação de novas linhagens e cultivares no ambiente de exploração do agricultor, levando-se em conta o manejo, sistema de produção, nível tecnológico destes em condições locais, de forma a identificar os materiais genéticos que apresentarem melhores respostas em termos de componentes de produção e produtividade de grãos, bem como às exigências e avaliações dos agricultores, de suas famílias e do comércio da região, principalmente cor e tamanho do grão, facilidade no beneficiamento, tempo para o cozimento e sabor (SANTOS, 2013).

No Brasil, para que uma cultivar esteja apta à comercialização, ela deve estar inscrita no Registro Nacional de Cultivares (RNC). Esse registro é realizado pelo MAPA, que estabelece uma série de normas para a obtenção do mesmo, que além de outras exigências, preveem a avaliação das linhagens nos ensaios de valor de cultivo e uso (BRASIL, 1997; LIMA, 2013).

Os ensaios de VCU destinam-se à avaliação final de linhagens elites ou promissoras, selecionadas em ensaios preliminares, em diferentes condições ambientais, com o objetivo de obter informações agronômicas que possibilitem distinguir a nova cultivar das demais. A distinção é feita em relação às características morfológicas, biológicas, fisiológicas, de comportamento e reação às pragas e doenças, as características bromatológicas e moleculares (BRASIL, 1997).

Logo, o melhoramento genético do feijão-caupi é importante devido ao desenvolvimento e lançamento no mercado de cultivares com altos teores de proteínas, ferro, zinco e fibra alimentar, podendo ser utilizado na prevenção de várias doenças carenciais e crônicas não transmissíveis (DCNT's). Além de desenvolver cultivares com grãos com forma, cor e tamanho que atendam às exigências do mercado.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar a composição centesimal e mineral de genótipos de feijão-caupi tipo fradinho em diferentes ambientes.

3.2 Específicos

- ✓ Determinar a composição centesimal e o Valor Energético Total (VET) de genótipos de feijão-caupi da subclasse comercial fradinho;
- ✓ Determinar a concentração de minerais nos grãos de genótipos de feijão-caupi da subclasse comercial fradinho;
- ✓ Verificar a porcentagem de adequação dos minerais observados nos genótipos de feijão-caupi com a Ingestão Diária Recomendada (IDR) para adultos saudáveis;
- ✓ Identificar as linhagens de feijão-caupi do tipo fradinho com significativo teor nutritivo para recomendação como cultivares.

4 METODOLOGIA

4.1 Local e período do estudo

As análises da composição centesimal e mineral foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte, Teresina-PI, no período de agosto de 2017 a maio de 2018.

4.2 Material genético

Foram avaliados 14 genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) da subclasse comercial Fradinho, sendo doze linhagens e duas cultivares, oriundos do Programa de Melhoramento Genético do Feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI (Tabela 6).

Tabela 6. Relação de genótipos de feijão-caupi tipo fradinho avaliados.

G	Linhagem/Cultivar	Parentais/Procedência
G1	MNC06-895-1	MNC01627F-5-1-1 X CB- 27
G2	MNC06-895-2	MNC01627F-5-1-1 X CB- 27
G3	MNC06-901-14	CB- 27 X MNC05-820B-173-2
G4	MNC06-907-29	MNC05-820B-173-2 X VB
G5	MNC06-907-30	MNC05-820B-173-2 X VB
G6	MNC06-907-35	MNC05-820B-173-2 X VB
G7	MNC06-908-39	VB X MNC05-832B-230
G8	MNC06-909-52	VB X MNC00-553D-8-1-2-3 X CB-27
G9	MNC06-909-54	VB X MNC00-553D-8-1-2-3 X CB-27
G10	MNC06-909-55	VB X MNC00-553D-8-1-2-3 X CB-27
G11	MNC06-909-68	VB X MNC00-553D-8-1-2-3 X CB-27
G12	MNC06-909-76	VB X MNC00-553D-8-1-2-3 X CB-27
G13	BRS Itaim ^(C)	MNC01-625E-10-1-2-5 X MNC99-544D-10-1-2-2.
G14	CB-27 ^(C)	CB-27

G: Genótipo; C: Cultivar comercial.
Fonte: Embrapa Meio-Norte.

4.3 Ambientes de condução dos experimentos

As amostras de grãos de feijão-caupi tipo fradinho foram obtidas a partir dos ensaios de VCU conduzidos em dois locais da região Meio-Norte do Brasil, no ano agrícola de 2017, que foram: Teresina/PI e São Raimundo das Mangabeiras/MA.

4.4 Delineamento experimental

Os ensaios foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados, com 14 tratamentos e quatro repetições, sendo utilizado para o presente estudo duas repetições. Os tratamentos foram representados por uma parcela com quatro fileiras, de 5 m, com dimensões de 2,0 m x 5,0 m, sendo a área útil representada pelas duas fileiras centrais. O espaçamento entre fileiras foi de 0,50 m, com 10 plantas por metro.

4.5 Preparo das amostras

As amostras de grãos de feijão-caupi foram transportadas para o Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte para preparo e análise. Os grãos foram lavados com água destilada e acondicionados em estufa a 60 °C por 48 horas. Após esse procedimento, os grãos foram triturados em moinho de bolas de zircônia, marca Retsch, modelo MM200, com a finalidade de obter uma farinha a ser utilizada para as análises (Figuras 3 e 4). As farinhas foram acondicionadas em sacos de polietileno e mantidas em temperatura de refrigeração (4°C) para ser concomitantemente utilizadas nas análises. As análises químicas foram realizadas em duplicata.

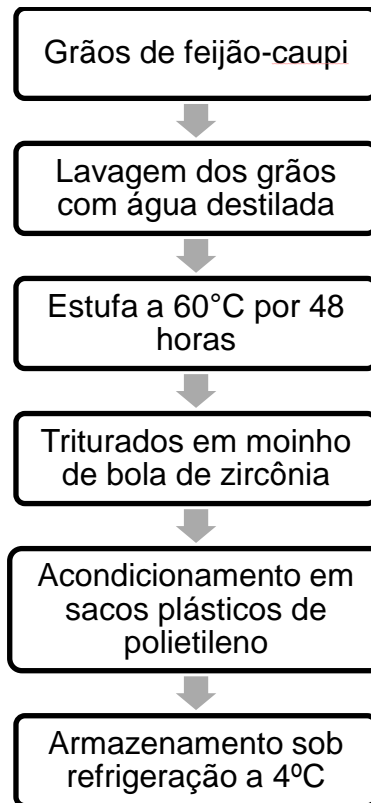


Figura 3. Fluxograma para obtenção das farinhas de grãos de feijão-caupi.

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.



Figura 4. Preparo de grãos para moagem e obtenção das farinhas de feijão-caupi.

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

4.6 Análises químicas

4.6.1 Composição centesimal

4.6.1.1 Umidade

O teor de umidade foi determinado por gravimetria a 105°C em estufa de secagem, com circulação mecânica, marca FANEM, modelo 320 – SE, de acordo com AOAC (2005). Foram pesadas 3g da amostra homogeneizada, em cápsula de porcelana previamente tarada. As cápsulas com as amostras foram colocadas em estufa a 105°C por quatro horas, em seguida transferidas para um dessecador por 30 minutos e pesadas em seguida. O teor de umidade (g 100 g⁻¹) foi obtido pela fórmula:

$$\text{Umidade} = \frac{100 \times N}{P}$$

Sendo:

N = n° de gramas de umidade (perda de massa em g);

P = n° de gramas de amostra.

4.6.1.2 Cinzas

O teor de cinzas foi determinado por incineração a 550°C em mufla, marca Novatecnica, modelo NT 380, segundo a metodologia de AOAC (2005). Amostras de 3 g foram pesadas, em duplicata, em cadinho previamente tarado. As amostras foram carbonizadas em forno mufla a 250 °C por 4 horas, posteriormente foram incineradas por 12 horas a 550 °C. Ao final, os cadinhos com amostra incinerada foram colocados em dessecador, para esfriar, por 40 minutos e em seguida foram pesados. O teor de cinzas (g 100 g⁻¹) foi obtido pela fórmula:

$$\text{Cinzas} = \frac{100 \times N}{P}$$

Em que:

N = n° de gramas de cinzas;

P = n° de gramas de amostras.

4.6.1.3 Proteínas

O teor de proteínas foi determinado com base nos teores de nitrogênio orgânico, de acordo com o método clássico de *Kjeldahl*, segundo a AOAC (2005), o qual consiste na destruição da matéria orgânica (digestão) seguida de destilação, sendo o nitrogênio dosado por titulação. Os fatores 6,25 e 5,75 foram utilizados para converter o teor de nitrogênio total em proteínas.

Inicialmente para a etapa de digestão, pesou-se 200 mg da amostra, sendo esta transferida para o tubo de digestão e adicionado de 5 mL de ácido sulfúrico e 2 g da mistura catalítica (96,5% de sulfato de potássio e 3,5% de sulfato de cobre). Os tubos foram levados para aquecimento em bloco digestor a 350 °C durante, em média 4 horas, até a solução se tornar azul-esverdeada, livre de material não digerido (pontos pretos).

Na etapa de destilação, o material do tubo de digestão foi acoplado ao destilador de nitrogênio da marca Tecnal, modelo TE – 0363. Nessa etapa foram adicionados 10 mL de solução saturada de hidróxido de sódio. Após a ebulição toda a amônia da amostra foi transportada por arraste a vapor para um erlenmeyer contendo solução de ácido bórico adicionado de dois indicadores (vermelho de metila e verde de bromocresol) para fixar o nitrogênio da amostra.

Na etapa da titulação, o nitrogênio total da amostra foi quantificado por titulação com uma solução de ácido clorídrico 0,02 N de fator conhecido. O ponto de viragem indicou o fim da reação que se caracteriza pela mudança da cor verde para a rosa.

A dosagem de nitrogênio total na amostra foi calculada utilizando a equação:

$$NT = \frac{(Va - Vb) \times F \times 0,1 \times 0,014 \times 100}{M}$$

onde:

NT = Nitrogênio total da amostra, em porcentagem;

Va = Volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação da amostra, em mililitros;

Vb = Volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação do branco, em mililitros;

F = Fator de correção para o ácido clorídrico 0,01 mol L⁻¹;

M = Massa da amostra (em gramas).

O cálculo da concentração de proteínas em porcentagem foi obtido por meio da fórmula:

$$\% \text{ Proteína Bruta} = NT \times 6,25$$

$$\% \text{ Proteína Bruta} = NT \times 5,75$$

4.6.1.4 Lipídios

Os teores de lipídios (correspondente à fração extrato etéreo) foram extraídos em extrator intermitente de Soxhlet, marca Novatecnica, modelo NT 340, utilizando-se o solvente éter de petróleo PA (AOAC, 2005). Para extração, foram pesadas 2,5 g de amostras (previamente secas) em papel filtro dobrado e colocadas em cartuchos. O extrator foi acoplado a um balão previamente tarado a 105 °C e pesado. Em seguida, foram adicionados 150 mL de éter de petróleo ao balão e mantidos em extração contínua por seis horas a 60 °C. Após o término da extração, recuperou-se o solvente e os balões com o resíduo extraído foram transferidos para a estufa a 105 °C, durante uma hora. Ao final, resfriou-se em dessecador por 30 minutos até a temperatura ambiente e foi pesado. O peso do resíduo foi utilizado para determinar o teor de lipídios pela fórmula:

$$\text{Lipídios} = \frac{100 \times N}{P}$$

onde:

N = n° de gramas de lipídios;

P = n° de gramas de amostra.

4.6.1.5 Carboidratos

O teor de carboidratos foi determinado pela diferença dos demais constituintes da composição centesimal, segundo (AOAC, 2005), em porcentagem, pela fórmula:

$$\% \text{ Carboidratos} = (100 - \% \text{ Proteínas} - \% \text{ Lipídios} - \% \text{ Umidade} - \% \text{ Cinzas})$$

4.6.2 Valor Energético Total (VET)

O valor energético total das amostras foi estimado conforme os valores de conversão de Atwater que se baseia na composição nutricional dos alimentos nas quais as quantidades dos nutrientes, proteínas, lipídios e carboidratos, foram multiplicados, respectivamente, pelos fatores 4, 9 e 4 (kcal g^{-1}), para a obtenção do valor energético total (WATT; MERRILL, 1963).

4.6.3 Minerais

Para a determinação dos teores de alguns minerais inicialmente realizou-se a digestão das amostras. Pesou-se 0,2 g da amostra, as quais foram transferidas para um tubo de digestão e adicionou-se, em seguida, 5,0 mL da solução digestora (solução nitro-perclórica, 2:1). Para realização do padrão, pesou-se 0,2 g de uma amostra conhecida, para comparação das amostras, além do branco. Os tubos foram colocados no bloco digestor por aproximadamente duas horas até atingir 200 °C. Após a digestão, se apresentaram transparentes e límpidos e com um volume aproximado de 2 mL. Em seguida, foram avolumados com água Milli-Q até completar 20 mL e homogeneizados em agitador tipo vortex.

4.6.3.1 Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn) e Cobre (Cu)

A determinação desses elementos foi realizada de acordo com o método descrito por Silva e Queiroz (2002). Realizou-se a leitura diretamente nos extratos, em espectro de absorção atômica (modelo iCE 3000 Series, marca Thermo Scientific) selecionando previamente o comprimento de onda específico de cada

elemento a ser analisado no *software* do equipamento. Os valores das concentrações de ferro, zinco, manganês e cobre foram obtidos em partes por milhão (ppm) e depois transformados para $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$.

4.6.3.2 Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)

A determinação de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica de chama, segundo método descrito por Silva e Queiroz (2002). Aliquotou-se 200 μL do extrato e transferiu-se para um tubo de ensaio, adicionando 3,5 mL de lantânio e 3,3 mL de água Milli-Q, homogeneizou-se em agitador tipo vortex e prosseguiu-se com leitura no espectro de absorção atômica (modelo iCE 3000 Series, marca Thermo Scientific) selecionando previamente o elemento a ser analisado no *software* do equipamento. Os valores das concentrações de cálcio e magnésio foram obtidos em partes por milhão (ppm) e para fins de comparação com os dados da literatura esses valores foram convertidos para $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$.

4.6.3.3 Sódio (Na) e Potássio (K)

Para determinação de sódio e potássio, pipetou-se 2mL do extrato em um tubo de ensaio e adicionou-se 2 mL de água Milli-Q, homogeneizou-se e em seguida realizou-se a leitura do branco, padrão e amostras diretamente no fotômetro de chama (modelo B462, marca Micronal). O equipamento foi ajustado e calibrado com soluções padrões de sódio e potássio antes das leituras. Os valores das concentrações de sódio e potássio foram obtidos em partes por milhão (ppm) e depois transformados para $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (SILVA; QUEIROZ, 2002).

4.6.3.4. Fósforo (P)

A determinação do teor de fósforo foi realizada por colorimetria, segundo método descrito por Silva e Queiroz (2002). Da solução de extrato, pipetou-se 200 μL do mesmo e transferiu-se para um tubo de ensaio, adicionando 8,4 mL de água Milli-Q, 1,0 mL de solução ácida de molibdato de amônia (SAMA) e 400 μL de solução de ácido ascórbico a 2%. O extrato preparado foi homogeneizado em

agitador tipo vortex e, após aguardar 5 minutos para o aparecimento da cor (azul), procedeu-se com a leitura no espectrofotômetro UV-VIS (modelo 22 PC, marca Spectrumlab), em comprimento de onda de 725 nanômetros, utilizando uma cubeta de quartzo para a leitura das soluções. Realizou-se a leitura do branco com água destilada para que, ao final, fosse subtraído da leitura direta do equipamento. Os valores de leitura em absorbância foram aplicados na fórmula.

$$P = (0,2 \times \text{Leitura} / \text{Peso da amostra}) / 10000$$

em que:

0,2 = representa o fator obtido da curva de calibração.

As concentrações de fósforo foram obtidas em partes por milhão (ppm) e depois transformados para $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$.

4.7 Análises estatísticas

A análise estatística foi realizada utilizando-se o Programa SISVAR – Sistema de Análise de Variância – versão 5.3 da Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 2008). Os resultados estão expressos em tabelas com as respectivas médias e desvio-padrão de cada variável analisada. As médias foram agrupadas pelo teste de *Scott-Knott* ($p \leq 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Composição centesimal

5.1.1 Resumo da ANOVA para composição centesimal

O resumo da análise de variância individual, referente à composição centesimal nos grãos de feijão-caupi tipo fradinho é apresentado na Tabela 7. Os genótipos diferiram aos níveis de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, para os caracteres teor de umidade e carboidratos nos dois ambientes, indicando variabilidade dentro dos ambientes, fato que favorece a seleção. Para cinzas não foram observadas diferenças em relação aos dois locais.

Tabela 7. Análise de variância individual, referente à composição centesimal de 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho em dois ambientes.

Ambientes	GL	Quadrado médio e probabilidade do Teste F				
		Umidade	Cinzas	Lipídios	Proteínas	Carboidratos
Teresina	13	0,36*	0,01 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,18**	1,90**
São Raimundo das Mangabeiras	13	0,74**	0,03 ^{ns}	0,19**	0,52 ^{ns}	1,79*
Erro		0,20	0,02	0,05	0,47	0,85

ns: não significativo; *, **significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.
Fonte: Dados da Pesquisa.

Em relação ao conteúdo de lipídios, observa-se que os genótipos apresentaram comportamento diferencial para São Raimundo das Mangabeiras ($p \leq 0,01$). Quanto o teor de proteínas, houve variação no comportamento dos genótipos obtidos em Teresina, isso indica variedade desses macronutrientes dentro dos ambientes.

O resumo da análise de variância conjunta referente à composição centesimal nos grãos de feijão-caupi tipo fradinho é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8. Análise de variância conjunta, referente à composição centesimal de 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho em dois ambientes.

FV	GL	Quadrado médio e probabilidade do Teste F				
		Umidade	Cinzas	Lipídios	Proteínas	Carboidratos
Genótipos (G)	13	0,62**	0,03 ^{ns}	0,18**	1,09**	2,01**
Blocos (Ambiente)	2	8,29**	0,03 ^{ns}	0,15*	5,23**	19,31**
Ambientes (A)	1	5,72**	0,01 ^{ns}	0,98**	125,84**	216,27**
G x A	13	0,49*	0,01 ^{ns}	0,09*	0,67 ^{ns}	1,68*
Erro		0,20	0,02	0,05	0,47	0,85
Média		5,67	3,39	1,77	23,26	0,85
CV (%)		7,82	4,25	12,17	2,95	65,92

ns: não significativo; *, **significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.
Fonte: Dados da Pesquisa.

Os efeitos de genótipos, ambientes e da interação genótipos x ambientes (G x A) foram significativos para os teores de umidade, lipídios e carboidratos ($p \leq 0,05$; $p \leq 0,01$). Isso indica que os genótipos e ambientes apresentaram variabilidade e que os genótipos se comportaram diferencialmente com os ambientes, evidenciando a possibilidade de ganhos por meio de seleção. Para cinzas não foram observadas diferenças independentemente da fonte de variação estudada.

Observa-se também diferença estatística significativa ($p \leq 0,01$) para os efeitos de genótipos e ambientes em relação aos teores de proteínas, o que indica variabilidade entre os genótipos e os ambientes quanto a esse macronutriente. Rocha et al. (2011d) também relataram a existência de variabilidade genética para proteínas. Ferreira Neto et al. (2006) também observaram variabilidade entre os genótipos de feijão-caupi para esse caractere.

Os resultados referentes à composição centesimal de grãos crus de 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho, com os valores de médias apresentadas em base seca são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Composição centesimal (g 100 g⁻¹) de 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho.

Genótipo	Umidade	Cinzas	Lipídios	Proteínas*	Proteínas**	Carboidratos
MNC06-895-1	5,81 ± 0,70 a	3,79 ± 0,08 a	1,66 ± 0,22 b	23,38 ± 1,44 a	21,51 ± 1,44 a	65,77 ± 2,23 a
MNC06-895-2	5,54 ± 0,73 b	3,46 ± 0,06 a	1,81 ± 0,23 a	22,96 ± 1,41 b	21,12 ± 1,41 b	66,23 ± 2,15 a
MNC06-901-14	5,56 ± 0,72 b	3,34 ± 0,16 a	1,55 ± 0,11 b	23,68 ± 0,76 a	21,79 ± 0,76 a	65,87 ± 0,88 a
MNC06-907-29	5,72 ± 0,60 a	3,47 ± 0,14 a	1,71 ± 0,20 b	23,12 ± 1,13 b	21,27 ± 1,13 b	65,97 ± 1,69 a
MNC06-907-30	5,49 ± 0,83 b	3,39 ± 0,20 a	1,71 ± 0,19 b	23,43 ± 1,41 a	21,55 ± 1,41 a	65,98 ± 2,10 a
MNC06-907-35	5,33 ± 0,94 b	3,41 ± 0,19 a	1,59 ± 0,26 b	23,36 ± 1,50 a	21,49 ± 1,50 a	66,31 ± 2,14 a
MNC06-908-39	5,39 ± 0,80 b	3,38 ± 0,11 a	1,73 ± 0,14 b	23,06 ± 1,16 b	21,22 ± 1,16 b	66,44 ± 1,19 a
MNC06-909-52	5,78 ± 0,35 a	3,41 ± 0,15 a	2,00 ± 0,24 a	23,64 ± 1,35 a	21,75 ± 1,35 a	65,18 ± 1,59 b
MNC06-909-54	5,31 ± 0,40 b	3,34 ± 0,12 a	2,06 ± 0,27 a	22,54 ± 1,59 b	20,73 ± 1,59 b	66,75 ± 2,02 a
MNC06-909-55	5,63 ± 0,43 b	3,46 ± 0,16 a	1,87 ± 0,43 a	23,19 ± 1,41 b	21,33 ± 1,41 b	65,84 ± 2,22 a
MNC06-909-68	6,03 ± 0,55 a	3,24 ± 0,07 a	1,80 ± 0,24 a	22,85 ± 1,90 b	21,02 ± 1,90 b	66,08 ± 2,52 a
MNC06-909-76	6,03 ± 0,50 a	3,39 ± 0,12 a	1,67 ± 0,30 b	23,25 ± 1,43 b	21,39 ± 1,43 b	65,66 ± 1,78 a
BRS Itaim^(C)	5,49 ± 0,93 b	3,42 ± 0,14 a	1,93 ± 0,30 a	23,17 ± 1,12 b	21,31 ± 1,12 b	65,70 ± 1,37 a
CB-27^(C)	6,21 ± 0,62 a	3,34 ± 0,20 a	1,69 ± 0,27 b	24,00 ± 1,23 a	22,08 ± 1,23 a	64,75 ± 1,70 b
Média geral	5,67	3,39	1,77	23,26	21,40	65,92
CV(%)	7,82	4,25	12,17	2,96	1,48	1,40

Valores de médias em base seca por g 100g⁻¹ de feijão-caupi. *Utilizando o fator de conversão de 6,25. ** Utilizando o fator de conversão de 5,75. Médias com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de *Scott-Knott* (p≤0,05). (C) Cultivar comercial.

A umidade é uma das medidas mais importantes em um alimento e está relacionada com a estabilidade, qualidade, e composição, afetando diretamente o tempo de estocagem dos grãos (CECHI, 2003).

No presente estudo, a umidade variou de 5,31 g 100 g⁻¹ (linhagem MNC06-909-54) a 6,21 g 100 g⁻¹ (CB-27), com diferença estatística entre as amostras ($p \leq 0,05$). A média geral foi de 5,67 g 100 g⁻¹. Oliveira (2016) obteve teores próximos ao presente estudo, com variação de 5,49 a 5,78 g 100 g⁻¹, e média geral de 5,67 g 100 g⁻¹, ao analisar 12 genótipos de feijão-caupi.

As linhagens MNC06-895-2, MNC06-901-14, MNC06-907-30, MNC06-907-35, MNC06-908-39, MNC06-909-54, MNC06-909-55 foram semelhantes à testemunha BRS Itaim, que juntas, destacaram-se dos demais genótipos, com os menores teores de umidade.

Quanto menor a umidade, menor a probabilidade de desenvolvimento microbiano; com isso, grãos que apresentam menores porcentagens de umidade, apresentam vida de prateleira maior, o que é bastante desejável pelo produtor. A umidade também não poderá ser muito baixa, pois poderá influenciar no tempo de cocção dos grãos (GOMES; SILVA, 2003).

O teor de umidade obtido se encontra dentro da faixa de normalidade, visto que de acordo com o Regulamento Técnico do Feijão, estabelecido pela Instrução Normativa nº 12, de 28 de março de 2008 (BRASIL, 2008), o percentual tecnicamente recomendável para fins de comercialização de feijão é de até 14 g 100 g⁻¹ de umidade.

A maioria dos estudos abaixo apresentou teores de umidade superiores aos obtidos nesta pesquisa. Rios et al. (2018) obtiveram variação de 7,13 a 11,9 g 100 g⁻¹ para cinco cultivares de feijão-caupi, sendo que a cultivar BRS Itaim, da subclasse fradinho, apresentou o maior teor. No estudo de Cavalcante et al. (2017) os valores variaram de 10,7 a 11,4 g 100 g⁻¹, em cinco cultivares de feijão-caupi analisadas, entre elas a cultivar BRS Itaim.

Ao analisar a cultivar BRS Tumucumaque, Sampaio (2017) obteve 12,46 g 100 g⁻¹ de umidade. Dias-Barbosa (2015) ao analisar 12 genótipos de feijão-caupi obteve uma variação de 5,93 a 7,61 g 100 g⁻¹, com média geral de 7,0 g 100 g⁻¹.

Na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011), o feijão-caupi cru apresenta 12,7 g 100 g⁻¹ de umidade. Cunha (2015) ao avaliar as linhagens MNC04-774F-78 e MNC04-795F-159 obteve 10,27 e 10,21 g 100 g⁻¹,

respectivamente. No estudo de Pinheiro (2013) os teores apresentados foram 12,91; 15,88 e 16,52 g 100 g⁻¹ para a cultivar Pingo de Ouro 1-2, a linhagem MNC03-737F-5-4 e a linhagem MNC03-737F-5-9, respectivamente.

O conteúdo de cinzas representa a fração mineral contida nas amostras. Os genótipos avaliados não apresentaram diferenças estatísticas significativas para o teor cinza nos grãos ($p \geq 0,05$), o qual variou de 3,24 g 100 g⁻¹ a 3,79 g 100 g⁻¹. Algumas pesquisas mostraram uma variação similar à encontrada neste estudo. Na análise de 12 genótipos de feijão-caupi, Oliveira (2016) observou teores médios de 3,17 a 3,44 g 100 g⁻¹. Pinheiro (2013) verificou variação de 3,56 a 3,79 g 100 g⁻¹.

Segundo a TACO (2011), o feijão-caupi cru apresenta em média 3,5 g 100 g⁻¹ de cinzas, valor bem próximo ao obtido no presente estudo, cujos genótipos analisados apresentaram média de 3,35 g 100 g⁻¹. O teor de cinzas em grãos de feijão pode chegar a 4,5 g 100 g⁻¹ (BARAMPAMA; SIMARD, 1994).

Os valores de cinzas obtidos no presente trabalho foram maiores do que os obtidos por Rios et al. (2018), que observaram uma variação de 2,06 a 3,65 g 100 g⁻¹ nas cultivares analisadas. Melo et al. (2017), obtiveram uma variação de 1,58 a 1,68 g 100 g⁻¹, em um estudo com quatro cultivares: BRS Aracê, BRS Tumucumaque, BRS Xiquexique e BRS Guariba. Em seu estudo, Dias-Barbosa (2015) verificou variação de 1,05 a 3,63 g 100 g⁻¹.

Cavalcante et al. (2017) obtiveram teores de cinzas de 3,7 a 4,5 g 100 g⁻¹, valores acima dos observados no presente estudo, assim como Barros (2014), que observou uma variação de 3,55 a 4,03 g 100 g⁻¹. Pereira (2014) verificou uma variação de 3,33 a 4,16 g 100 g⁻¹, em cinco cultivares de feijão-caupi.

Quanto ao conteúdo de lipídios, a linhagem MNC06-901-14 apresentou o menor teor, com 1,55 g 100 g⁻¹, enquanto, a linhagem MNC06-909-54 apresentou o maior teor, com 2,06 g 100 g⁻¹. Houve diferença estatisticamente significativa entre as amostras ($p \leq 0,05$). A média geral foi de 1,77 g 100 g⁻¹, valor próximo ao encontrado por Pereira (2013), que obteve uma média de 1,60 g 100 g⁻¹ para trinta e dois genótipos de feijão-caupi analisados.

As linhagens MNC06-895-1, MNC06-901-14, MNC06-907-29, MNC06-907-30, MNC06-907-35, MNC06-908-39 e MNC06-909-76 foram semelhantes a cultivar CB-27, que juntas, destacaram-se dos demais genótipos, com os menores teores de lipídios.

Alguns estudos apresentaram variação nos teores de lipídios que se aproximam das concentrações obtidas nesta pesquisa, como: Melo et al. (2017), com teores variando de 1,31 a 2,26 g 100 g⁻¹, entre as cultivares analisadas; Cavalcante et al. (2017), com uma variação de 1,3 a 2,1 g 100 g⁻¹, em um estudo com cinco cultivares.

Sampaio (2017) e Medeiros (2013) obtiveram 2,02 e 1,67 g 100 g⁻¹ respectivamente, para a cultivar BRS Tumucumaque, valores estes próximos ao do presente estudo (1,77 g 100 g⁻¹).

Teores superiores de lipídios foram observados no estudo de Rios et al. (2018), com variação de 1,53 a 2,90 g 100 g⁻¹ e Oliveira (2016), com valores de 2,54 a 3,66 g 100 g⁻¹ e no de Pereira (2014), que variou de 2,15 a 2,77 g 100 g⁻¹.

O Instituto de Medicina (IOM, 2006), com base na Ingestão Dietética Recomendada (RDA), não determina um valor recomendado de ingestão de lipídios, no entanto há uma faixa aceitável de distribuição de macronutrientes (AMDR), a qual deve ser de 10-35% de lipídios da energia total requerida para o indivíduo. Desta forma, o feijão-caupi, devido ao baixo teor de lipídios, contribui para o alcance da faixa aceitável de distribuição deste macronutriente. Do contrário, uma alimentação com alto teor de gordura está relacionada com a obesidade, com riscos de doenças cardiovasculares e outros agravos à saúde.

As proteínas e os carboidratos representam os dois principais componentes em feijões secos (SATHE, 2002). De acordo com Carvalho et al. (2012), o conteúdo de proteínas totais de genótipos de feijão-caupi brasileiros varia de 20 a 30%, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo, no qual o teor de proteínas variou de 22,54 g 100 g⁻¹ (linhagem MNC06-909-54) a 24,0 g 100 g⁻¹ (CB-27), com diferença estatística entre as amostras ($p \leq 0,05$).

As linhagens MNC06-895-1, MNC06-901-14, MNC06-907-30, MNC06-907-35 e MNC06-909-52 foram semelhantes a cultivar CB-27, que juntas, destacaram-se dos demais genótipos, com os maiores conteúdos de proteínas.

Vários estudos apresentaram concentração de proteínas similares, como o de Rios et al. (2018), com variação de 21,73 a 25,27 g 100 g⁻¹. Pereira (2014) observou uma variação de 22,4 a 24,8 g 100 g⁻¹, em quatro cultivares de feijão-caupi. O estudo de Barros (2014) mostrou uma variação de 22,05 a 24,00 g 100 g⁻¹, em quatro cultivares analisadas. Rocha et al. (2011b), em um estudo com linhagens de

feijão-caupi tipo fradinho, obtiveram um conteúdo de proteínas de 20,38 a 24,94 g 100 g⁻¹.

A média geral dos genótipos para a concentração de proteínas foi 23,26 g 100 g⁻¹, valor superior à média obtida por Dias-Barbosa (2015), que obteve 22,14 g 100 g⁻¹, em genótipos de feijão caupi analisados.

A ingestão diária recomendada (IDR) de proteínas para atender as necessidades de um indivíduo adulto, segundo a ANVISA (BRASIL, 2005) é de 50 g. Nos genótipos avaliados, 100 g de grãos de feijão-caupi apresentou em média 23,26 g de proteína, fornecendo cerca de 47% do total recomendado de ingestão diária desse nutriente, caracterizando-o como um alimento com alto conteúdo de proteínas e de grande importância para alimentação humana. Visto que, a ingestão de proteínas em quantidades inferiores ao recomendado pode ocasionar diversas alterações fisiológicas.

O conteúdo de carboidratos variou de 64,75 g 100 g⁻¹ (CB-27) a 66,75 g 100 g⁻¹ (linhagem MNC06-909-54), com diferença significativa entre os genótipos ($p \leq 0,05$). A média geral foi de 65,92 g 100 g⁻¹, valor próximo ao obtido por Dias-Barbosa (2015), com a média de 66,23 g 100 g⁻¹, em doze genótipos de feijão-caupi.

A linhagem MNC06-909-52 foi semelhante a cultivar CB-27, que juntas destacaram-se dos demais genótipos avaliados, por apresentarem os menores teores de carboidratos.

Resultados próximos ao desse estudo foram observados por Rios et al. (2018), cuja variação de carboidratos em cinco cultivares foi de 58,08 a 64,02 g 100 g⁻¹. No estudo de Oliveira (2016), o teor de carboidratos variou de 61,36 a 64,46 g 100 g⁻¹. Barros (2014) obteve uma variação de 59,70 a 61,28 g 100 g⁻¹. A TACO (2011) apresenta um teor de carboidratos para o feijão-caupi cru de 61,2 g 100 g⁻¹.

A Ingestão Dietética Recomendada (RDA) de carboidratos, estabelecida pelo Instituto de Medicina (IOM, 2006) é de 130 g/dia para adultos saudáveis. Tendo em vista, que a principal função dos carboidratos é fornecer energia para o cérebro e as células nervosas. Dessa forma, os genótipos de feijão-caupi apresentam em média, 65,92 g de carboidratos em 100 g, isso representa aproximadamente 51% da ingestão recomendada para esse macronutriente.

Em relação à composição centesimal das amostras de genótipos de feijão-caupi tipo fradinho, percebeu-se que as linhagens MNC06-901-14 e MNC06-907-30 destacaram-se quanto ao conteúdo de proteínas, cinzas e lipídios.

5.2 Valor Energético Total (VET)

5.2.1 Resumo da ANAVA para VET

O resumo da análise de variância individual, referente ao VET de grãos de feijão-caupi tipo fradinho em cada ambiente é apresentado na Tabela 10. Houve diferença significativa ($p \leq 0,01$) para os genótipos obtidos em São Raimundo das Mangabeiras/MA, o que indica variabilidade considerável para esse ambiente. No entanto, não foram observadas diferenças de comportamento dos genótipos analisados em Teresina.

Tabela 10. Análise de variância individual, referente ao VET de 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho em dois ambientes.

Ambientes	Quadrado médio e probabilidade do Teste F	
	GL	VET
Teresina	13	3,30 ^{ns}
São Raimundo das Mangabeiras	13	36,05 ^{**}
Erro		5,01

ns: não significativo; *, **significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.
Fonte: Dados da Pesquisa.

O resumo da análise de variância conjunta, referente ao VET de grãos de feijão-caupi tipo fradinho é apresentado na Tabela 11. Os efeitos de genótipos, ambientes e da interação genótipos x ambientes (G x A) foram significativos para o VET ($p \leq 0,01$). Isso indica que os genótipos e ambientes apresentaram variabilidade e que os genótipos se comportaram diferencialmente com os ambientes.

Tabela 11. Análise de variância conjunta, referente ao VET de 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho em dois ambientes.

FV	Quadrado médio e probabilidade do Teste F	
	GL	VET
Genótipos (G)	13	21,25**
Blocos (Ambiente)	2	94,89**
Ambientes (A)	1	48,88**
G x A	13	18,11**
Erro		5,01
Média		372,46
CV (%)		0,60

ns: não significativo; *, **significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Fonte: Dados da Pesquisa.

O VET variou de 369,29 (linhagem MNC06-907-35) a 375,69 kcal 100 g⁻¹ (linhagem MNC06-909-54), com diferença estatística entre as amostras ($p \leq 0,05$), conforme a Tabela 12. A média geral foi de 372,46 kcal 100 g⁻¹. As linhagens MNC06-907-35 e MNC06-909-76, assim como a cultivar CB-27 apresentaram os menores valores de VET, comparado aos demais genótipos.

Resultados próximos a estes, foram observados por Dias-Barbosa (2015), que obteve uma variação de 350 a 380 kcal 100 g⁻¹. Rios et al. (2018) obtiveram resultados de VET inferiores ao do presente estudo, com variação de 352,0 a 365,4 kcal 100 g⁻¹, entre as cultivares BRS Cauamé, BRS Guariba, BRS Xiquexique, BRS Novaera e BRS Itaim. Enquanto, no estudo de Cavalcante et al. (2017) os valores obtidos foram superiores, variando de 383,75 a 394,70 kcal 100 g⁻¹. Oliveira (2016) observou variação de 377,45 a 381,07 kcal 100 g⁻¹, em doze genótipos de feijão-caupi.

O valor energético total observado nos genótipos estudados apresenta-se elevado, entretanto há de se considerar a qualidade nutricional dos componentes do feijão-caupi, que apresenta altos teores de carboidratos complexos, um bom conteúdo proteico, de fibras alimentares, vitaminas, minerais, compostos bioativos e baixo teor de gordura.

Tabela 12. VET (Kcal 100 g⁻¹) de 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho.

Genótipo	VET
MNC06-895-1	372,78 ± 2,34 a
MNC06-895-2	373,06 ± 1,85 a
MNC06-901-14	372,18 ± 2,58 a
MNC06-907-29	371,78 ± 1,82 a
MNC06-907-30	373,09 ± 3,51 a
MNC06-907-35	369,29 ± 5,57 b
MNC06-908-39	373,58 ± 3,71 a
MNC06-909-52	373,13 ± 1,90 a
MNC06-909-54	375,69 ± 1,87 a
MNC06-909-55	372,96 ± 0,81 a
MNC06-909-68	371,95 ± 1,14 a
MNC06-909-76	370,66 ± 3,26 b
BRS Itaim ^(C)	374,00 ± 4,04 a
CB-27 ^(C)	370,25 ± 3,81 b
Média geral	372,46
CV(%)	0,6

VET em Kcal 100 g⁻¹ de feijão-caupi e desvio-padrão.

Médias com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de *Scott - Knott* ($p \leq 0,05$). (C) Cultivar comercial.

5.3 Minerais

5.3.1 Resumo da ANOVA para minerais

O resumo da análise de variância individual, referente às concentrações de minerais nos grãos de feijão-caupi tipo fradinho é apresentado na Tabela 13. Os genótipos apresentaram comportamento diferencial ($p \leq 0,01$), em relação aos teores de cálcio e ferro para o ambiente de Teresina. Já para o magnésio apresentaram variação em relação ao ambiente de São Raimundo das Mangabeiras. Em relação a esses minerais, observa-se que os genótipos apresentaram variabilidade apenas para um local.

Tabela 13. Análise de variância individual, referente às concentrações de minerais de 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho em dois ambientes.

Quadrado médio e probabilidade do Teste F										
Ambientes	GL	Ca	Mg	P	K	Na	Fe	Zn	Cu	Mn
Teresina	13	994,3**	183,00 ^{ns}	3513,63**	19495,94**	6,44**	4,93**	0,59**	0,06**	0,11**
São Raimundo das Mangabeiras	13	81,18 ^{ns}	802,27*	8871,99**	8195,1488**	4,52*	0,71 ^{ns}	1,06**	0,06**	0,08*
Erro		91,95	363,55	1168,63	2360,12	2,35	2,14	0,15	0,02	0,01

ns: não significativo; *, **significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.
 Fonte: Dados da Pesquisa.

Em relação ao conteúdo de fósforo, potássio, sódio, zinco, cobre e manganês, os genótipos se comportaram diferencialmente para esses minerais ($p \leq 0,05$; $p \leq 0,01$) nos dois locais, o que indica variabilidade dentro dos ambientes e favorece ganhos por meio de seleção.

O resumo da análise de variância conjunta, referente às concentrações de minerais nos grãos de feijão-caupi tipo fradinho é apresentado na Tabela 14. Os genótipos diferiram significativamente ($p \leq 0,01$) para as concentrações de cálcio, fósforo, potássio, zinco e manganês, indicando a existência de variabilidade para ambos os minerais. Ferreira Neto et al. (2006) observaram variação entre os genótipos para o teor de cálcio, porém não relataram variação para o fósforo.

Oliveira et al. (2017), Rocha et al. (2013) e Rocha et al. (2011c,d) ao avaliarem genótipos de feijão-caupi também observaram variabilidade genética para o zinco. Houve também interação G X A para a concentração desses minerais, isso indica que os genótipos se comportaram diferencialmente com os ambientes. Oliveira et al. (2017) e Rocha et al. (2011c) também relataram interação G X A para concentração de zinco.

As concentrações dos minerais cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K) e sódio (Na), observadas nos genótipos de feijão-caupi em $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$, estão apresentadas na Tabela 15.

Os teores de cálcio variaram de $48,98 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (MNC06-909-68) a $75,78 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (linhagem MNC06-907-35), com diferença significativa entre as amostras ($p \leq 0,05$). Resultados semelhantes foram observados por Oliveira (2016), que obteve uma variação de $46,86$ a $63,75 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Alzahrani et al. (2016) obtiveram valores de $45,10 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, ao analisarem grãos de feijão-caupi. Barros (2014) observou variação de $58,5$ a $88,0 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ entre quatro cultivares de feijão-caupi.

As linhagens MNC06-907-30, MNC06-907-35, MNC06-908-39 e MNC06-909-52 foram semelhantes a cultivar CB-27, que juntas, destacaram-se dos demais genótipos, com os maiores conteúdos de cálcio.

O estudo de Rios et al. (2018) revelou teores de cálcio superiores, com variação de $143,83 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ a $160,69 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Já Carvalho et al. (2012) ao avaliarem trinta genótipos de feijão-caupi, verificaram menores concentrações de cálcio, com variação de 29 a $44 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$.

Tabela 14. Resumo da análise de variância conjunta das concentrações de minerais de 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho em dois ambientes.

Quadrado médio e probabilidade do Teste F										
FV	GL	Ca	Mg	P	K	Na	Fe	Zn	Cu	Mn
Genótipos (G)	13	550**	615,89 ^{ns}	6101,13**	11892,31**	2,73 ^{ns}	3,19 ^{ns}	0,34**	0,03 ^{ns}	0,13**
Blocos (Ambiente)	2	116,57 ^{ns}	1166,56*	693,95 ^{ns}	5969,25 ^{ns}	3,51 ^{ns}	7,01*	0,09 ^{ns}	0,07*	0,09**
Ambientes (A)	1	7,48 ^{ns}	242,84 ^{ns}	340,97 ^{ns}	892760,72**	96,24**	50,37**	0,41 ^{ns}	0,36**	0,09*
G x A	13	526,12**	369,39 ^{ns}	6284,49**	15798,78**	8,24**	2,45 ^{ns}	1,27**	0,08**	0,06**
Erro		91,95	363,55	1168,63	2360,12	2,35	2,14	0,16	0,02	0,02
Média		63,90	175,46	516,37	1149,08	4,77	5,66	3,49	0,63	0,84
CV (%)		15,01	10,87	6,62	4,23	32,16	25,40	11,25	22,56	14,41

ns: não significativo; *, **significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Tabela 15. Conteúdo de macrominerais (cálcio, magnésio, fósforo, potássio e sódio) ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) em 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho.

Genótipo	Ca	Mg	P	K	Na
MNC06-895-1	63,18 ± 11,14 b	171,30 ± 6,93 a	487,01 ± 11,88 c	1132,52 ± 35,04 b	4,26 ± 1,31 a
MNC06-895-2	64,67 ± 3,24 b	171,67 ± 2,80 a	494,70 ± 29,76 c	1175,35 ± 35,32 a	4,85 ± 1,70 a
MNC06-901-14	56,12 ± 4,76 c	175,27 ± 13,99 a	474,20 ± 18,36 c	1136,15 ± 63,40 b	5,45 ± 1,59 a
MNC06-907-29	64,52 ± 15,86 b	171,27 ± 7,68 a	500,98 ± 42,36 c	1142,21 ± 112,76 b	5,39 ± 1,43 a
MNC06-907-30	75,12 ± 13,34 a	176,35 ± 8,00 a	522,61 ± 64,76 c	1061,98 ± 209,59 c	5,54 ± 3,42 a
MNC06-907-35	75,78 ± 16,74 a	176,70 ± 12,31 a	529,93 ± 67,85 b	1106,50 ± 152,15 b	5,54 ± 2,00 a
MNC06-908-39	70,34 ± 8,20a	192,35 ± 14,34 a	573,28 ± 52,65 a	1146,24 ± 131, 59 b	4,54 ± 1,39 a
MNC06-909-52	70,86 ± 8,49 a	176,87 ± 15,29 a	536,45 ± 60,29 b	1160,12 ± 82,94 a	4,51 ± 2,18 a
MNC06-909-54	60,36 ± 12,29 c	176,22 ± 6,30 a	513,59 ± 40,53 c	1112,97 ± 117,39 b	3,52 ± 1,57 a
MNC06-909-55	54,59 ± 14,13 c	186,97 ± 14,89 a	550,00 ± 44,08 a	1157,10 ± 116,37 a	5,08 ± 2,86 a
MNC06-909-68	48,98 ± 11,27 c	180,63 ± 8,53 a	530,18 ± 51,23 b	1164,17 ± 111,12 a	4,69 ± 2,71 a
MNC06-909-76	54,19 ± 15,72 c	177,30 ± 7,99 a	526,18 ± 22,27 b	1193,40 ± 96,36 a	4,61 ± 2,15 a
BRS Itaim^(C)	64,32 ± 6,44 b	169,60 ± 3,38 a	508,51 ± 17,35 c	1203,49 ± 120,97 a	4,71 ± 1,17 a
CB-27^(C)	71,55 ± 17,77a	153,91 ± 9,08 a	481,50 ± 15,42 c	1194,86 ± 110,24 a	4,34 ± 1,44 a
Média geral	63,90	175,46	516,37	1149,08	4,77
CV(%)	15,01	10,87	6,62	4,23	32,16

Médias com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de *Scott-Knott* ($p \leq 0,05$). (C) Cultivar comercial; valores de médias em base seca por $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de feijão-caupi e desvio-padrão.

De acordo com a Tabela 16, observa-se que a ingestão diária recomendada de cálcio para adultos saudáveis é de 1000 mg 100 g⁻¹ (BRASIL, 2005). Tendo em vista que os genótipos fornecem em média 63,90 mg/dia, isso corresponde a 6,4% de adequação à IDR, indicando que os genótipos apresentam baixo conteúdo desse mineral.

Em relação ao magnésio (Tabela 15), os teores variaram de 153,91 mg 100 g⁻¹ (CB-27) a 192,35 mg 100 g⁻¹ (linhagem MNC06-908-39), sem diferença estatística significativa ($p \geq 0,05$). A média geral dos genótipos foi de 175,46 mg 100g⁻¹, superior à obtida por Carvalho et al. (2012), que foi de 145,73 mg 100 g⁻¹.

Resultados semelhantes foram observados no estudo de Oliveira (2012), que obteve 186,96 a 202,63 mg 100 g⁻¹. Di Bella et al. (2016) ao analisarem grãos de feijão-caupi cultivados em Gana, verificaram concentração de 198 mg 100 g⁻¹ desse mineral. Pereira (2013) ao analisar trinta e dois genótipos elite de feijão-caupi, obteve variação de 167,09 a 223,16 mg 100 g⁻¹. Carvalho et al. (2012) observaram variação de 130 a 169 mg 100 g⁻¹, em um estudo com 30 genótipos de feijão-caupi.

Concentrações de magnésio inferiores às obtidas no presente estudo foram encontradas por Barros (2014), que obteve 115,0; 117,0; 125,0; 172 mg 100 g⁻¹, respectivamente para as cultivares BRS Xiquexique, BRS Aracê, BRS Tumucumaque, BRS Milênio. Rios et al. (2018) observaram uma variação de 128,26 a 154,95 mg 100 g⁻¹, em cinco cultivares de feijão-caupi. Olalekan e Bosede (2010) relataram 95 mg 100 g⁻¹ desse mineral em grãos de feijão-caupi.

Observa-se que os genótipos apresentaram em média 175,46 mg 100 g⁻¹ (Tabela 16), e considerando que a IDR para o magnésio é de 260 mg/dia, os grãos de feijão-caupi analisados apresentaram 67,5% de adequação à mesma, possuindo alto conteúdo desse mineral, que desempenha papel fundamental no metabolismo da glicose, na homeostase insulínica e glicêmica e na síntese de adenosina trifosfato, proteínas e ácidos nucleicos.

Tabela 16. Comparativo da Ingestão Diária Recomendada (IDR) com a oferta de minerais em 100g de feijão-caupi da subclasse comercial fradinho, porcentagem de adequação e classificação quanto à concentração de minerais.

Minerais	IDR (mg/dia)	mg 100 g ⁻¹	PA%	Classificação
Cálcio	1000	63,9	6,4	Baixo
Magnésio	260	175,46	67,5	Alto conteúdo
Fósforo	700	516,37	73,8	Alto conteúdo
Potássio	3510	1149,08	32,7	Alto conteúdo
Sódio	≤ 2000	4,77	0,2	Não contém
Ferro	14	5,76	41,1	Alto conteúdo
Zinco	7	3,49	49,9	Alto conteúdo
Cobre	0,9	0,62	68,9	Alto conteúdo
Manganês	2,3	0,84	36,5	Alto conteúdo

PA (%): Percentual de adequação da IDR de um indivíduo adulto sadio.

Quanto a concentração de fósforo, os genótipos apresentaram 474,20 mg 100 g⁻¹ (linhagem MNC06-901-14) a 573,28 mg 100 g⁻¹ (linhagem MNC06-908-39), com diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$). Valores próximos ao verificado por Barros (2014) que obteve 396,0; 432,0; 437,0; 506,0 mg 100 g⁻¹, em análises realizadas com as cultivares BRS Milênio, BRS Aracê, BRS Tumucumaque e BRS Xiquexique, respectivamente. Frota, Soares e Arêas (2008) observaram concentração de fósforo de 510 mg 100 g⁻¹, na cultivar BRS Milênio. Avanza et al. (2013) obtiveram concentração de 571 mg 100 g⁻¹, em grãos de feijão-caupi.

A linhagens MNC06-908-39 (573,28 mg 100 g⁻¹) e MNC06-909-55 (550 mg 100 g⁻¹) apresentaram os maior teores de fósforo, sobressaindo-se às cultivares, CB-27 e BRS Itaim e às demais linhagens. A média geral dos genótipos foi 516,37 mg 100 g⁻¹.

Oliveira (2016) obteve valores inferiores ao do presente estudo, com variação de 409,42 a 433,79 mg 100 g⁻¹, entre os genótipos analisados. Assim como, Rios et al., (2018) que obtiveram 414; 450,33; 434; 415,33; 421,33 mg 100 g⁻¹, em análises realizadas com as cultivares BRS Cauamé, BRS Guariba, BRS Xiquexique, BRS Novaera e BRS Itaim, respectivamente. Olalekan e Bosede (2010) obtiveram concentração de 292 79 mg 100 g⁻¹, em grãos de feijão-caupi.

Observa-se que a ingestão diária recomendada de fósforo para adultos saudáveis é de 700 mg/dia (Tabela 16), e tendo em vista que os genótipos fornecem em média 516,37 mg 100 g⁻¹, isso corresponde a 73,8% de adequação à IDR, o que confere aos grãos um alto conteúdo de fósforo. Esse mineral é de grande importância para o organismo, visto que é o principal componente da membrana celular, além de ser responsável pela regulação do metabolismo.

O conteúdo de potássio nos grãos variou de 1061,98 mg 100 g⁻¹ (linhagem MNC06-907-30) a 1203,49 mg 100 g⁻¹ (BRS Itaim), com diferença significativa entre as amostras ($p \leq 0,05$). As linhagens MNC06-895-2, MNC06-909-52, MNC06-909-55, MNC06-909-68 e MNC06-909-76 apresentaram resultados similares às cultivares, BRS Itaim (1203,49 mg 100 g⁻¹) e CB-27 (1194,86 mg 100 g⁻¹) (Tabela 15).

Valores próximos aos obtidos nesse estudo foram encontrados por Pereira (2013), que verificou concentrações de potássio de 1010,55 a 1382,34 mg 100 g⁻¹, em genótipos elite de feijão-caupi. No estudo de Carvalho et al. (2012) a variação foi de 957,00 a 1251 mg 100 g⁻¹, em 30 genótipos de feijão-caupi, analisados. Já Oliveira (2016) verificou em seu estudo teores superiores de potássio, que variaram de 1623,06 a 1762,40 mg 100 g⁻¹. Di Bella et al. (2016) e Olalekan e Bosede (2010) obtiveram concentrações de 1241 mg 100 g⁻¹ e 1000 mg 100 g⁻¹, respectivamente, em grãos de feijão-caupi.

A média geral foi de 1149,08 mg 100 g⁻¹, valor próximo aos obtidos por Carvalho et al. (2012) e Pereira (2013), que foram de 1107,03 mg 100 g⁻¹ e 1217,29 mg 100 g⁻¹, respectivamente.

A ingestão diária recomendada de potássio é de 3510 mg/dia e os genótipos analisados oferecem cerca de 1149,08 mg 100 g⁻¹ (Tabela 16), o que os confere 32,7% de adequação, indicativo de alto conteúdo desse mineral nos grãos. Resultado positivo, visto que o potássio participa da regulação de processos (como na síntese de proteína e glicogênio) e do balanço ácido básico.

No que se refere ao teor de sódio dos grãos, houve variação de 3,52 mg 100 g⁻¹ (linhagem MNC06-909-54) a 5,54 mg 100 g⁻¹ (linhagens MNC06-907-30 e MNC06-907-35), sem diferirem estatisticamente entre si ($p \geq 0,05$). A média geral foi 4,77 mg 100 g⁻¹.

Oliveira (2016) verificou teores de sódio próximos aos desse estudo, ao avaliarem doze genótipos de feijão-caupi, que variaram 4,62 a 6,75 mg 100 g⁻¹. Alzahrani et al. (2016), Di Bella et al. (2016) e Devi; Kushwaha; Kumar (2015)

obtiveram concentrações de 4,51 mg 100 g⁻¹; 5,55 mg 100 g⁻¹ e 5,71 mg 100 g⁻¹, respectivamente, em grãos de feijão-caupi. Enquanto, resultados superiores foram obtidos por Carvalho et al. (2012), com variação de 8,4 a 17,7 mg 100 g⁻¹, em trinta genótipos analisados.

Considerando que a ingestão diária recomendada sódio é de ≤ 2000 mg/dia (Tabela 16), e que os genótipos de feijão-caupi apresentaram média de 4,77, mg 100 g⁻¹ desse mineral, o percentual de adequação de ingestão diária é de 0,2 %, sendo o feijão-caupi caracterizado como não contém esse mineral, visto que o conteúdo absoluto de sódio é < 5 mg/100 g, segundo a RDC nº 54 (BRASIL, 2012). Este resultado é bastante significativo, uma vez que, o alto teor de sódio presente, principalmente, na composição de alimentos processados e ultraprocessados tem causado sérios danos à saúde da população, contribuindo para o aumento da prevalência das doenças cardiovasculares, renais e o aumento da pressão arterial. Logo, deve-se priorizar o consumo de alimento *in natura* ou minimamente processados, como o feijão-caupi.

O conteúdo de ferro variou de 4,50 mg 100 g⁻¹ (linhagem MNC06-901-14) a 6,51 mg 100 g⁻¹ (MNC06-909-68) (Tabela 17). Resultados semelhantes a estes foram verificados por Oliveira (2016), que obteve 4,85 a 5,54 mg 100 g⁻¹, nos genótipos avaliados. Devi, Kushwaha e Kumar (2015) obtiveram concentração de 5,91 mg 100 g⁻¹. Em seu estudo, Rios et al. (2018) obtiveram médias de 5,42; 6,56; 5,27; 4,48 e 5,40 mg 100 g⁻¹, respectivamente, para as cultivares BRS Cauamé; BRS Guariba, BRS Xiquexique, BRS Novaera e BRS Itaim.

Di Bella et al. (2016) e Olalekan e Bosede (2010) obtiveram valores de ferros superiores ao do presente estudo, com concentrações de 7,93 mg 100 g⁻¹ e 8,00 mg 100 g⁻¹, respectivamente, em grãos de feijão-caupi. Carvalho et al. (2012), verificaram teores de ferro de 6,1 a 8,1 mg 100g⁻¹.

Os genótipos não diferiram para o conteúdo de ferro. Resultado esse diferente ao obtido por Rocha et al. (2011b), que encontraram variabilidade para esse mineral, em linhagens de feijão-caupi tipo fradinho. A média geral dos genótipos de ferro foi de 5,76 mg 100 g⁻¹, resultado esse, próximo ao obtida por Oliveira (2016), que foi de 5,13 mg 100 g⁻¹ e superior a média verificada por Pereira (2013), que obteve 4,62 mg 100 g⁻¹.

Tabela 17. Conteúdo de microminerais (ferro, zinco, cobre e manganês) (mg 100 g⁻¹) em 14 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho.

Genótipo	Fe	Zn	Cu	Mn
MNC06-895-1	5,77 ± 0,71 a	3,63 ± 0,29 a	0,54 ± 0,17 a	0,68 ± 0,27 b
MNC06-895-2	6,34 ± 0,79 a	3,41 ± 0,64 b	0,73 ± 0,19 a	0,78 ± 0,15 b
MNC06-901-14	4,50 ± 0,85 a	3,61 ± 0,41 a	0,61 ± 0,22 a	0,83 ± 0,19 b
MNC06-907-29	5,31 ± 0,55 a	3,65 ± 0,21 a	0,63 ± 0,14 a	0,73 ± 0,05 b
MNC06-907-30	5,63 ± 0,84 a	3,38 ± 0,11 b	0,60 ± 0,21 a	0,68 ± 0,09 b
MNC06-907-35	6,17 ± 0,90 a	3,36 ± 0,20 b	0,65 ± 0,15 a	0,70 ± 0,03 b
MNC06-908-39	4,70 ± 0,22 a	3,62 ± 0,30 a	0,64 ± 0,14 a	0,70 ± 0,10 b
MNC06-909-52	5,93 ± 0,75 a	3,44 ± 0,84 b	0,49 ± 0,22 a	0,86 ± 0,20 a
MNC06-909-54	6,44 ± 0,88 a	3,02 ± 0,49 b	0,59 ± 0,16 a	0,95 ± 0,13 a
MNC06-909-55	6,46 ± 0,40 a	3,68 ± 0,95 a	0,68 ± 0,25 a	0,99 ± 0,17 a
MNC06-909-68	6,51 ± 0,83 a	3,24 ± 0,67 b	0,57 ± 0,13 a	1,00 ± 0,16 a
MNC06-909-76	5,55 ± 0,50 a	3,25 ± 0,70 b	0,60 ± 0,11 a	0,98 ± 0,14 a
BRS Itaim ^(C)	5,40 ± 0,95 a	3,66 ± 0,52 a	0,72 ± 0,13 a	1,02 ± 0,10 a
CB-27 ^(C)	5,90 ± 0,45 a	3,77 ± 0,59 a	0,67 ± 0,22 a	0,91 ± 0,16 a
Média geral	5,76	3,49	0,62	0,84
CV(%)	25,4	11,25	22,56	14,41

Médias com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de *Scott- Knott* ($p \leq 0,05$). (C) Cultivar comercial; valores de médias em base seca por mg 100g⁻¹ de feijão-caupi e desvio-padrão.

Quanto à ingestão diária recomendada de ferro, os genótipos analisados apresentaram 41,1% de adequação (Tabela 16), sendo indicativo de alto conteúdo desse mineral, que é essencial nos processos de formação da molécula de hemoglobina.

Os teores de zinco variaram de 3,02 mg 100 g⁻¹ (linhagem MNC06-909-54) a 3,77 mg 100 g⁻¹ (CB-27) e diferiram estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$) (Tabela 17). Resultados semelhantes foram verificados por Barros (2014), que obteve 2,99; 3,24; 3,88; 4,19, respectivamente, para as cultivares BRS Tumucumaque, BRS Xiquexique, BRS Milênio e BRS Aracê. Frota et al. (2010) avaliaram a cultivar BR 3-Tracueteua e obtiveram média de 3,74 mg 100 g⁻¹. Di Bella et al. (2016) obtiveram teor de 3,41 mg 100 g⁻¹.

Oliveira (2016) observou teores de zinco superiores, com variação de 4,24 a 4,84 mg 100 g⁻¹, em genótipos de feijão-caupi. As cultivares analisadas por Rios et al. (2018) revelaram conteúdo de 3,17 a 5,14 mg 100 g⁻¹.

As linhagens MNC06-895-1, MNC06-901-14, MNC06-907-29, MNC06-908-39, MNC06-909-55 apresentaram comportamentos superiores para a concentração de zinco, igualando-se estatisticamente ($p \geq 0,05$) às cultivares CB-27 (3,77 mg 100 g⁻¹) e BRS Itaim (3,66 mg 100 g⁻¹).

Tendo como base, a média de zinco dos genótipos, que foi de 3,49 mg 100 g⁻¹ e considerando que a IDR desse mineral é de 7 mg/dia (Tabela 16), verifica-se que os grãos de feijão-caupi apresentam 49,9% de adequação à ingestão diária, caracterizando-os como detentores de alto conteúdo de zinco. Resultado este, relevante já que segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), as deficiências de ferro e zinco são as formas mais comuns e relevantes de carência de micronutrientes no mundo (FAO, 2004).

Quanto ao conteúdo de cobre, os genótipos apresentaram 0,49 mg 100 g⁻¹ (linhagem MNC06-909-52) a 0,73 mg 100 g⁻¹ (linhagem MNC06-895-2) (Tabela 17). Variação esta, próxima à verificada por Oliveira (2016), que identificou teores de 0,41 a 0,51 mg 100 g⁻¹. Os resultados obtidos por Barros (2014) também são similares, apresentando 0,33 a 0,56 mg 100 g⁻¹. Olalekan e Bosede (2010) obtiveram 0,57 mg 100 g⁻¹, em grãos de feijão-caupi.

Em um estudo com 30 genótipos de feijão-caupi, Carvalho et al. (2012) obtiveram teores de cobre de 2,0 a 2,1 mg 100 g⁻¹, sendo esse resultado quase quatro vezes maior ao verificado no atual estudo.

Os genótipos não diferiram para o conteúdo de cobre. Resultado esse semelhante ao obtido por Oliveira (2016), que também não encontrou variabilidade para esse mineral, em doze genótipos de feijão-caupi.

A média dos genótipos analisados revelou alto conteúdo de cobre, uma vez que os grãos oferecem 68,9% de adequação à ingestão diária recomendada, conforme se verifica na Tabela 16. Esse mineral de grande relevância biológica, já que é constituinte de várias proteínas e enzimas, desempenhando papéis importantes nos processos bioquímicos.

Em relação ao manganês, os grãos analisados apresentaram variação de 0,68 mg 100 g⁻¹ (linhagens MNC06-895-1 e MNC06-907-30) a 1,02 mg 100 g⁻¹ (BRS Itaim, diferindo estatisticamente entre si. A média geral foi de 0,84 mg 100 g⁻¹ (Tabela 17).

As linhagens MNC06-909-52, MNC06-909-54, MNC06-909-55, MNC06-909-68, MNC06-909-76 apresentaram comportamento similar as cultivares BRS Itaim e CB-27, que apresentaram alto teor de manganês.

Alguns estudos mostraram concentrações de manganês superiores ao observado nesta pesquisa. Oliveira (2016) verificou variação de 1,80 a 2,18 mg 100 g⁻¹. Carvalho et al. (2012), observaram teores de 1,7 a 2,4 mg 100 g⁻¹.

Rios et al. (2018) obtiveram teores de manganês de 1,17; 1,54; 2,03; 1,49; 1,25 mg 100 g⁻¹, respectivamente, para os cultivares BRS Cauamé, BRS Guariba, BRS Xiquexique, BRS Novaera e BRS Itaim.

Mesmo apresentando teores inferiores a outros estudos, os genótipos avaliados apresentaram 36,5% de adequação à ingestão diária (Tabela 16). Dessa forma, observa-se que os genótipos apresentaram alto conteúdo de manganês, o que é muito importante, visto que esse mineral é necessário para o metabolismo de macronutrientes, para formação de tecidos e ossos.

A variabilidade dos resultados da literatura e os obtidos no presente trabalho são justificados pelas diferenças no cultivo e manejo e pelas condições edafoclimáticas.

De modo geral, observa-se que a linhagem MNC06-909-55 destacou-se das demais, em relação aos teores de magnésio, fósforo, potássio, ferro, zinco, cobre e manganês. Além de ser capaz de suprir boa parte das necessidades diárias de um adulto sadio (Tabela 18).

Tabela 18. Comparativo da Ingestão Diária Recomendada (IDR) com a oferta de minerais na linhagem MC06-909-55, porcentagem de adequação e classificação quanto à concentração de minerais.

Minerais	IDR (mg/dia)	mg 100 g⁻¹	PA%	Classificação
Cálcio	1000	54,59	5,4	Baixo
Magnésio	260	186,97	71,91	Alto conteúdo
Fósforo	700	550,00	78,57	Alto conteúdo
Potássio	3510	1157,10	32,9	Alto conteúdo
Sódio	≤ 2000	5,08	0,3	Não contém
Ferro	14	6,46	46,14	Alto conteúdo
Zinco	7	3,68	52,57	Alto conteúdo
Cobre	0,9	0,68	75,5	Alto conteúdo
Manganês	2,3	0,99	43,04	Alto conteúdo

PA (%): Percentual de adequação da IDR de um indivíduo adulto sadio.

Os resultados obtidos neste estudo confirmam a qualidade nutritiva e funcional do feijão-caupi e reforçam a necessidade de inseri-lo como parte de um plano alimentar adequado.

6 CONCLUSÕES

Os grãos analisados apresentaram teor de umidade dentro da faixa de normalidade, de acordo com o Regulamento Técnico do Feijão e bons atributos nutricionais relacionados à composição centesimal e minerais, com destaque para as linhagens MNC06-901-14 e MNC06-907-30 (proteínas, cinzas e lipídeos), MNC06-909-55 (magnésio, fósforo, potássio, ferro, zinco, cobre, manganês), MNC06-907-35 (cálcio) e MNC06-909-54 (sódio).

As linhagens de feijão-caupi avaliadas apresentaram baixo teor de lipídios e conteúdo significativo de proteínas e minerais, demonstrando que parte das necessidades diárias de um adulto sadio pode ser suprida com a inserção do feijão-caupi na alimentação. Essas linhagens podem ser inseridas nos programas de cruzamento e auxiliarem na obtenção de cultivares com alta produtividade, qualidade nutricional e culinária.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, S. M. E. **Caracterização físico-química e atividade antioxidante de novas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2010. 44 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar) - Escola Superior Agrária de Bragança, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal, 2010.
- ALZHRANI, H. R., KUMAKLI, H., AMPIAH, E., MEHARI, T., THORNTON, A. J., BABYAK, C. M., & FAKAYODE, S. O. Determination of macro, essential trace elements, toxic heavy metal concentrations, crude oil extracts and ash composition from Saudi Arabian fruits and vegetables having medicinal values. **Arabian Journal of Chemistry**, v.10,n.7,p 906-913, 2016.
- ANJOS, F. D., VAZQUEZ-ANON, M., DIERENFELD, E. S., PARSONS, C. M., & CHIMONYO, M. Chemical composition, amino acid digestibility, and true metabolizable energy of cowpeas as affected by roasting and extrusion processing treatments using the cecectomized rooster assay. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.25, n.1, p.85-94, 2016.
- ANDRADE, F. N. **Avaliação e seleção de linhagens de tegumento e cotilédone verdes para o mercado de feijão-caupi verde**. 2010.110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.
- ANTOVA, G. A., STOILOVA, T. D., & IVANOVA, M. M. Proximate and lipid composition of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) cultivated in Bulgaria. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 33, n.2, 146-152, 2014.
- ARAÚJO, R. et al. Genoytpe x environment interaction effects on the iron content of common beans grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.3, n.4, p.269-274, 2003.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of the AOAC**. 18. ed. Gaithersburg, 2005.
- 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, n.1, p.148-157, 2013.
- BAPTISTA, A., PINHO, O., PINTO, E., CASAL, S., MOTA, C., & FERREIRA, I. M. P. L. V. O. Characterization of protein and fat composition of seeds from common beans (*Phaseolus vulgaris* L.), cowpea (*Vigna unguiculata* L. *Walp*) and bambara groundnuts (*Vigna subterranea* L. *Verdc*) from Mozambique. **Journal of Food Measurement and Characterization**, n.11,v.2,p. 442-450, 2016.
- BARAMPANA, Z.; SIMARD, R. E. Oligosaccharides, antinutritional factors and protein digestibility of dry bean as affected by processing. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 59, n. 4, p. 833-838, 1994.

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 em Alimentos e Nutrição) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2014.

BARROS, N.V.A et al. Effect of cooking on the bioactive compounds and antioxidant activity in grains cowpea cultivars. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5, p. 824-831, 2017.

BEZERRA, A. K. P. et al. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se água de salinidades diferentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 5, p. 1075-1082, 2010.

BURATTO, J. et al. Variabilidade genética e efeito do ambiente para teor de proteína em grãos de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.31, n.4, p.593 597, 2009.

BURATTO, J. S. **Teores de minerais e proteínas em grãos de feijão e estimativas de parâmetros genéticos**. 2012.148 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Lavras, 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em: 09 fev. 2018.

BRASIL. Ministério da saúde. Agência Nacional de Vigilância sanitária. **Resolução – RDC, nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre informação nutricional complementar**. Disponível em: < http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0054_12_11_2012.html.> Acesso em: 18 out. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). 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. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=294660055>>. Acesso em: 10 jan.2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Registro Nacional de Cultivares (RNC). **Vigna unguiculata. 2013**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/php/snc/cultivarweb/cultivares_registradas.php.> Acesso em: 02 fev. 2018.

BRASIL. Portaria nº 527, 30 de dezembro de 1997. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil** Brasília, 1997. Registro Nacional de Cultivares – RNC. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/registros-autorizacoes/registro/registro-nacional-cultivares>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

CARVALHO, A.F.U. et al. Nutritional ranking of 30 Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidante capacity and vitamins. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.26, n.1-2, p.81-88, 2012.

CAVALCANTE, R. B. M. et al. Effect of thermal processing on chemical compositions, bioactive compounds, and antioxidant activities of cowpea cultivars. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 1050 – 1058, 2017.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2.ed. Campinas: Editora UNICAMP, 2003. 207p.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acomp. safra bras. grãos**, v. 5 - Safra 2017/18, n.11 - , Brasília, p. 1-148 ago. 2018.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 5.ed. Barueri: Manole, 2016.

CUNHA, E.M.F. **Composição química e atividade antioxidante de linhagens de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. 2015. 87 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2015.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**.4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DELMONDES, B.L et al. Identifying lines of the black-eyed cowpea having high productivity and quality commercial grain. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5, p. 848-855, 2017.

DEVI, C. B., KUSHWAHA, A., & KUMAR, A. Sprouting characteristics and associated changes in nutritional composition of cowpea (*Vigna unguiculata*). **Journal of Food Science and Technology**, v.52, n.10, p.6821-6827, 2015.

DI BELLA, G., NACCARI, C., BUA, G. D., RASTRELLI, L., LO TURCO, V., POTORTÌ, A. G., & DUGO, G. Mineral composition of some varieties of beans from Mediterranean and Tropical areas. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v.67, n.3, p.239–248, 2016.

DIAS-BARBOSA, C.Z.M.C. **SELEÇÃO DE LINHAGENS ELITE DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) PARA BIOFORTIFICAÇÃO DE FERRO E ZINCO**. 2015. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2015.

ELIN, R.J. Assessment of magnesium status for diagnosis and therapy. **Magnesium Res**, v. 23, n. 4, p.194-198, 2010.

ETCHEVERRY, P.; GRUSAK, M. A.; FLEIGE, L. E. Application of in vitro bioaccessibility and bioavailability methods for calcium, carotenoids, folate, iron, magnesium, polyphenols, zinc, and vitamins B(6), B(12), D, and E. **Frontiers in Physiology**, v. 3, p. 317, 2012.

FAO (2016). FAOSTAT. **Crops. Cow peas, dry**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The state of food insecurity in the world**, Rome: Economic and Social Department, 2004.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

FERREIRA NETO, J. R. C.; ROCHA, M. de M.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, S. M. de S.; LOPES, A. C. de A.; FRANCO, L. J. D. Composição química dos grãos secos em genótipos de feijão-caupi. In: Congresso Nacional de feijão-caupi, 1.; Reunião nacional de feijão-caupi, 6., Tecnologias para o agronegócios: **Anais**. Teresina: Embrapa- Meio Norte, 2006.

FERY, R. L. New opportunities in Vigna. In: Janick, J. Whipkey, A., editors. Trends in New Crops and New Uses. **Alexandria**, VA: ASHS Press. p.424-428, 2002.

FREIRE FILHO, F.R. **Feijão-caupi no Brasil**: Produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84p.

FREIRE FILHO, F. R. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.). **Feijão-caupi**: avanços tecnológicos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

FREY, K. J.; HORNER, T. Comparison of actual and predicted gains in barley selection experiments. **Agronomy Journal**, v. 47, n. 4, p. 186-188, 1955.

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**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 470-476, 2008.

FROTA, K. M. G. et al. Utilização da farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) na elaboração de produtos de panificação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 44-50, 2010.

FROTA, K. M. G. et al. Cowpea protein reduces LDL-cholesterol and apolipoprotein B concentrations, but does not improve biomarkers of inflammation or dysfunction in adults with moderate hypercholesterolemia. **Nutrición Hospitalaria**, v. 31, n. 4, p. 1611-1619, 2015.

GOMES, C.J.; SILVA, C.O. Elaboração e Análises físico-químicas de farinha de feijão. **Revista Ceres**, v.50, n.292, p.687-697, 2003.

GOMES, G. R. **Componentes de produção, rendimento e qualidade nutricional do feijão-vagem arbustivo em sistemas de produção convencional e orgânico**. 2016. 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

GROPPER, S. S.; SMITH, J. L.; GROFF, J. L. **Nutrição Avançada e Metabolismo Humano**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

HALL, A. E. et al. Development of cowpea cultivars and germplasm by the bean/cowpea CRSP. **Field Crops Research**, v.82, n. 2-3, p.103–134, 2003.

HALL, A. E. Breeding for adaptation to drought and heat in cowpea. **European Journal of Agronomy**, v.21, n.4, p.447–454, 2004.

HAMBIDGE, M. Human Zinc Deficiency. **The Journal of Nutrition**, v. 130, n.5, p. 1344-1349, 2000.

IOM - Institute of Medicine. **Dietary reference intakes; the essential guide to nutrient requirements**. Washington: National Academy Press; 2006. Disponível em: <http://www.nap.edu>. Acesso em: 20 jul. 2018.

KALPANADEV, V.; MOHAN, V.R Effect of processing on antinutrients and in vitro protein digestibility on the underutilized legume, *Vigna unguiculata* (L) Walp subsp. *Unguiculata*. **LWT- Food Science and Technology**, v.51, n.2, p. 455-461, 2013.

KAPRAVELOU, G. et al. Improvement of the antioxidant and hypolipidaemic effects of cowpea flours (*Vigna unguiculata*) by fermentation: results of *in vitro* and *in vivo* experiments. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n.6, p. 1207-1216, 2015.

KONGJAIMUN, A. et al. An SSR-based linkage map of yardlong bean (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *Unguiculata Sesquipedalis* Group) and QTL analysis of pod length. **Genome**, v. 55, n.2, p. 81-92, 2012.

LANHAM-NEW, S. A.; LAMBERT, H.; FRASSETO, L. Potassium. **Advances in Nutrition**, v. 3, n. 6, p. 820-821, 2012.

LIEU, P. T. et al. The roles of iron in health and disease. **Molecular Aspects of Medicine**, v. 22, n. 1-2, p. 1-87, 2001.

LIMA, L. K. **Implicações da interação genótipos x ambientes em ensaios de valor de cultivo e uso no Estado de Minas Gerais**. 2013. 120. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

MEDEIROS, J.L. **Caracterização bioquímica e funcional de isolados proteicos e genótipos de excelência de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. 2013. 95 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

MELO, N. Q. C. et al. Chemical characterization of green grain before and after thermal processing in biofortified cowpea cultivars. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5, p. 811-816, 2017.

NEVES, A. C. et al. **Cultivo do feijão-caupi em sistema agrícola familiar**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 15p. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 51).

NUNES, H. F. **Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de genótipos de feijão-caupi do tipo fradinho em cultivos de sequeiro e irrigado.** 2012. 106f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2012.

OLALEKAN , A.J.; BOSEDE, B.F. Comparative study on chemical composition and functional properties of three Nigerian legumes (jack beans, pigeon pea and cowpea). **Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences**, v.1, n. 1, p. 89-95, 2010.

OLIVEIRA, D.S.V.et al. Adaptability and stability of the zinc density in cowpea genotypes through GGE-Biplot method. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 5, p. 783-791, 2017.

OLIVEIRA, O. M. S. et al. Associações genotípicas entre componentes de produção e caracteres agrônômicos em feijão-caupi. **Revista Ciência Agrônômica**, v.44, n.4, 851-857, 2013.

OLIVEIRA, D. S. V. **CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, MINERAIS, TEMPO DE COCÇÃO E PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI.** 2016. 123 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, 2016.

PADOVANI, R. M. et al. Dietary reference intakes: aplicabilidade das tabelas em estudos nutricionais. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 6, p. 741-760, 2006.

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

PEREIRA, E.J. **Estudo da Composição em macronutrientes, Retenção e Bioacessibilidade de Ferro e Zinco em Cultivares de Feijão-Caupi (*Vigna unguiculata* L Wap) em grãos crus e após o cozimento.** Rio de Janeiro. 2014. 115f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

PHILLIPS, R.D. et al. Utilization of cowpeas for human food. **Field Crops Research**, v.82, n.2-3, p.193-213, 2003.

PINHEIRO, E. M. **Caracterização Química, poder antioxidante e efeito do cozimento de genótipos de feijão-caupi.** 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Piauí, Piauí, 2013.

QUINTAES, K. D., DIEZ-GARCIA, R. W. **The importance of minerals in the human diet.** In: GUARDIA, M. & S. GARRIGUES (Eds.), Handbook of Mineral Elements in Food, 2015.

RIOS, M. J. B. L. et al. Chemical, granulometric and technological characteristics of whole flours from commercial cultivars of cowpea. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 217–224, 2018.

ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, K. J. D.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, A. L. H.; FRANCO, L. J. D.; BASSINELO, P. Z.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. **Avaliação dos conteúdos de proteína, ferro e zinco em germoplasma elite de feijão-caupi**. 2008. 4p. Teresina: Embrapa-Meio-Norte. (Embrapa Meio-Norte. Comunicado Técnico, 212).

ROCHA, M. de M.; OLIVEIRA, de J. T. S.; SILVA, K. J. D.; FREIRE FILHO, F. R.; BARROS, F. R.; RODRIGUES, E. V. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi no semiárido piauiense. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 6, Búzios, 2011a, **Anais...**(CD).Búzios: SBMP, 2011a.

ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; FREIRE FILHO, F. R.; FRANCO, L. J. D; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. Avaliação dos teores de ferro, zinco e proteína em linhagens de feijão-caupi da classe comercial Branca, subclasse Fradinho. Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 2011b. 4 p. (EMBRAPA Meio-Norte de Teresina. **Comunicado Técnico**, 226).

ROCHA, M.M et al., Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão-caupi para teores de ferro e zinco nos grãos. In: Reunião de Biofortificação no Brasil, 4, 2011, **Anais...** Embrapa Agroindústria de Alimentos/Meio-Norte, Rio de Janeiro/Teresina, 2011c.

ROCHA, M. de M.; SANTOS, A. M. F.; CARVALHO, H.W.L.de; SILVA,K.J.D. E; FRANCO, L.J.D.; NEVES, A.C. das. Interação genótipo x ambiente e estimativas de parâmetros genéticos em feijão-caupi com altos teores de ferro e zinco no grão. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 7, 2013, **Anais...** Viçosa, MG: SBMP.

ROCHA, M.M. et al., Variabilidade genética de acessos de feijão-caupi para teores de ferro, zinco e proteínas nos grãos. In: Reunião de Biofortificação no Brasil, 4, 2011, **Anais...** Embrapa Agroindústria de Alimentos/Meio-Norte, Rio de Janeiro/Teresina, 2011d.

ROSADO, A. M. et al. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.1, p. 964-971, 2012.

SAMPAIO, J. P. M. **PROPRIEDADES FUNCIONAIS, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE FARINHA INTEGRAL EXTRUSADA DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.

SANTOS, J. A. S. et al. Desempenho agrônomo e divergência genética entre genótipos de feijão-caupi cultivados no ecótono Cerrado/Pantanal. **Bragantia**, v.73, n.4, p.377-382, 2014.

SANTOS, J. F. dos. Produtividade de cultivares de feijão-caupi no Agreste Paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.7, n.4, p.31-36, 2013.

SATHE, S. K. Dry bean protein functionally. **Critical reviews In Biotechnology**, v. 22, n. 2, p. 175-223, 2002.

SHAHIDI, F.; HO, C.T. **Antioxidant measurement and applications**. Washington: American Chemical Society, p.2-7, 2007.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002.

SILVA, S. M. S. et al.. **Composição química de 45 genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 2p (Embrapa Meio-Norte. **Comunicado Técnico**, 149).

SILVA, J.D.L. **Seleção simultânea para desenvolvimento de linhagens de feijão-caupi de porte ereto e do tipo fradinho**. 2014. 73f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2014.

SINGH, B.B. et al. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOKUN, C. A. et al. (Ed.). **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan: IITA. 2002.

SOUZA, A. A. de. et al. **Componentes de produção de linhagens selecionadas de feijão-caupi de porte prostrado e semiprostrado no Norte de Minas Gerais**. Resumo. Recife, PE. 22-24 abril de 2013. 5p.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4ed. Revisada e ampliada. Campinas, SP: UNICAMP, 2011.

TAYLOR, A. Detection and monitoring of disorders of essential trace elements. **Annals of Clinical Biochemistry**, v. 33, n.6, p. 486-510, 1996.

TOGNON, A.L. **Quantificação e avaliação da Bioacessibilidade *in vitro* de micro e macroelementos em frutas, hortaliças e cereais**. 2012. 128f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, 2012.

VASCONCELOS, I. M., MAIA, F. M. M., FARIAS, D. F., CAMPELLO, C. C., CARVALHO, A. F. U., DE AZEVEDO MOREIRA, R., & DE OLIVEIRA, J. T. A. Protein fractions, amino acid composition and antinutritional constituents of high-yielding cowpea cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.23, n.1, p. 54-60, 2010.

VIEIRA et al. Comportamento do feijão-fradinho na primavera-verão na zona da mata de minas gerais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1359-1365, 2000.

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

WORD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Reducing salt intake populations:** report of a WHO forum and technical meeting. Paris, 2006. p. 23.