

MINISTERIO 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

LUIS MICHEL NOLASCO LUGO

COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM GRÃOS

LUIS MICHEL NOLASCO LUGO

**COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM GRÃOS
INTEGRAIS E BROTOS DE LINHAGENS DE FEIJÃO-MUNGO (*Vigna radiata* L.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Linha de Pesquisa: Qualidade de Alimentos.

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

TERESINA

2017

Universidade Federal do Piauí
Serviço de Processamento Técnico
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências da Saúde

L951c Lugo, Luis Michel Nolasco.
Composição físico-química e atividade antioxidante em grãos integrais e brotos de linhagens de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.) / Luis Michel Nolasco Lugo. -- Teresina, 2017.
88 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, 2017.
Orientador: Dr. Kaesel Jackson Damasceno e Silva.
Bibliografia

1. *Vigna radiata*. 2. Feijão-mungo. 3. Broto. I. Título. II. Teresina – Universidade Federal do Piauí.

CDD 613.2

LUIS MICHEL NOLASCO LUGO

**COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM GRÃOS
INTEGRAIS E BROTOS DE LINHAGENS DE FEIJÃO-MUNGO (*Vigna radiata* L.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Aprovado em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

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

Prof^a. Dra. Ana de Fátima Fontenele Urano Carvalho (UFC)
1^a Examinadora

Prof^a. Dra. Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo (DN/PPGAN/UFPI)
2^o Examinadora

*À minha mãe, **Martha Lugo**, que é uma das mulheres mais fortes que conheço e a minhas irmãs (Verónica e Alejandra) e meus irmãos (Carlos e Edward), amo todos vocês.*

Dedico essa vitória a todos vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tudo o que tenho e também pelo que não tenho na minha vida, por sempre ser minha fortaleza, por sempre colocar as situações para ir no caminho que ele tem feito para continuar na luta do dia-a-dia.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Kaesel Jackson Damasceno e Silva, por sua atenção e disponibilidade em todo esse tempo, até para tentar entender meu português na primeira reunião, espero ter melhorado na fala, muito obrigado.

À Prof^a. Dr^a. Regilda Saraiva, por ter sido, um apoio grande na minha formação nesta etapa, sempre com seu carisma em todo momento, obrigado por cada conselho e palavras de ajuda, em cada conversa e nas observações dos meus trabalhos, assim como pelo apoio para comigo na disponibilidade de realizar análises no Laboratório de Bromatologia e Bioquímica de Alimentos da Universidade Federal do Piauí.

À Organização dos Estados Americanos (OEA), Programa de Alianças pela Educação e a Capacitação (PAEC) e Grupo Coimbra de Universidades Brasileiras (GCUB), pela oportunidade em continuar na minha formação profissional e acadêmica.

À Universidade Federal do Piauí e ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN) pelo apoio e oportunidade para a realização do mestrado.

À EMBRAPA Meio-Norte, pelas facilidades para a realização das análises nos laboratórios e pelo fornecimento das linhagens do feijão-mungo.

À Prof^a. Dr^a. Karol Frota, pela ajuda e disponibilidade de seu tempo em apresentar o departamento da Nutrição e ao pessoal, assim como agradeço por ter paciência comigo nos primeiros seminários, obrigado.

Aos Professores do PPGAN/UFPI pela contribuição em minha formação nesta etapa da minha vida, em especial ao Professor Robson e Alessandro.

À Prof^a. Dr^a. Beatriz Gama, Daniela, Patrícia, por sua recepção e apoio em todo momento que precisei quando cheguei à cidade, do qual sempre estarei agradecido, assim como pelo apoio na aprendizagem da língua portuguesa, obrigado.

Aos colegas estrangeiros Laura Botero, Andrés, Signa, MariJo, Mynor, Isabel, Lindsay, pela convivência no Brasil, para que as saudades de México fossem menores.

A mi madre, Martha Lugo, por siempre apoyarme en cada etapa de mi vida y en cada decisión que eh tomado, mismo fuera difícil aceptar al principio, pero siempre su amor de madre hizo que entendiera que tengo que crecer y continuar en la vida, gracias por la educación, los principios que inculcaste en mí para ser la persona que soy, por ser dos personas en una para mi formación y que agradezco a Dios por ser tú mi madre, TE AMO.

A meus irmãos (Carlos, Veronica, Edward e Alejandra), cunhadas (Martha e Janeth), cunhado Alfredo, sobrinhos (Diego, Karla, Pepe, Ximena, Monse, Josafat e Junior) pelo apoio para continuar neste sonho, agradeço por cada mensagem de apoio nas redes sociais para não sentir muitas saudades de vocês, obrigado.

Ao meu namorado Márcio Silva, por estar sempre do meu lado e sempre ter as palavras certas nos momentos que precisei de um amigo para me escutar, obrigado pela paciência, por cada riso e viagem juntos, amo você muito, obrigado.

A meus amigos da UNILEVER, Hugo Cuevas, Adaly, Hilda, Rocio, Salvador, Lídia, Adriana, Adela, Valeria, Raul, Aldo, Javier, Sebastian que são muito importantes nessa etapa de minha vida, por cada conselho e palavras de tentar meu sonho mesmo deixando tudo de lado, OBRIGADO.

Ao meu amigo Luis Miguel, o Venezuelano rrsrsrs, você fez que meu segundo ano fosse mais relaxado, agradeço cada conversa, refeição, bebida e apoio para comigo, você é uma ótima pessoa e que nossa amizade seja para sempre, obrigado.

Ao meu amigo Eduardo o Chileno, que agradeço por ter conhecido por cada festa, conversa, e apoio mútuo em nossa aventura aqui no Brasil.

À Ednelda Machado e sua família, por sua amizade sincera e ajuda em cada momento que precisei, agradeço a Deus por ter conhecido você, obrigado.

Ao meu caro amigo Eduardo Sátiro, muitas histórias juntos que não terminaria de escrever rrsrsrs, não vou esquecer os dias que você foi meu apoio, por me escutar e os conselhos para comigo, agradeço ter conhecido você e desejo que continuemos nossa amizade, muito obrigado.

Aos amigos e colegas da Turma do Mestrado do PPGAN (2015-2017), Vanessa, Ana Cibele, Paulo, Laís, Juliana, Luciane, Ennya pela convivência nas disciplinas, sua compreensão e paciência para comigo e meu portunhol, todos vocês merecem sucesso nas suas vidas.

Aos amigos do Caupi, Jessica, Lunna, Olimpio, Izabel que vivemos cada história juntos, com risos e gargalhadas, na correria para pegar as caronas com vocês, nos momentos das análises, nas tardes cansadas, acordar cedo para

trabalhar juntos, obrigado por sua amizade e apoio sempre, sem vocês minha estadia não tinha acontecido do mesmo jeito, obrigado.

Aos técnicos da EMBRAPA, Sr. Duarte, Antônio, Moreno, Manoel, por sua disponibilidade para me ensinar cada metodologia, seu tempo e ajuda para cumprir com o trabalho da pesquisa, obrigado também as pessoas da limpeza por cada “bom dia” e “boa tarde”, seus cumprimentos e conversas para desabafar das análises e a estadia no laboratório, obrigado.

A todos os funcionários do Departamento da Nutrição, aos quais agradeço pela ajuda para realizar meu trabalho da melhor maneira possível, obrigado.

E a todas as pessoas que conheci durante minha estadia aqui no Brasil que fossem parte de meu dia-a-dia, na universidade, nas viagens, no RU, obrigado por me ensinar a cultura e costumes do estudante brasileiro e da vida brasileira, muito obrigado.

OBRIGADO

*“Cada tic-tac é um segundo da vida
que passa, foge, e não se repete.
E há nele muita intensidade, muito interesse,
que o problema é só sabê-lo viver.
Que cada um o resolva como puder”
(Frida Kahlo)*

RESUMO

LUGO, L. M. N. **COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E COMPOSTOS BIOATIVOS EM GRÃOS INTEGRAIS E BROTOS DE LINHAGENS DE FEIJÃO-MUNGO (*Vigna radiata* L.)**. 2017. 88f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI.

O objetivo deste estudo foi a caracterização físico-química e de compostos bioativos em grãos integrais e brotos de linhagens de feijão-mungo desenvolvidos nas condições agrônomicas no Brasil. De cada linhagem na forma de grão e broto foram obtidas farinhas para as análises. As análises físico-químicas das amostras, incluiu a composição centesimal (umidade, cinzas, lipídios, carboidratos e proteínas), o valor energético total, além das análises do teor de minerais e compostos bioativos. Determinaram-se os compostos bioativos das cinco linhagens com maior valor comercial, sendo analisados, os compostos fenólicos e a atividade antioxidante. Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos como média \pm desvio padrão. Realizou-se a Análise de Variância e as medias foram comparadas com o teste de *Scott-Knott* ($p \leq 0,05$). Em relação à composição centesimal, o conteúdo de umidade nos grãos em base seca foi em média de 6,32%, nos brotos em base úmida foi em média de 85,27%. O conteúdo de proteínas aumentou de maneira estatisticamente significativa, sendo que no grão a média foi de 22,95%, e nos brotos a média foi de 32,90%, no teor de cinzas também foi significativo o aumento de grão (3,55%) para o broto (5,44%), já no teor de lipídios teve diferença significativa no broto e para o teor de carboidratos diminuiu após a germinação. Para o conteúdo de ferro, obteve-se diferença significativa ($p \leq 0,05$) no grão ficou na faixa de 4,75-14,26 mg/100g, e nos brotos ficou 7,49-9,19 mg/100g; enquanto, para o zinco teve diferença significativa ($p \leq 0,05$) depois do processo de germinação; ficando no grão na faixa de 3,11-3,94 mg/100g, no broto foi de 4,59-6,44 mg/100g, o processo de germinação foi significativo no aumento do teor de minerais nas linhagens. Para os compostos bioativos, a linhagem BRA-000027 apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$), com os maiores conteúdos de compostos fenólicos totais no grão (183,65 mg/100g) e no broto (504,74 mg/100g). Para o conteúdo de antocianinas não teve diferença significativa, nas duas formas, destacando-se a linhagem BRA-O84654-2 (0,78 mg/100g) no grão e o BG3 (0,67 mg/100g) como broto. Para a atividade antioxidante, a linhagem que apresentou maior atividade antioxidante no grão foi BG7 (663,96 mg/100g) e nos brotos foi BG3 (1318,05 mg/100g), observou-se que teve diferença significativa ($p \leq 0,05$), na forma de broto em comparação com os grãos. Concluiu-se que após o processo de germinação dos grãos as linhagens aumentaram suas características nutricionais, minerais e funcionais, portanto, recomenda-se o consumo na forma de broto.

Palavras-chave: *Vigna radiata*; Feijão-mungo; Broto; Germinação; “Moyashi”; Antioxidantes.

ABSTRACT

LUGO, L. M. N. 2017. **COMPOSITION PHYSICALCHEMICAL AND BIOACTIVE COMPOUNDS IN WHOLE GRAINS AND SPROUTS OF LINEAGES OF MUNG BEAN (*Vigna radate*)**. 88f. Thesis (Master) - Master's Programme in Food and Nutrition, Federal University of Piauí, Teresina, PI.

The objective of this study was to make the physico-chemical and bioactive compounds characterization in whole grains and sprouts, of mung bean lineages developed in agronomic conditions in Brazil. Of each one line in the form of grain and sprouts was obtained flour for the analyses. It was analyzed the physico-chemical composition of the samples, which included the proximate composition (moisture, ash, lipids, carbohydrates and protein), the Total Energy Value, in addition to the analysis of the mineral content and bioactive compounds. Determined if the bioactive compounds only of the five lineages with greater commercial value, being phenolic compounds and antioxidant activity. All analyses were performed in triplicate and the results expressed as mean \pm standard deviation. It was held a Variance Analysis and the averages were compared with *Scott-Knott* test ($p \leq 0.05$). In relation to the proximate composition, moisture content of the whole grain on a dry basic was on average of 6.32%, sprouts in wet-based was on average of 85.27%. The protein content increase significantly ($p \leq 0.05$), for the average grain was 22.95%, as sprout the average was 32.90%, the ash content was also significant increase in grain (3.55%) to the sprout (5.44%), the lipids content had a significant difference in the sprout, and to the carbohydrates content decreased after germination. For the content of iron, significant difference ($p \leq 0.05$) was obtained in grain was on the range of 4.75-14.26 mg/100g, and sprouts was 7.49-9.19 mg/100g; while, for zinc had significant difference ($p \leq 0.05$) after the germination process; staying at the grain in the range of 3.11-3.94 mg/100g, in the sprout was 4.59-6.44 mg/100g, the process germination was significant in the increase of the mineral content in the lineages. For the bioactive compounds, the lineage BRA-000027 demonstrated significant difference ($p \leq 0.05$), with the highest content of phenolic compounds in grains (183.65 mg/100g) and sprouts (504.74 mg/100g). For the content of anthocyanins had not significant difference in the two forms, highlighting the lineage BRA-O84654-2 (0.78 mg/100g) in the grains and BG3 (0.67 mg/100g) as sprouts. For antioxidant activity, the lineage that showed the highest activity in the grain was BG7 (663.96 mg/100g) and there sprouts was BG3 (1318.05 mg/100g), it was observed that there was significant difference ($p \leq 0.05$) in the form of sprouts in comparison with the grain. It was concluded that after the process of germination of grains lineages increased their nutritional characteristics, minerals and functional, therefore, it is recommended to intake it on the form of sprouts.

Keywords: *Vigna radiata*; Mung bean; Sprouts; Germination; Moyashi; Antioxidants.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

1 – Feijão-mungo (<i>Vigna radiata</i> L.).....	21
2 – Esquema de determinação dos índices morfológicas de broto de feijão-mungo.....	32
3 – Fluxograma para obtenção das farinhas de grãos de feijão-mungo.....	37
4 – Fluxograma da produção de brotos de feijão-mungo.....	38

FOTOS

1 – Grãos de feijão-mungo (<i>Vigna radiata</i>).....	37
2 – Cartucho para moagem.....	37
3 – Moinho de bolas de zircônia.....	37
4 – Farinha de grão integral.....	37
5 – Grãos de feijão-mungo (<i>Vigna radiata</i> L.).....	38
6 – Grãos de feijão-mungo depois do tempo de embebição.....	38
7 – Grãos de feijão-mungo nas bandejas.....	38
8 – Câmara de germinação.....	38
9 – Brotos de feijão-mungo.....	38
10 – Brotos de feijão-mungo.....	38
11 – Farinha de brotos de feijão-mungo.....	38

QUADRO

1 – Comparação do feijão-mungo, feijão-caupi, feijão-comum e feijão-fava, dados em base de 100 gramas de grãos.....	22
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

1 – Linhagens avaliadas de feijão-mungo (<i>Vigna radiata</i> L.).....	35
2 – Composição centesimal de grãos integrais e brotos “moyashi” de feijão-mungo (<i>Vigna radiata</i> L.).....	47
3 – Conteúdo de Valor Energético Total (VET) em grãos integrais e brotos “moyashi” de feijão-mungo (<i>Vigna radiata</i> L.).....	55
4 – Conteúdo de microminerais em grãos integrais e brotos “moyashi” de feijão-mungo (<i>Vigna radiata</i> L.).....	58
5 – Conteúdo de macrominerais em grãos integrais e brotos “moyashi” de feijão-mungo (<i>Vigna radiata</i> L.).....	61
6 - Conteúdo mineral das farinhas de grãos integral e brotos de feijão-mungo e porcentagem de adequação a Ingestão Dietética de Referência – DRI.....	65
7 – Conteúdo de compostos fenólicos totais em grãos integrais e brotos “moyashi” de feijão-mungo (<i>Vigna radiata</i> L.).....	66
8 – Conteúdo de flavonoides totais em grãos integrais e brotos “moyashi” de feijão-mungo (<i>Vigna radiata</i> L.).....	68
9 – Conteúdo de flavanois em grãos integrais e brotos “moyashi” de feijão-mungo (<i>Vigna radiata</i> L.).....	69
10 – Conteúdo de antocianinas em grãos integrais e brotos “moyashi” de feijão-mungo (<i>Vigna radiata</i> L.).....	70
11 – Atividade antioxidante de grãos integrais e brotos “moyashi” de feijão-mungo (<i>Vigna radiata</i> L.).....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABTS	2,2' – azinobis (3 – etilbenzotiazolina – 6 – ácido sulfônico)
AlCl ₃	Cloreto de Alumínio
CAA	Capacidade de Absorção de Água
CAET	Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox
CAG	Capacidade de Absorção de Gordura
CAET	Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox
CE	Equivalentes de Catequina
CV	Coefficiente de Variação
DPPH	1,1-difenil-2-picrilidrazil
EAG	Equivalentes de Ácido Gálico
EQ	Equivalentes de Quercetina
IAE	Índice de Atividade de Emulsificação
SAMA	Solução Ácida de Molibdato de Amônia
SISVAR	Sistema de Análise de Variância
TROLOX	6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico
VCU	Valor de Cultivo e Uso
VET	Valor Energético Total

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 FEIJÃO MUNGO	20
2.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL	22
2.3 COMPOSTOS MINERAIS.....	24
2.4 COMPOSTOS BIOATIVOS	26
2.5 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS.....	27
2.6 FLAVONOIDES TOTAIS.....	28
2.7 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	29
2.8 INFLUÊNCIA DA GERMINAÇÃO NO FEIJÃO-MUNGO.....	30
3. OBJETIVOS	34
3.1 GERAL	34
3.2 ESPECIFICOS	34
4. METODOLOGIA	35
4.1 LOCAL E PERÍODO DO ESTUDO	35
4.2 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS	35
4.3 PREPARO DAS AMOSTRAS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	35
4.3.1 Farinha de grão integral	36
4.3.2 Farinha de broto de feijão-mungo	36
4.4 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL	39
4.4.1 Umidade	39
4.4.2 Lipídios totais	39
4.4.3 Cinzas	39
4.4.4 Proteínas	40
4.4.5 Carboidratos totais	40
4.4.6 Valor energético total	41
4.5 TEOR DE MINERAIS	41
4.5.1 Preparação da amostra	41
4.5.2 Determinação de Ferro (Fe), Zinco (Zn) Manganês (Mn) e Cobre (Cu)	41
4.5.3 Determinação de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)	42
4.5.4 Determinação de Fósforo (P)	42

4.5.5	Determinação de Sódio (Na) e Potássio (K).	43
4.6	COMPOSTOS BIOATIVOS	43
4.6.1	Elaboração dos extratos	43
4.6.2	Compostos fenólicos totais	44
4.6.3	Flavonoides totais	44
4.6.4	Antocianinas totais	45
4.6.5	Flavanóis totais	45
4.7	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	46
4.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA	46
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL	47
5.2	CONTEÚDO DE MINERAIS	56
5.3	COMPOSTOS BIOATIVOS	65
5.3.1	Compostos fenólicos totais	65
5.3.2	Flavonoides totais	67
5.3.3	Flavanois	69
5.3.4	Antocianinas	70
5.4	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	71
6.	CONCLUSÕES	75
	REFERÊNCIAS	76
	APÊNDICES	84

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão com produção média anual de 3,1 milhões de toneladas em 2015 e de 2,6 milhões de toneladas em 2016. Neste último ano a produção nacional de feijão apresentou uma redução de 2,1% em comparação a de 2015, já que foi gravemente afetada pelas condições climáticas desfavoráveis que ocorreram ao longo de 2016, sendo a região Nordeste a mais atingida (IBGE, 2016). Entretanto as culturas com maior produção no Brasil, e que teve maior produção na safra 2015-2016 foi o feijão-carioca com 1.687,2 mil toneladas, seguido pelo feijão-preto com uma produção de 465,8 mil toneladas e o terceiro é o feijão caupi com produção de 362,3 mil toneladas (CONAB, 2016). Enquanto o feijão-mungo (*Vigna radiata* L.) é outro tipo de feijão que está ganhando importância nacional, especialmente no que diz respeito à produção visando à comercialização deste no exterior para a produção de broto “moyashi”. Minas Gerais é um dos locais onde a cultura está sendo produzida e avaliando o rendimento dos grãos em diferentes épocas do ano (Viera *et al.*, 2011).

Atualmente, os grãos de feijão-mungo são produzidos e comercializados na China, Myanmar, Índia, Coreia, Paquistão, Japão, Tailândia e em outras partes do sudeste da Ásia (ZHANG *et al.*, 2013). No Brasil, sua produção ainda é incipiente, mas o aumento da demanda por exportação para os países asiáticos, nos últimos anos, tem proporcionado maior interesse de produtores empresariais por esta espécie. Além da exportação, a busca por feijão germinado ou broto-de-feijão, também conhecido como “moyashi”, vem aumentando com o tempo, devido à qualidade nutricional desta leguminosa. A germinação do grão é um dos processos mais antigos, simples e econômicos que ajuda no melhoramento da qualidade nutricional dos grãos e esse produto pode ser consumido em qualquer período do ano (MACHADO *et al.*, 2009; VIEIRA *et al.*, 2011; PAJĄK *et al.*, 2014).

O feijão-mungo desenvolve-se bem em climas tropicais e subtropicais, além disso, tem um ciclo de crescimento muito rápido (70 a 110 dias) o qual varia de acordo com o genótipo e, também pelas condições climáticas (TANG *et al.*, 2014a). As condições edafoclimáticas do Brasil propiciam um bom desenvolvimento desta cultura. Os grãos são pequenos (<0,8 mm), o qual o diferencia de outras leguminosas e essa característica no mercado é valorizada nos grãos com tamanho acima de 0,4 mm (LAMBRIDES; GODWIN, 2007).

Do ponto de vista nutricional, o feijão-mungo pode fornecer até 27% de proteínas e um bom conteúdo de aminoácidos essenciais. Em comparação à soja, o feijão-mungo tem 16 aminoácidos dos quais 8 aminoácidos são essenciais para os adultos, mais 2 aminoácidos que são essenciais nas crianças contra os 11 tipos de aminoácidos que fornece o grão da soja. Entre esses aminoácidos destacam-se histidina, arginina, valina, tirosina, metionina, cisteína, isoleucina, leucina, fenilalanina e lisina (ALI *et al.*, 2015; PAL *et al.*, 2010). Ademais, os grãos são ricos em carboidratos (62,62%), fibra alimentar (16,3%) e contribui com valor energético de 347 kcal em 100 g de grão (USDA, 2015). Esta leguminosa é de fácil digestão já que ajuda na regulação do desconforto gastrointestinal pela redução na geração de gases indesejáveis e tem menor quantidade de componentes antinutricionais, por isso seu consumo é preferível para crianças e pessoas convalescentes (IMTIAZ *et al.*, 2011; TANG *et al.*, 2014b).

No que concerne ao ácido fítico, este tem sido reconhecido como um fator antinutricional visto que pode reduzir a biodisponibilidade de ferro, zinco e outros micronutrientes. Porém, traz benefícios relacionados à sua atividade antioxidante, tais como, propriedades anticancerígenas, redução ou inibição da formação do cálculo renal, além de importante papel em alguns processos fisiológicos (NAIR *et al.*, 2013).

Felizmente existem processos que podem minimizar as características antinutricionais dessa leguminosa. Mubarak (2005), ao avaliar a composição nutricional e fatores antinutricionais de grãos de feijão-mungo, observou-se que os níveis de atividade inibidora de tripsina e hemaglutinina foram significativamente reduzidos em processos de germinação e eliminados quando submetido à cocção, assim como os níveis de taninos e ácido fítico foram significativamente reduzidos em processos de germinação e cocção.

Além disso, o feijão-mungo tem uma moderada atividade antioxidante e teor de compostos fenólicos, comparado com a soja, conforme demonstrado num estudo de categorização das sementes selecionadas por sua importância no consumo alimentar na região da Índia (MARATHE *et al.*, 2011). Sendo os compostos fenólicos, especificamente os flavonoides, são predominantes nesse feijão, com destaque para a vitexina e isovitexina (YANG *et al.*, 2011; KIM *et al.*, 2013; LUO *et al.*, 2016). A presença desses compostos tem uma boa correlação com atividade antioxidante nas leguminosas, entretanto outras

substâncias como ácido ascórbico, ácido fítico, tocoferóis, carotenoides e saponinas em conjunto também contribuem para a sua atividade antioxidante (LEE *et al.*, 2011).

A maioria das pesquisas no país tem avaliado o comportamento de linhagens quanto às características fenológicas e agronômicas, assim como tem estabelecido diferentes fluxogramas para este tipo de feijão (ARAUJO *et al.*, 2011; VIEIRA *et al.*, 2011; LIN S.; ALVES A. 2002; VIEIRA *et al.*, 2002). Portanto, considerando as propriedades nutricionais do feijão-mungo, averiguadas em outras partes do mundo, é importante estudar as características dessa leguminosa cultivada nas condições climáticas do Brasil em sua composição química e atividade antioxidante, para o lançamento de um cultivar e posterior comercialização no exterior.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FEIJÃO MUNGO

O gênero *Vigna* pode ser dividido em diferentes subgêneros, isso vai depender muitas vezes da região de origem, existindo seis até agora; da África são *Vigna*, *Haydonia*, *Plectotropis*, da Ásia é *Ceratotropis* e por último da América são conhecidos os *Sigmoidotropis* e *Lasiopron*. Os subgêneros *Vigna* e *Ceratotropis* contêm importantes leguminosas graníferas, destaca-se economicamente em alguns países do continente Asiático a espécie gênero *Vigna radiata* (DAHMER *et al.*, 2008). O feijão-mungo, que está classificado dentro do subgênero *Ceratotropis*, é uma importante fonte de proteína, e do qual tem sido desenvolvidas diferentes variedades de feijão-mungo na China. O feijão-mungo tem origem na China, e é por isso que tem muitas variedades desenvolvidas naquele país, nas quais o principal objetivo foi avaliar a quantidade de proteína que está presente nos grãos (Li *et al.*, 2010). A maior aceitação de feijão-mungo é prejudicada pela presença de taninos, ácidos fílicos e outros fatores antinutricionais. Os taninos podem precipitar as proteínas e apresentar um efeito inibitório na absorção dos minerais no corpo humano, diminuindo assim a biodisponibilidade e a qualidade nutricional dos alimentos nos quais eles estão presentes. No entanto o teor destes fatores antinutricionais diminui depois do processo de cocção dos grãos com uma temperatura acima de 50 °C (MUBARAK, 2005; REHMAN, 2007). Entretanto o feijão-mungo tem sido avaliado com valores baixos de inibidor de tripsina, portanto a tripsina influencia negativamente na atividade proteolítica das enzimas e em alguns processos digestivos. Além disso, os taninos presentes no grão têm a possibilidade de retardar o crescimento por diminuir a atividade de digestão de carboidratos e proteínas, mas também, os taninos têm sua importância pelo fato de contribuir na atividade antioxidante dos grãos, sendo estudados em casca, grão integral e cotilédone (NAIR *et al.*, 2013; LUO *et al.*, 2016).

Esta importante leguminosa é cultivada, principalmente, na Ásia, destacando-se a Índia como o maior produtor mundial, sendo muito comum na China há mais de 2.000 anos (TANG *et al.*, 2014b). É uma planta anual, de porte ereto ou semiereto, de florescimento indeterminado, podendo durar algumas semanas. Os grãos são pequenos, de coloração verde, amarela, preta ou marrom (Figura 1) (FERY, 2002; LAMBRIDES; GODWIN, 2007). A

temperatura mínima média para o desenvolvimento dessa leguminosa é de 20-22°C e a ótima, de 28-30°C. A altura das plantas varia com o clima: em torno de 60 cm, quando as temperaturas são amenas, podendo chegar a 95 cm quando não há limitação de umidade no solo.



Figura 1—Feijão-mungo (*Vigna radiata*).

Fonte: Arquivo pessoal.

No Brasil, o feijão-mungo tem sido importante em diversos estudos agronômicos realizados por Lin (1999); Araujo *et al.* (2011); Lin e Alves, (2002); já que esta leguminosa é consumida, principalmente, como broto-de-feijão, com rendimento de 2.000 kg ha⁻¹(VIEIRA *et al.*, 2002) a 2.600 kg ha⁻¹ (VIEIRA *et al.*, 2003). É cultivado em um total de seis milhões de hectares no mundo, o que representa 8,5% da área total cultivada. A produção é maior no Sul e Sudoeste da Ásia com uma produção de três milhões de toneladas de grão, o que representa 50% da produção mundial de feijão-mungo (NAIR *et al.*, 2013). Na China a produção do feijão-mungo foi de 0,69 milhões de toneladas em 2014, de acordo com o Ministério de Agricultura da China (Li *et al.*, 2016). As vagens, de coloração marrom escura, geralmente têm em torno de 7,5 cm de comprimento e entre 5,0 e 5,4 mm de largura, e concentram-se na parte superior da planta. É suscetível ao míldio-pulverulento (*Erysiphe polygoni*) e à mancha-foliar-de-cercospora (*Cercospora canescens*) (VIEIRA *et al.*, 2002).

2.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

O feijão-mungo-verde (*Vigna radiata* L.) é comumente conhecido na Ásia como mungo verde. Outros nomes são grão ouro, moong, grão oregon, grão chickasono, grão chiroko e feijão-mungo (NAIR *et al.*, 2013). Ele pode ser consumido sob diferentes formas, tais como grãos secos cozidos, sopas, saladas, produtos de panificação, pasta de feijão bem como em diferentes combinações com vegetais e carnes (LIU *et al.*, 2015; YU-WEI; WANG, 2015).

Trata-se de uma importante leguminosa com elevado valor nutritivo cujo conteúdo de proteínas está entre 24 a 28%; sendo que a globulina e albumina são as mais importantes no feijão-mungo (TANG *et al.* 2014b; LIU *et al.*, 2015). Além disso, essa espécie apresenta um importante conteúdo de aminoácidos, o que a torna um alimento de elevado valor nutricional (WONGSIRI *et al.*, 2015). Dahiya *et al.* (2013) obtiveram elevado conteúdo de proteínas em sementes de feijão-mungo cru, embora isso não seja um indicativo de qualidade da proteína, pois o teor proteico depende das condições ambientais durante sua germinação e crescimento na planta e do cultivar, é um teor proteico importante. O Quadro 1 apresenta uma comparação da composição centesimal dos tipos de feijões mais consumidos no Brasil com aquela do feijão-mungo.

Quadro 1. Comparação do feijão-mungo, feijão-caupi, feijão-comum e feijão-fava, dados em base de 100 gramas de grãos. Fonte: USDA, 2015.

Nutrientes	Unidades	Feijão-mungo (<i>Vigna radiata</i> L.)	Feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> L.)	Feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Feijão-fava (<i>Phaseolus lunatus</i> L.)
Valor energético	Kcal	347	336	336	338
Proteínas	G	23,86	23,52	23,52	21,46
Lipídios	G	1,15	1,26	1,26	0,69
Carboidratos	g	62,62	60,03	60,03	63,38
Fibras alimentares	g	16,3	10,6	10,6	19,0

A globulina 8S ou vicilina é a principal proteína presente no feijão-mungo e estima-se que ela corresponda a 89% do total de globulinas nessa leguminosa. Essa proteína contribui para as várias propriedades funcionais do feijão-mungo, tais como: solubilidade, formação de espuma e propriedade emulsificante (TANG *et al.*, 2014b; LIU *et al.*, 2015).

Liu *et al.* (2015) ao avaliar a proteína isolada 8S ou vicilina do feijão-mungo, observaram que sua solubilidade e estabilidade de emulsão foram maiores que as da proteína isolada 7S de soja enquanto que o índice de atividade de emulsificação (EAI) foi menor. Além disso, também foi observada uma correlação negativa forte entre a capacidade de absorção de água (CAA) e a capacidade de absorção de gordura (CAG), e uma correlação positiva entre capacidade de formação de espuma e estabilidade de espuma. A CAA e CAG representam a habilidade da proteína para misturar água com óleo, a qual é útil em alimentos como molhos e laticínios melhorando a textura e promovendo retenção de sabor.

Estas propriedades são influenciadas pelas diferenças na composição e estrutura das proteínas, em pH 7 assim como pelas condições nas quais o feijão-mungo é cultivado, o que explica as diferenças significativas entre as cultivares de feijão-mungo avaliadas por Liu *et al.* (2015). Esses resultados são similares aos descritos por Dzudie e Hardy (1996) e por Li *et al.* (2010) que também observaram boas propriedades funcionais do feijão-mungo. Este feijão pode ser usado para fornecer diferentes tipos de produtos para o consumo como doces, produtos salgados e “snacks” na região da Índia e tem relação com a biodisponibilidade dos compostos minerais, conteúdo de proteínas e compostos fenólicos (DAHIYA *et al.*, 2014).

De acordo com Zhang *et al.* (2013), a quantidade de gordura total em feijão-mungo é relativamente baixa, variando entre 0,32 e 0,75 g/100g, sendo o ácido linoleico o ácido graxo em maior quantidade, e cujo teor variou de 36,17 a 41,01 g/100g do total de ácidos graxos. Outros ácidos graxos encontrados nesta leguminosa são os ácidos palmítico, α -linoleico e oleico (PAL *et al.*, 2010).

O amido é o principal componente em feijão-mungo, portanto desse modo desempenha uma importante fonte energética relevante para sua qualidade. Destaca-se que o conteúdo de amilose, uma fração do amido, é maior no feijão-mungo que em outras leguminosas. Ademais, a quantidade dessa fração também varia entre as cultivares. Em um estudo de Li *et al.* (2011) que avaliou dez cultivares de feijão-mungo foram verificadas diferenças significativas no conteúdo de amido nas diferentes variedades, o que influenciou

no conteúdo de amilose. Esse fato lhe confere a praticidade de poder ser usado em diferentes tipos de alimentos, já que o conteúdo de amido é uma característica reológica importante, para que um ingrediente seja bom na fabricação de pastas, purês e pão. No feijão-mungo, o tamanho de partícula do amido varia de 5 a 40 μm , esse tamanho é bom já que incrementa a capacidade de absorção de água, se a farinha do feijão-mungo fosse um ingrediente na preparação de pastas (LI *et al.*, 2011; TANG *et al.*, 2014b)

Imtiaz *et al.* (2011) desenvolveram produtos comestíveis dirigidos para a população de Bangladesh, especificamente crianças com deficiência nutricional. Foram testadas cinco formulações com ingredientes de leite integral em pó, sacarose, broto em pó de feijão-mungo e trigo. As formulações apresentaram as seguintes proporções de broto em pó de feijão-mungo e trigo, respectivamente: F1(12:68), F2 (24:56), F3 (36:44), F4 (48:32) e F5 (60:20). A composição centesimal mostrou uma média nas formulações em teor de umidade (5,12 a 5,26 %), proteínas (17,32 a 28,62 %), cinzas (2,16 a 3,14 %) fibras alimentares (1,32 a 1,86 %) e teor de carboidratos (60,24 a 69,56 %), nas cinco formulações o teor de proteína está acima da faixa recomendada (10 a 12%) em formulação de alimentos pela Organização Mundial da Saúde WHO (1985), o qual corrobora que a farinha de broto de feijão-mungo, esteja em maior proporção na formulação o aporte no teor de proteínas aumenta também. O valor de energético foi de 376,60 a 377,82 kcal/100 g em base seca. A F3 (44 % trigo, 36 % feijão-mungo, 10 % leite integral em pó e 10 % sacarose) foi a formulação de melhor aceitação pela população com nota de aceitação de 7,45, sendo uma opção para atender às necessidades nutricionais na região de Bangladesh.

2.3 COMPOSTOS MINERAIS

A deficiência de micronutrientes afeta quase a metade da população mundial, em especial mulheres, crianças e adolescentes. A deficiência de ferro é a mais importante entre os micronutrientes, uma vez que em países em desenvolvimento é baixa sua ingestão diária, cuja recomendação é de 60 $\text{mg}\cdot\text{dia}^{-1}$ para mulheres. O feijão-mungo é uma opção de alimento nutritivo para a população já que contém minerais como Fe, Ca, Zn, Cu, Mn, Se, Na, K e P (NAIR *et al.*, 2015). O feijão-mungo fornece uma quantidade significativa de 35 a 87 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de ferro na dieta diária de população em países em desenvolvimento (NAIR *et al.*, 2013).

De acordo com Nair *et al.* (2015) observa-se que a biodisponibilidade de ferro em sementes de feijão-mungo é influenciada pelas condições ambientais durante o período de cultivo. Observa-se, também, que não houve correlação significativa entre tamanho da semente e conteúdo de micronutrientes. Variabilidade para conteúdo de minerais em feijão-mungo foi também verificada por Dahiya *et al.* (2013).

O teor de minerais foi avaliado em diferentes tipos de produtos consumidos na Índia, tendo como ingrediente principal o feijão-mungo, tais como: “dhals” (purê), doces, “snacks”, e outros tipos de produtos (broto “moyashi”); mostraram que os quatro tipos de alimentos, apresentam variabilidade nos teores de minerais, sendo para o ferro de 1,7 a 7,2%, zinco de 1,4 a 9,2%, e cálcio de 1,1 a 7,1%. Contribuem nessas quantidades aos valores diários de referência pela Sociedade de Nutrição da Índia. Isso foi atribuído ao tipo de processo de cocção e aos diferentes tipos de ingredientes em cada produto, visto que existem variações na quantidade de condimentos, tomate, cebola etc., portanto, há uma variabilidade importante no teor de ferro e zinco (DAHIYA *et al.*, 2014).

O teor de minerais em grãos de feijão-mungo diminui com os processos de cocção, sendo que menores perdas ocorrem, quando o processo de cocção é realizado em panela de pressão, para os elementos Na, Mg e Fe, em comparação com o teor de minerais em grão cru. Além de isso, quando a semente entra no processo de germinação o teor de compostos minerais aumenta (MUBARAK, 2005).

O ácido fítico é considerado um indicador para biodisponibilidade dos minerais presentes no feijão-mungo, sendo importante a determinação da quantidade deste composto em relação com ferro e zinco. O ácido fítico é um composto que influencia juntamente com os compostos fenólicos na atividade antioxidante. Os polifenóis presentes nas leguminosas, incluindo ácidos fenólicos, flavonoides e produtos de polimerização, formam complexos insolúveis com ferro e isso pode inibir a absorção de ferro no sangue (NAIR *et al.*, 2013). Outros polifenóis como a quercetina pode aumentar a biodisponibilidade de ferro, assim a biodisponibilidade dos minerais é dependente dos compostos como ácido fítico e polifenóis presentes em feijão-mungo (NAIR *et al.*, 2015).

O selênio (Se) é um micronutriente essencial para humanos e animais, tem uma participação importante nos processos metabólicos e fisiológicos do sistema celular. Nas plantas é um fator importante no ciclo natural delas. Há dois tipos de selênio, sendo o

orgânico e o inorgânico. Geralmente os compostos orgânicos de selênio são mais biodisponíveis que os inorgânicos (TIE *et al.*, 2016). Produção de brotos de feijão-mungo fortificados com selênio para melhorar a qualidade e consumo deste tipo de alimento na população foi proposta por Tie *et al.* (2016), onde observaram que os brotos de feijão-mungo fortificados com selênio mostraram um incremento do conteúdo de selênio em comparação com os que não foram submetidos na concentração de selênio no processo prévio de germinação. Além disso, eles observaram que a fração de selênio solúvel é mais facilmente absorvida em meio ácido, tendo como referência que o ácido gástrico no corpo humano é importante para o desdobramento dos alimentos durante o processo digestivo, assim os nutrientes sejam mais fáceis absorvidos pelo ser humano.

2.4 COMPOSTOS BIOATIVOS

A presença de vários compostos bioativos em feijão-mungo confere muitas e diversas atividades biológicas, tais como: efeitos antidiabéticos, efeito hepatoprotetor, poder antioxidante, além de propriedades contra o câncer e doenças inflamatórias (ALI *et al.*, 2015). Esses autores realizaram uma avaliação da qualidade dos compostos presentes e compararam o feijão-mungo à soja, a partir do processo de fermentação dos grãos com *Rhizopus* sp., em que compararam as sementes normais e as sementes submetidas ao processo de fermentação. O feijão-mungo fermentado apresentou melhores resultados em aminoácidos livres, polifenóis e boa atividade citotóxica.

Os fenólicos são parte dos compostos bioativos que contêm um ou mais anéis aromáticos com um ou mais grupos hidroxila. Os compostos fenólicos são pigmentos amplamente difundidos, sendo consumidos pela população em sua alimentação, como leguminosas, frutas e hortaliças e têm relação com atividades antioxidantes e anti-inflamatórias (KIM *et al.*, 2013). Os ácidos fenólicos representam a forma mais comum de compostos fenólicos e constituem um dos principais e mais complexos grupos de fitoquímicos no grão (MATTILA *et al.*, 2005). Esses ácidos estão presentes principalmente nas formas ligadas, vinculados aos componentes estruturais da parede celular tais como celulose, lignina e proteínas por meio de uniões de tipo éster (PARKER *et al.*, 2005). Os compostos fenólicos unidos têm maior capacidade antioxidante, já que podem escapar da digestão

gastrointestinal superior junto com materiais da parede celular e são absorvidos durante a digestão pela microbiota intestinal, adentrando o sangue (ADOM *et al.*, 2002).

A partir de estudos realizados com 53 variedades de feijão-mungo foi observado que os compostos fenólicos predominantes nesta variedade são flavonoides e ácidos fenólicos (KIM *et al.*, 2013). Foram observadas também grandes quantidades desses compostos nas diferentes variedades estudadas, portanto, o feijão-mungo é um alimento com alta qualidade e com potencial poder antioxidante pela presença de diferentes tipos de compostos bioativos nos grãos (ZHANG *et al.*, 2013).

De acordo com Marathe *et al.* (2011), em um estudo comparativo de diferentes leguminosas na região da Índia, incluindo o feijão-mungo, as leguminosas foram divididas em três grupos de acordo com o conteúdo de fenólicos nos grãos. Foi encontrado em feijão-mungo um teor moderado de fenólicos (1,834 mg GAE/g), atividade antioxidante moderada em testes de DPPH (>125 e <400 unidades/g de grão) e ABTS (6.0 – 12.0 $\mu\text{mol TEAC/g}$), esses valores são maiores que os descritos para lentilha, mas são menores que os observados para soja, que foi a leguminosa que apresentou melhores conteúdos de fenólicos e atividade antioxidante neste estudo.

Portanto, de acordo com a quantidade e a qualidade dos compostos bioativos que estão presentes no feijão-mungo, este tipo de feijão pode ser um ingrediente fonte para o desenvolvimento de alimentos funcionais ou de ingredientes nutracêuticos para o controle da glicemia, ação anti-inflamatória, assim como também é uma alternativa para dirimir as complicações que podem ser apresentadas por pessoas diabéticas (YAO *et al.*, 2013, ZHANG *et al.*, 2013).

2.5 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

Os fenólicos são produtos do metabolismo secundário das plantas, já que esse metabolismo acontece durante o crescimento e reprodução das plantas. Além disso, podem ser produzidos em condições de estresse como, infecções, ferimentos, dentre outros, durante o desenvolvimento de frutas, hortaliças e leguminosas (ANGELO; JORGE, 2007; GUO *et al.*, 2012). Esses alimentos são consumidos na dieta do ser humano, e em consequência inclui-se o teor de compostos fenólicos que contém cada alimento em diferentes quantidades

(KIM *et al.*, 2013). Os fenólicos estão localizados na interfase água-lipídica das membranas; para que eles possam interagir com os radicais livres dentro e fora da célula; esses compostos estão presentes nas plantas em duas formas, uma de maneira livre e outra condensada, na forma livre estão presentes no grão em 80% e na forma de broto estão presentes 95%, os fenólicos condensados diminuem de 20 até 5% de grão para broto, respectivamente, portanto é importante a determinação dos compostos fenólicos que estão presentes nos alimentos, uma vez que trazem benefícios para o corpo humano (GUO *et al.*, 2012; XUE *et al.*, 2016).

O conteúdo de fenólicos totais é amplamente estudado devido aos benefícios à saúde da população, por isso é importante quantificar, identificar e avaliar suas atividades antioxidantes no processo de germinação das leguminosas (CEVALLOS-CASALS; CISNEROS-ZEVALLOS, 2010). Os flavonoides constituem o maior grupo na família de compostos fenólicos, os quais têm uma relação importante na atividade antioxidante e biológica, já que estão fortemente relacionados. Muitos trabalhos têm sido realizados objetivando a identificação nas frutas e vegetais (GUO *et al.*, 2012). Os compostos fenólicos podem ser divididos em dois grupos: os flavonoides e os não flavonoides, ambos são compostos de baixa massa molecular, denominados metabólitos secundários, presentes em frutas e outros vegetais (VOLP *et al.*, 2008).

2.6 FLAVONOIDES TOTAIS

Os flavonoides são amplamente estudados pela importância no papel de proteção contra doenças cardiovasculares e no desenvolvimento de câncer (XUE *et al.*, 2016). É uma classe de compostos fenólicos que diferem entre si pela sua estrutura química e diversas características (BEHLING *et al.*, 2004).

Os compostos fenólicos, e em particular os flavonoides contribuem na atividade antioxidante do feijão-mungo, de acordo com vários estudos como Huang, Cai e Xu (2014) e Shi *et al.* (2016). Os tipos de ácidos fenólicos e flavonoides presentes no feijão-mungo foram avaliados por Kim *et al.* (2013) os quais ao avaliarem 56 genótipos de feijão-mungo, determinaram 30 tipos de compostos fenólicos, dos quais foram 11 tipos de flavonoides e 16 ácidos fenólicos entre outros compostos. Concluíram que há uma correlação dos compostos

fenólicos nos diferentes genótipos do feijão-mungo e sua importância no valor de compostos fenólicos.

As antocianinas são uma classe de flavonoides que são conhecidos como glicosídeos solúveis em água do tipo poli-hidroxi e poli-metoxi derivados de sais de 2-fenilbenzopirílio ou sais de flavílio e são responsáveis pelas cores vermelha, púrpura e azul de muitas frutas, leguminosas ou grãos e outras hortaliças (YAO *et al.*, 2013). A metodologia para a determinação dos flavonoides baseia-se na reação entre os flavonoides presentes nas amostras e o cloreto de alumínio, o que dá origem a um complexo amarelo para a determinação analítica do teor deste composto (PAJAK *et al.*, 2014).

2.7 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Manter uma dieta equilibrada e ainda um ótimo consumo de frutas e verduras, sempre está relacionado com a diminuição no risco de desenvolvimento de doenças crônicas, como câncer, diabetes, obesidade, entre outros tipos de doenças, já que o consumo desses alimentos fornece fitoquímicos que são responsáveis pela atividade antioxidante em combinação com o teor de vitamina C (GUO *et al.*, 2012). Xu e Chang, (2007) avaliaram a importância de conhecer o tipo de solvente de extração como influencia na determinação da atividade antioxidante em leguminosas, já que as amostras são submetidas a diferentes etapas de extração com diferentes solventes como água, metanol, etanol, acetona em diferentes proporções, pelo qual, os autores corroboraram esse fato de que o solvente de extração com diferentes tipos de polaridade, sim tem influência na quantificação do teor de atividade antioxidante reportando diferenças significativas.

O feijão-mungo é um alimento funcional por sua atividade antioxidante, sendo que os compostos fenólicos influenciam no teor de atividade antioxidante que é determinado pelo teste de DPPH (LUO *et al.*, 2016). Atualmente, na maioria dos supermercados na China, diversos tipos de grãos sem casca podem ser encontrados. Isso devido ao fato de que a maioria das pessoas percebe que a textura da casca depois da cocção não tem bom gosto. Porém, alguns estudos com a casca têm demonstrado que esta contribui para a atividade antioxidante e conteúdo de compostos bioativos, na maioria das leguminosas (LUO *et al.*, 2016).

A vitamina C é um nutriente essencial, por razões da importância nutricional, a determinação do conteúdo de vitamina C em frutas e verduras é realizada, assim como nos diferentes produtos processados derivados dos alimentos acima citados, por isso que é também importante a determinação desse composto nos diferentes legumes como, por exemplo, o feijão-mungo (GUO *et al.*, 2012). Uma das características do ácido ascórbico é sua atividade antioxidante, além da importância no crescimento, manutenção e reprodução do ser humano. Thippeswamy, Junna e Shinde (2015) obtiveram uma quantidade de ácido ascórbico numa nova variedade de grãos amarelos de feijão-mungo na Índia, com um teor de 27,25 mg por 100 gramas de sementes, mesmo assim durante o período de germinação esse valor de ácido ascórbico foi aumentando no período de 6 h de germinação até 7 dias de germinação, sendo o incremento mais significativo nas primeiras 24 h no processo de germinação, pelo qual sugere que o incremento contribui para a atividade antioxidante presente nos brotos de feijão-mungo.

O teste de DPPH é amplamente usado para avaliar o potencial de eliminação dos radicais livres e sua estabilidade e simplicidade, que envolve somente a reação entre o radical e o antioxidante presente nos extratos (CHENG; MOORE; YU, 2006). É por isso que este tipo de teste é usado para a determinação da atividade antioxidante em frutas, hortaliças e leguminosas para ajudar na classificação do poder antioxidante de cada alimento e destacar sua importância como alimento funcional, por trazer benefícios à saúde da população. Por isso, que diversos estudos como Shi *et al.* (2016); Pająk *et al.* (2014); Wongsiri, Ohshima e Duangmal (2015), abordam a determinação da atividade antioxidante do feijão-mungo em grãos e brotos.

2.8 INFLUÊNCIA DA GERMINAÇÃO NO FEIJÃO-MUNGO

Os feijões são uma fonte econômica de proteínas, carboidratos e fibras, além disso, têm baixo teor de gordura. Na dieta do ser humano são inclusos visando benefícios nutricionais, especialmente em micronutrientes incluindo-se compostos fenólicos, oligossacarídeos, inibidores de enzimas, fito-esteróis e saponinas (YU-WEI; WANG, 2015). Também é importante que as sementes sejam de uma alta qualidade não somente para o estabelecimento da cultura, mas também para produzir grãos e em consequência a produção

de brotos de feijão-mungo com uma qualidade melhor no aspecto nutricional e sensorial dos brotos (NUNES *et al.*, 2015). A influência da germinação no conteúdo e composição dos nutrientes presentes neste tipo de alimentos depende de muitas variáveis, tais como: tempo de embebição em água, umidade, temperatura e tempo de germinação, assim como a qualidade e a cultivar que vai ser submetida ao processo de germinação (PAUCAR-MENACHO *et al.*, 2010).

A produção de brotos é realizada com a prática de imersão, drenagem e lavagem dos grãos em água para começar o processo de germinação para ao fim obter um produto chamado broto ou “moyashi” para consumo principalmente em saladas. Esse processo tem sido identificado como uma tecnologia de baixo custo e eficaz para melhorar a qualidade nutricional dos grãos de cereais e leguminosas (YU-WEI; WANG, 2015). A facilidade do consumo dos brotos “moyashi” é configura-se pela possibilidade da população pode adquirir os brotos já comercializados nos supermercados por companhias especializadas na produção dos brotos, mas também pode comprar os grãos do feijão-mungo e produzir os brotos nas casas das pessoas na quantidade desejada, isso devido ao tempo de germinação pode ser de 3 a 7 dias, por ser um processo sem dificuldade de execução pelo consumidor (SILVA *et al.*, 2013).

O desenvolvimento das plantas dicotiledóneas é acompanhado por muitas alterações morfológicas, que começa com o alargamento do embrião e depois o desenvolvimento de cotilédones, raízes, hipocótilo, brotos e folhas (Figura 2). O crescimento dos brotos é muito rápido no segundo e terceiro dia, visto que o tamanho do broto vai depender da preferência do consumidor (TANG *et al.*, 2014a).

Durante o processo de germinação, as substâncias de reserva que compõem cada grão são descompostas e transformadas bioquimicamente, sendo que essas alterações químicas são processos rápidos e drásticos no processo de germinação (NAKAMURA *et al.*, 2015). Também neste processo as enzimas endógenas das leguminosas são ativadas, sendo as enzimas mais importantes as hidrolases e polifenoloxidasas, que incrementam sua atividade durante o período de germinação dependendo do tipo de leguminosas (YU-WEI; WANG, 2015). Os brotos são ricos em compostos fito-químicos em comparação aos grãos da maioria das leguminosas. Além disso, o processo de germinação polimeriza as formas de alguns

componentes presentes nos grãos como o amido, carboidratos, proteínas e aminoácidos essenciais (SILVA *et al.*, 2013).

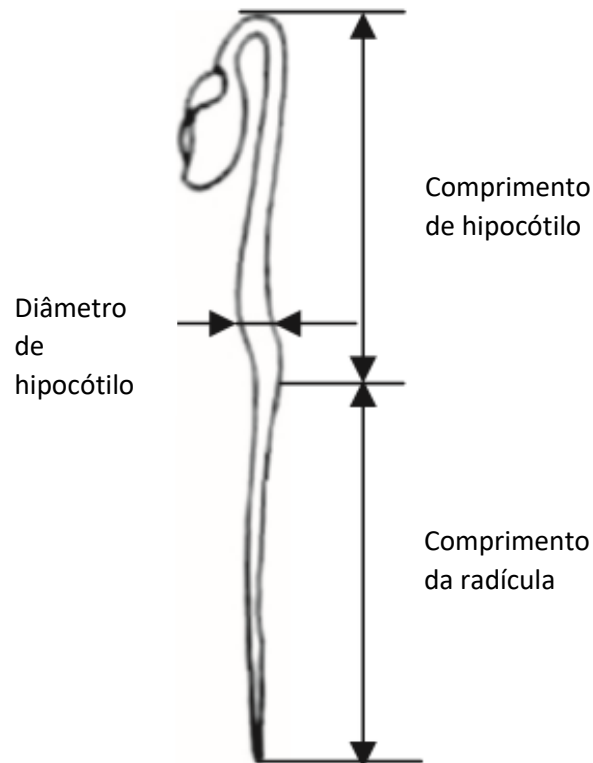


Figura 2 – Esquema de determinação dos índices morfológicas de broto de feijão-mungo.

Fonte: RUI *et al.* (2011).

Essas mudanças nos componentes principais das leguminosas durante o processo de germinação são também observadas nos níveis de alguns fatores antinutricionais, tais como os inibidores de tripsina, ácido fítico e saponinas, os quais podem até desaparecer durante o processo de germinação. A diminuição dos fatores antinutricionais proporciona melhoria no valor nutricional nos brotos, incrementando os níveis de compostos fenólicos, atividade antioxidante e, conseqüentemente, aumenta a proteção contra doenças e o estresse oxidativo (SILVA *et al.*, 2013; XUE *et al.*, 2016).

Atualmente os alimentos funcionais proporcionam benefícios à saúde das pessoas, neste sentido os brotos do feijão-mungo estão dentro dessa categoria de alimentos. Além

disso, são ricos em muitas vitaminas e têm boa atividade antioxidante desenvolvida durante o período de germinação (NAKAMURA *et al.*, 2015). Guo *et al.* (2012) observaram que o processo de germinação de feijão-mungo proporcionou aumento significativo nas concentrações de vitamina C, ácidos fenólicos e flavonoides; assim como na atividade antioxidante total dos brotos, comparativamente às sementes de feijão-mungo, ou seja, o processo de germinação aumenta a qualidade nutricional e funcional.

Nos últimos anos o consumo de brotos de algumas leguminosas tem aumentado no mundo inteiro; já que esses tipos de alimentos oferecem ótima qualidade nutricional e, por isso, são incluídos na dieta da população (SILVA *et al.*, 2013). Os brotos ou “moyashi” são normalmente consumidos por asiáticos, por conterem muitos nutrientes e compostos funcionais, tais como: proteínas, lipídios, vitaminas, fibras e fitoquímicos em comparação com os grãos de feijão ou de qualquer outra leguminosa em sua forma de semente (HUANG; CAI; XU, 2014).

Portanto em vista que o feijão-mungo tem uma qualidade nutricional pelo aporte proteico e de minerais na forma de grão, além disso, a presença de diferentes compostos bioativos e atividade antioxidante importante descrita pela literatura citada tem sido uma opção de estudo no desenvolvimento primeiramente da cultura no aspecto agrônômico, e o seguinte processo é conhecer o perfil nutricional desse feijão desenvolvido em Brasil.

3. OBJETIVOS

3.1 GERAL

Caracterizar linhagens de feijão-mungo quanto à composição físico-química e atividade antioxidante dos grãos integrais e brotos.

3.2 ESPECIFICOS

- a) Avaliar a composição centesimal e o conteúdo de minerais em grãos integrais e brotos de linhagens de feijão-mungo.
- b) Quantificar os compostos bioativos em linhagens de feijão-mungo.
- c) Avaliar a atividade antioxidante em linhagens de feijão-mungo.

4. METODOLOGIA

4.1 LOCAL E PERÍODO DO ESTUDO

As análises de composição centesimal e minerais foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte. As análises de compostos bioativos e atividade antioxidante foram realizadas no Laboratório de Bromatologia e Bioquímica de Alimentos do Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Piauí – UFPI. Todas as análises foram desenvolvidas no período de março a dezembro de 2016.

4.2 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS

As 20 linhagens de feijão-mungo avaliadas, constituem os ensaios de VCU (Valor de Cultivo e Uso) da Embrapa Meio-Norte (Tabela 1). Estas apresentam potencial agrônomico e de mercado e poderão ser lançadas no mercado nos próximos anos.

Tabela 1 – Linhagens avaliadas de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.).

Linhagens			
BRA-084808-1	BRA-000027	BRA-O84883	BRA-O84999
BRA-084638	BRA-000078	BRA-O84654-2	BRA-027570
BRA-084654-1	BRA-000221	BRA-O084689	BG2
BRA-084671	BRA-084794	BRA-O84930	BG3
BRA-084841	BRA-084808-2	BRA-O84981	BG7

4.3 PREPARO DAS AMOSTRAS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As análises da composição centesimal e do conteúdo de minerais foram realizadas para as 20 linhagens de feijão-mungo, essas análises foram realizadas primeiramente nos grãos integrais na forma de farinha e mantidas no Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte a uma temperatura de refrigeração de 8°C, em sacos de polietileno até o momento das análises as quais foram feitas no período máximo de dois meses. Depois foram feitas as mesmas análises para as farinhas de broto “moyashi” para as 20 linhagens de feijão-mungo, mantidas nas mesmas condições de refrigeração, sendo as análises feitas no período máximo de dois meses.

Enquanto que as análises de compostos bioativos e atividade antioxidante foram realizadas apenas em cinco linhagens, tanto para grãos integrais quanto para brotos (“moyashi”), após o término das análises de composição centesimal e minerais na forma de grão integral e broto “moyashi”.

4.3.1 Farinha de grão integral

Aproximadamente 15 g de grãos integrais de cada linhagem (Figura 3), foram lavados com água deionizada e colocados em sacolas de papel e, posteriormente, foram colocados na estufa para secagem a 50°C por 48 h. Após secagem foram colocados no dessecador por 30 min. Procedeu-se a moagem em moinho de bolas de zircônia (Retsch, modelo MM200, Haan, Alemanha) com as condições de programa P3, frequência 25.0 1/s e tempo de 1,50 min/sec, mantendo-se uma granulometria de 20 mesh. O produto resultante foi acondicionado em embalagens tipo “zip bag” e armazenado na geladeira.

4.3.2 Farinha de broto de feijão-mungo

O processo de produção de brotos de feijão-mungo (“moyashi”) foi realizado a partir de 60 gramas dos grãos (20 g por repetição), os quais foram submetidos a condições controladas de umidade, luminosidade, temperatura e tempo, segundo a metodologia de Pajak *et al.* (2014), com algumas modificações nas condições de germinação (Figura 4). Os grãos foram esterilizados por 1 min por imersão em etanol (70%), depois foram drenadas e lavadas duas vezes com água deionizada para eliminar o excesso de solução de etanol. Posteriormente, os grãos foram embebidos em água deionizada na proporção 1:10 (m/v) por 10 h. Depois do tempo embebido em água foram drenados e lavados com água deionizada, novamente. Os grãos foram distribuídos em bandejas com furos e uma camada de algodão e levados à câmara de germinação (marca SOLAB, modelo Mangelsdorf SL-207, São Paulo, Brasil), temperatura de 30 ± 2 °C, umidade relativa de 100% e escuro por 72 h. Depois do tempo de germinação os brotos foram colhidos e colocados na estufa com ventilação forçada, à temperatura de 40 ± 2 °C por 48 h para a desidratação dos brotos e sua posterior moagem de acordo a metodologia de moagem feita nos grãos integrais, para a obtenção da farinha de

broto. As farinhas obtidas foram acondicionadas em embalagens tipo “zip bag” e armazenadas na geladeira.

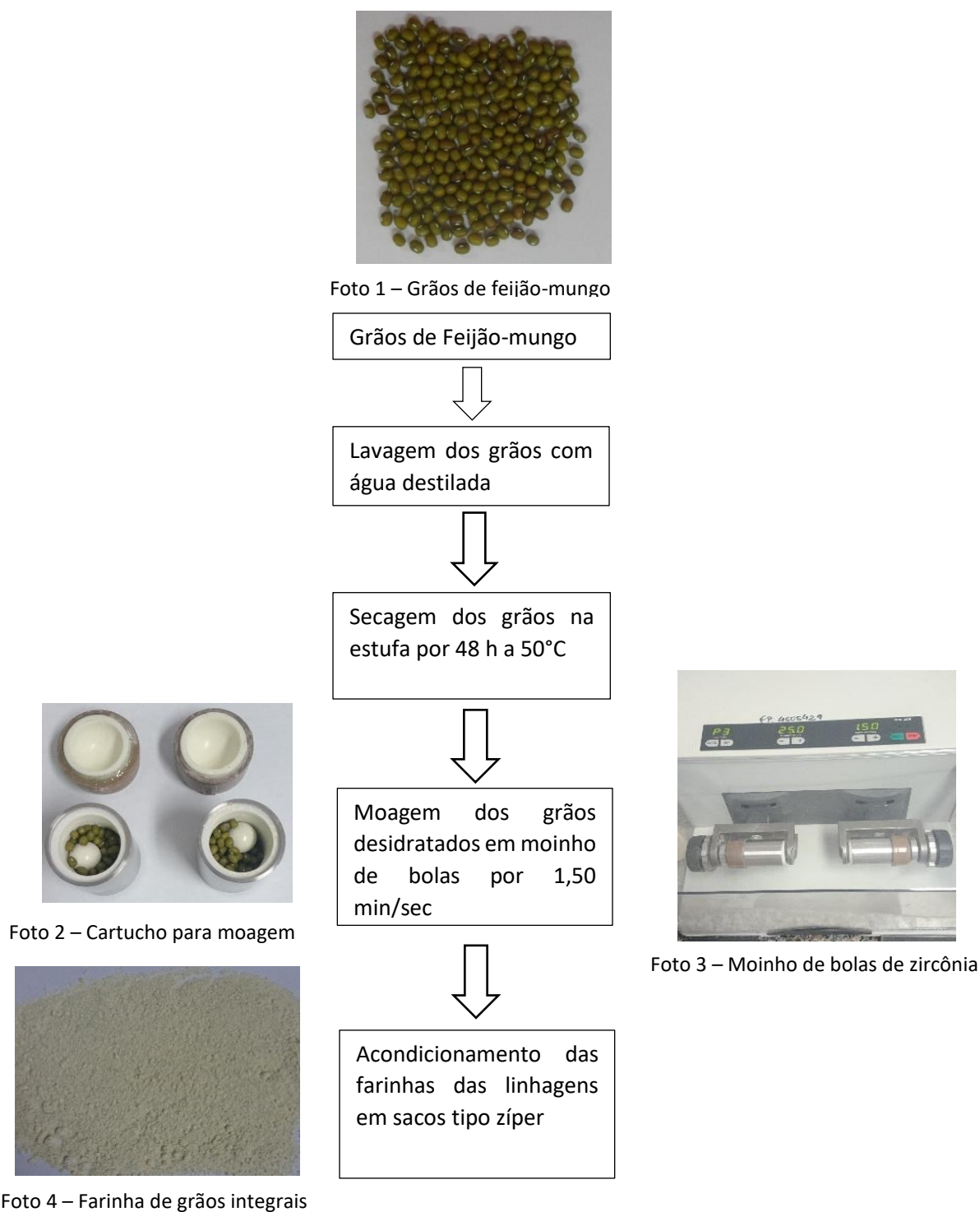


Figura 3 – Fluxograma para obtenção das farinhas de grãos de feijão-mungo.

Fonte fotos: Arquivo pessoal.

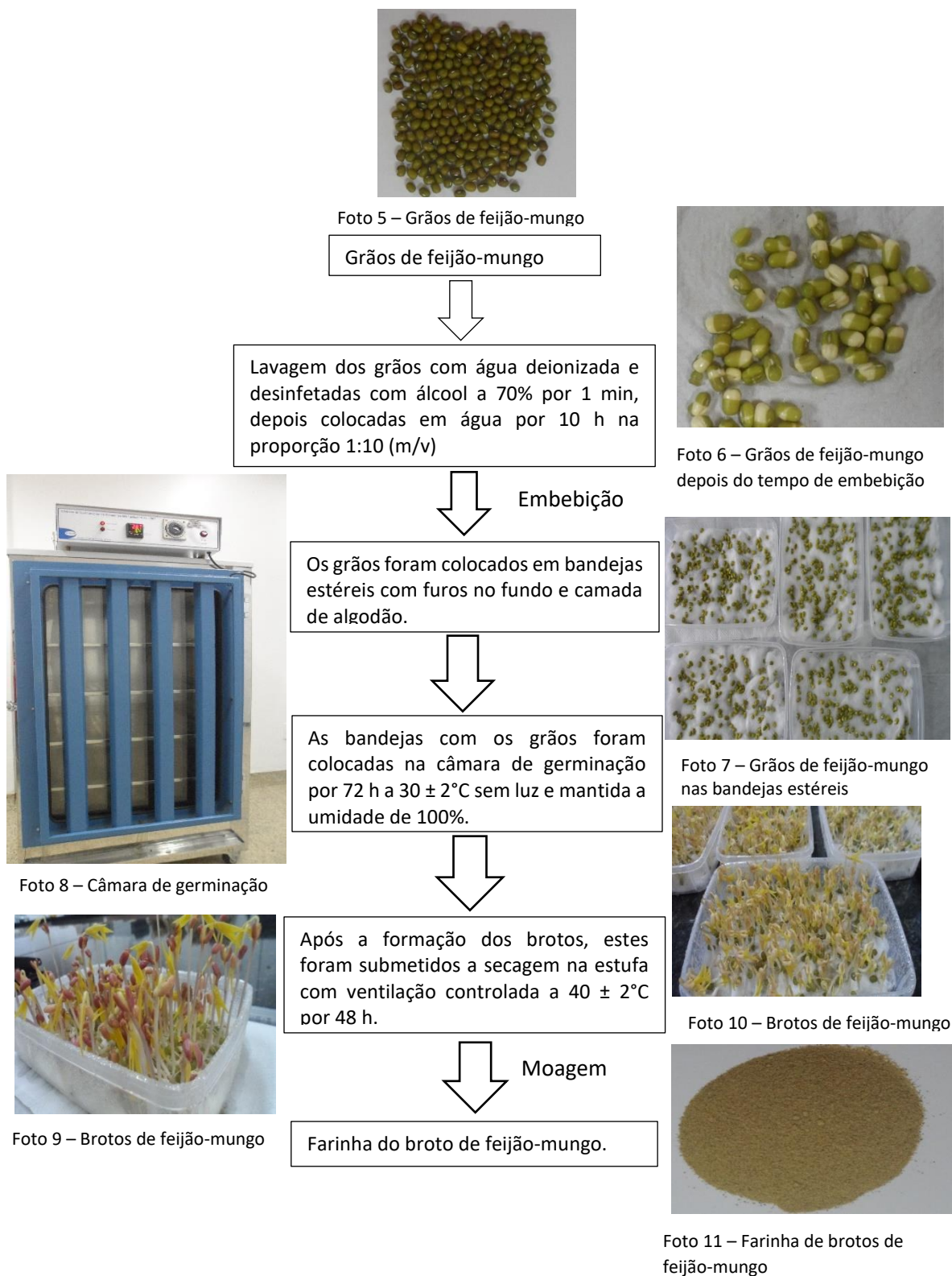


Figura 4 – Fluxograma da produção de brotos de feijão-mungo.

Fonte: Pajak *et al.* (2014).

Fonte fotos: Arquivo pessoal

4.4 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

4.4.1 Umidade

A determinação de umidade foi realizada por meio do método de secagem em estufa com temperatura de 105 °C (AOAC, 2005). Foram pesados 3-5 g da amostra triturada e homogeneizada, em triplicata, em cadinho, previamente tarado. Colocaram-se as capsulas com as amostras na estufa a 105 °C até peso constante, em seguida colocou-se em dessecador por 30 min e pesou-se. O teor de umidade (%) foi quantificado pela fórmula:

Teor de umidade = $100 \times N / P$, na qual:

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

P = n° de gramas da amostra.

4.4.2 Lipídios totais

Os lipídios, correspondentes à fração extrato etéreo, foram obtidos em extrator intermitente de Soxhlet, utilizando-se o solvente éter de petróleo PA (AOAC, 2005). Para extração, 3 g das amostras secas foram pesadas em triplicata, e foram colocadas em cartuchos de papel filtro e estes adicionados a 250 mL de éter de petróleo e mantidos em extração contínua por 6 h a 90 °C. Após o término da extração, os tubos com o resíduo foram transferidos para a estufa a 105 °C, durante 1 h. Ao final, este foi resfriado em dessecador, pesado e o peso do resíduo foi utilizado para determinar o teor de lipídios (%) pela fórmula:

Teor de lipídios = $100 \times N / P$, na qual:

N = n° de gramas de lipídios.

P = n° de gramas da amostra.

4.4.3 Cinzas

As cinzas foram determinadas por incineração em forno mufla sendo os resultados obtidos em porcentagem (AOAC, 2005). Amostras de 3 g foram pesadas, em triplicata, em

cadinho previamente tarado. As amostras foram carbonizadas em forno mufla a 250 °C por 4 h, posteriormente incineradas por 4 h ou até peso constante a 550°C. Ao final, os cadinhos com amostra incinerada foram colocados em dessecador, para esfriar, por 40 min e em seguida pesados. O teor de cinzas (%) foi obtido pela fórmula:

Teor de cinzas = $100 \times N / P$, em que:

N = n° de gramas de cinzas.

P = n° de gramas da amostra.

4.4.4 Proteínas

A determinação de proteínas foi realizada pelo método de macro *Kjeldahl*, o qual se baseia na destruição da matéria orgânica (digestão) seguida de destilação, sendo o nitrogênio dosado por titulação. O fator 6,25 foi utilizado para converter o teor de nitrogênio total em proteínas (AOAC, 2005). No entanto, utilizou-se também o fator 5,75 (fator indicado para vegetais) para calcular o teor de proteínas. Para a etapa da digestão, procedeu-se a pesagem de 0,2 mg de amostra em tubo digestor, depois foi adicionado 2 g de catalizador e ao final adicionou-se 2 mL de ácido sulfúrico concentrado. A digestão foi realizada a 410 °C durante 4 h. Em seguida, as amostras foram destiladas e tituladas para determinação do nitrogênio e posterior cálculo do conteúdo de proteínas, utilizando a fórmula a seguir (AOAC, 2005):

Teor de proteína = $V \times 0,14 \times F / P$, na qual:

V = volume de ácido sulfúrico utilizado menos volume de hidróxido de sódio utilizado na titulação.

F = fator de conversão = 6,25 e 5,75.

P = peso da amostra.

4.4.5 Carboidratos totais

O teor de carboidratos foi determinado por diferença dos demais constituintes da composição centesimal (umidade, cinzas, lipídeos e proteínas), segundo AOAC (2005).

4.4.6 Valor energético total

O valor calórico das linhagens de feijão-mungo foi estimado utilizando-se os fatores de conversão de ATWATER: 4 kcal.g⁻¹ para proteínas, 4 kcal.g⁻¹ para carboidratos e 9 kcal.g⁻¹ para lipídios (WATT; MERRIL, 1963).

4.5 TEOR DE MINERAIS

4.5.1 Preparação da amostra

Para a determinação dos minerais, foram inicialmente realizadas a digestão das amostras de farinha (análises em triplicata). Em um tubo de digestão foram depositadas 0,2 g de amostra e 5,0 mL de solução digestora (ácido nítrico e ácido perclórico na proporção de 2:1) e pesadas 0,2 g de uma amostra conhecida para ser o padrão e um branco para a comparação das amostras. Essa solução foi aquecida por 2 h em bloco digestor elevando-se gradualmente a temperatura de 100 para 200 °C. Após a digestão aferiram-se os tubos com água Milli-Q, para obtenção de 20 mL de extrato, o qual foi homogeneizado com agitador tipo Vortex.

4.5.2 Determinação de Ferro (Fe), Zinco (Zn) Manganês (Mn) e Cobre (Cu).

A determinação dos sais minerais supracitados foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica de chama, segundo método descrito por Silva e Queiroz (1981).

A solução de extrato foi usada diretamente para fazer a leitura no espectrofotômetro de absorção atômica (modelo iCE 3000 Series, marca Thermo Scientific, China), selecionando cada elemento a ser analisado no programa do equipamento. O equipamento forneceu os resultados em partes por milhão (ppm) e para fins de comparação com os dados da literatura esses valores foram convertidos em mg/100g.

Para a leitura de cada elemento no aparelho foi feita uma curva padrão com as seguintes concentrações: Ferro (Fe) – 0,5 ppm; 1,0 ppm; 2,0 ppm e 4,0 ppm; Zinco (Zn) – 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,8 ppm e 1,6 ppm; Manganês (Mn) – 1,0 ppm; 3,0 ppm e 5,0 ppm; Cobre (Cu) – 1,0 ppm; 2,0 ppm; 4,0 ppm e 8,0 ppm.

4.5.3 Determinação de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)

A determinação dos sais minerais supracitados foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica de chama, segundo método descrito por Silva e Queiroz (1981).

Da solução do extrato, com o auxílio de uma micropipeta foram transferidos 0,2 mL do extrato para tubos de ensaio com capacidade de 20 mL que em seguida receberam a adição de 3,5 mL de lantânio e 3,3 mL de água Milli-Q. A suspensão foi então homogeneizada em agitador tipo Vortex e depois realizada a leitura no espectrofotômetro de absorção atômica (modelo iCE 3000 Series, marca Thermo Scientific, China), selecionando o elemento a ser analisado no programa do equipamento. O equipamento forneceu os resultados em partes por milhão (ppm) e para fins de comparação com os dados da literatura esses valores foram convertidos em mg/100g.

Para a leitura de cada elemento no aparelho foi feita uma curva padrão com as seguintes concentrações: Cálcio (Ca) – 0,5 ppm; 1,0 ppm; 2,0 ppm; 4,0 ppm e 8,0 ppm; Magnésio (Mg) – 0,5 ppm; 1,0 ppm; 2,0 ppm e 4,0 ppm.

4.5.4 Determinação de Fósforo (P).

A determinação de fósforo foi realizada por colorimetria, segundo método descrito por Silva e Queiroz (2002).

Da solução de extrato, com o auxílio de uma micropipeta foram transferidos 0,2 mL do extrato para tubos de ensaio com capacidade de 20 mL que em seguida receberam a adição de 8,4 mL de água Milli-Q, 1,0 mL de Solução Ácida de Molibdato de Amônia (SAMA) e 0,4 mL de vitamina C a 2 %. A suspensão foi então homogeneizada em agitador tipo Vortex e após aguardar 5 min para o desenvolvimento da cor (azul) procedeu-se a leitura em espectrofotômetro UV-VIS (modelo 22 PC, marca Spectrumlab, USA) a um comprimento de onda de 725 nm, usando-se uma cubeta de quartzo para a leitura das soluções e água destilada como branco.

4.5.5 Determinação de Sódio (Na) e Potássio (K).

Da solução do extrato, com o auxílio de uma micropipeta foram transferidos 2,0 mL do extrato para tubos de ensaio com capacidade de 20 mL, em seguida foram adicionados 2,0 mL de água Milli-Q. A suspensão foi então homogeneizada em agitador tipo Vortex. Posteriormente foram realizadas as leituras no fotômetro de chama (modelo B462, marca microNal, São Paulo, Brasil) fazendo a leitura do branco, padrão e as amostras.

4.6 COMPOSTOS BIOATIVOS

Para as análises de compostos bioativos e atividade antioxidante, a seleção das cinco linhagens de feijão-mungo como grão integral e broto, ocorreu de acordo com os critérios dos teores de proteínas, lipídios, zinco e ferro obtidos nas análises das 20 linhagens. Além disso, o possível valor comercial que pudesse ter as diferentes linhagens nos próximos anos, dessa forma as cinco linhagens foram: BRA-000027; BRA-O84654-2; BRA-O084689; BG3 e BG7.

4.6.1 Elaboração dos extratos

Inicialmente, foram preparados os extratos das amostras de feijão-mungo, segundo metodologia de Rufino *et al.* (2007). Os solventes para extração dos compostos antioxidantes foram o metanol 50 % (50:50, v/v), acetona 70 % (70:30, v/v) e água, na proporção de 2:2:1 (10 mL metanol 50 %; 10 mL acetona 70 %; 5 mL água). Para a farinha do grão integral foram pesadas 3 g por tratamento em tubos tipo Falcon de 50 mL. Para a farinha de brotos ou “moyashi” do feijão-mungo foram pesadas 1,5 g de cada linhagem. Os compostos bioativos foram extraídos primeiramente com 10 mL de metanol 50 % por 60 min em ultrassom, à temperatura ambiente. Depois os tubos foram centrifugados a 4000 rpm durante 15 min e o sobrenadante foi filtrado com papel filtro e recolhido em um balão volumétrico de 25 mL no escuro. Em seguida, 10 mL de acetona 70 % foram adicionados ao resíduo e misturados para a realização do processo de extração durante 30 min em ultrassom e posterior centrifugação. Os dois sobrenadantes obtidos foram combinados no balão volumétrico de 25 mL e o volume completado com água Milli-Q, depois cada um dos extratos foi colocado em

tubos Falcon com envelope de papel alumínio para manter na escuridão e em refrigeração para as demais análises.

4.6.2 Compostos fenólicos totais

O conteúdo de compostos fenólicos totais nos extratos foi determinado por espectrofotometria utilizando o reagente Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965). Em um balão volumétrico de 10 mL foram adicionadas alíquotas de 0,1 mL do extrato com 2 mL de água Milli-Q, e 0,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu e misturadas deixando-se em repouso por 5 min. Posteriormente foram colocados 1,5 mL de carbonato de sódio 20 % (m/v), completando-se o volume com água Milli-Q. Após 2 h de repouso em ausência de luz e temperatura ambiente, foi feita a leitura das absorbâncias a 765 nm em espectrofotômetro (BEL 1102, Monza, Milão, Itália). As análises foram feitas em triplicata para cada tratamento; para o branco foi usado 0,1 mL do solvente de extração sendo 10 mL metanol 50 %; 10 mL acetona 70 %; 5 mL água (2:2:1). Os resultados foram expressos em gramas de equivalentes a ácido gálico (GAE) por 100 g de amostra. A concentração de fenólicos totais foi obtida por meio da interpolação das absorbâncias em uma curva padrão de ácido gálico.

4.6.3 Flavonoides totais

Para a determinação de flavonoides totais foi utilizado o método descrito por Kim, Jeong e Lee (2003), e modificado por Blasa *et al.* (2006). A solução do extrato original, anteriormente descrita, foi diluída para 1:5 visando à determinação deste composto em cada tratamento tanto para grão quanto para broto ou “moyashi” do feijão-mungo. Em um tubo de ensaio de 5,0 mL, foi adicionado 1,0 mL do extrato, com 0,3 mL de nitrito de sódio (NaNO₂) 5 % m/v e homogeneizado com agitador tipo Vortex. Após 5 min, foi adicionado 0,3 mL de cloreto de alumínio (AlCl₃) 10% m/v e misturado cada tubo com ajuda de um agitador Vortex. Após decorridos 6 min, foram pipetados 2,0 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 1 M e misturado com agitador Vortex. As análises foram realizadas em triplicata por linhagem e com branco usando 1,0 mL do solvente de extração no lugar do extrato. As absorbâncias das amostras foram mensuradas a 425 nm em espectrofotômetro (BEL 1102, Monza, Milão, Itália). Diferentes concentrações de quercetina (0-100 mg/L) foram utilizadas para a

construção de uma curva padrão e os resultados foram expressos em miligramas equivalentes a quercetina (mg EQ)/100g de amostra.

4.6.4 Antocianinas totais

Inicialmente foram pesadas 3,0 g de amostra de grãos do feijão-mungo e 1,5 g do broto em tubos Falcon de 50 mL, a cada tubo foi adicionado 20 mL do solvente Metanol:HCl 1,5N para extrair por ultrassom durante 30 min; depois foram centrifugados por 15 min, o sobrenadante foi filtrado e colhido em tubos Falcon de 50 mL com envelope de alumínio e armazenados na geladeira por 12 h para poder usar o extrato na determinação de antocianinas.

A análise do conteúdo total de antocianinas foi realizada de acordo com o método de diferença de pH (GIUSTI; WROLSTAD, 2001). Para uma alíquota de 0,550 mL de amostra diluída, foram adicionados 5,0 mL da solução de cloreto de potássio (pH 1) em tubos de ensaio, homogeneizados e armazenados por 10 min na ausência de luz, tendo sido realizado procedimento equivalente com solução de acetato de sódio (pH 4,5) por triplicata para cada tratamento. A absorvância foi medida em espectrofotômetro (BEL 1102, Monza, Milão, Itália) no comprimento de onda máximo de cada amostra no qual foi feita uma varredura no comprimento de onda de 480 até 520 nm e encontrar em qual comprimento a amostra tem maior absorvância, para depois usar o comprimento de onda como máximo. No caso do grão o comprimento de onda foi de 520 nm e no broto “moyashi” foi de 480 nm, e cada solução de pH 1,0 e pH 4,5 também foi feita a leitura no comprimento de onda de 700 nm, e o branco foi feito com água destilada. Os resultados foram expressos como concentração de pigmentos monoméricos (mg/100g) e expressos em equivalente à cianidina-3-glicosídeo ($\epsilon = 26900$).

4.6.5 Flavanóis totais

A determinação do teor de flavanóis totais foi baseada no método da vanilina (PRICE; SCOYOC; BUTLER, 1978). Inicialmente preparou-se o reagente vanilina por meio da adição de 0,5 g do reagente em 200 mL de solução metanol-HCl a 4% (v/v). No procedimento, foram colocados em um tubo de ensaio 5,0 mL da reagente vanilina e depois foram adicionados 1,0 mL do extrato da amostra misturando com o auxílio do agitador Vortex, aguardando-se a reação por 20 min, na ausência de luz e em temperatura ambiente. Similarmente, foi feito um branco com a adição da reagente vanilina (5,0 mL) a mistura dos

solventes do extrato (1,0 mL). As análises foram realizadas em triplicata. Efetuou-se a leitura das absorbâncias do branco e das amostras em espectrofotômetro (BEL 1102, Monza, Milão, Itália) a 500 nm. Utilizou-se a catequina como padrão, e os resultados foram expressos como miligrama de equivalente de catequina /100 g da amostra.

4.7 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

A atividade antioxidante foi determinada pelo método de captura dos radicais livres DPPH, desenvolvido por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). Inicialmente, preparou-se uma solução do radical DPPH• (100 µM) dissolvido em metanol a 80% (1:100 v/v), ajustando o valor da absorbância inicial (A_0) desta solução para 0,800. Em tubos de ensaio, adicionou-se 100 µL do extrato a 2,9 mL desta solução, procedeu-se a homogeneização e a mistura foi mantida em local escuro, à temperatura ambiente, por 30 min.

As medidas das absorbâncias foram realizadas em espectrofotômetro (BEL 1102, Monza, Milão, Itália) no comprimento de onda de 515 nm, do radical, antes de adicionar a amostra (A_0) e depois de adicionar amostra, com 30 min de reação (A_f). Um teste branco (B) com 2,9 mL DPPH e 100 µL do solvente foi conduzido paralelamente. O poder de sequestro de radicais pela amostra foi calculado pela fórmula:

$$\% \text{ Inibição} = [1 - (A_{30} - B) / A_0] \times 100.$$

Foi construída uma curva padrão com Trolox em diferentes concentrações (0-100 mg/L) como referência. Os resultados foram expressos em µmol TEAC (Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox) por 100 g de amostra.

4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância univariada no programa SISVAR – Sistema de Análise de Variância – versão 5.3 da Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 2008). Os resultados estão apresentados em tabelas com os valores das médias e desvios padrão. Para verificar a existência de diferenças entre as linhagens foi utilizado o teste Scott-Knott, $p \leq 0,05$ (1974).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A composição centesimal dos grãos integrais e brotos ou “moyashi” do feijão-mungo está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição centesimal de grãos integrais e brotos “moyashi” de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.), teores apresentados em base seca, só o teor de umidade de brotos é em base úmida.

Linhagens	Umidade (%)		Cinzas (%)		Lipídios (%)	
	Grãos	Brotos	Grãos	Brotos	Grãos	Brotos
BRA-084808-1	6,19±0,01 f	84,21±0,07 f	3,49±0,04 eB	5,76±0,05 cA	0,98±0,03 cB	1,66±0,05 bA
BRA-084638	6,10±0,05 f	84,63±0,14 e	3,53±0,04 eB	6,25±0,05 aA	0,95±0,03 cB	1,59±0,07 cA
BRA-084654-1	5,98±0,01 g	87,14±0,38 b	3,55±0,04 dB	6,26±0,03 aA	0,98±0,09 cB	1,24±0,07 eA
BRA-084671	6,19±0,03 f	84,83±0,06 e	3,45±0,05 fB	5,11±0,07 fA	1,11±0,00 bA	1,19±0,04 eA
BRA-084841	6,48±0,04 d	87,01±0,27 b	3,47±0,00 fB	5,64±0,05 dA	1,05±0,06 cB	1,53±0,01 cA
BRA-000027	6,09±0,09 f	87,10±0,22 b	3,96±0,06 aB	6,16±0,01 aA	1,28±0,01 aB	1,84±0,07 aA
BRA-000078	6,27±0,08 e	85,89±0,31 c	3,60±0,03 dB	5,85±0,08 cA	1,26±0,03 aA	1,18±0,07 eA
BRA-000221	5,99±0,08 g	82,52±0,01 h	3,63±0,03 cB	5,86±0,05 cA	1,08±0,07 bA	1,00±0,02 fA
BRA-084794	5,72±0,02 h	87,14±0,29 b	3,52±0,01 eB	5,58±0,05 dA	1,03±0,07 cB	1,34±0,09 dA
BRA-084808-2	6,56±0,08 c	86,02±0,03 c	3,40±0,02 fB	5,53±0,04 dA	1,12±0,03 bB	1,28±0,06 dA
BRA-084883	6,14±0,02 f	82,01±0,57 h	3,71±0,01 bB	6,01±0,04 bA	1,18±0,03 aB	1,34±0,05 dA
BRA-084654-2	6,17±0,03 f	85,50±0,04 c	3,34±0,05 gB	4,99±0,08 gA	1,09±0,14 bB	1,29±0,02 dA
BRA-084689	6,42±0,02 d	83,91±0,26 f	3,43±0,01 fB	4,79±0,06 hA	0,97±0,08 cB	1,65±0,03 bA
BRA-084930	6,40±0,06 d	83,60±0,50 g	3,57±0,02 dB	5,13±0,04 fA	0,71±0,01 dB	1,69±0,01 bA
BRA-084981	6,29±0,06 e	88,06±0,47 a	3,55±0,01 dB	5,03±0,09 gA	0,99±0,05 cB	1,68±0,05 bA
BRA-084999	6,68±0,03 b	83,15±0,24 g	3,51±0,03 eB	4,54±0,01 iA	1,14±0,06 bB	1,41±0,01 dA
BRA-027570	6,45±0,09 d	85,18±0,41 d	3,74±0,02 bB	5,30±0,19 eA	1,09±0,03 bB	1,67±0,13 bA
BG2	6,50±0,02 d	85,27±0,02 d	3,69±0,04 bB	5,20±0,03 fA	1,22±0,02 aA	1,22±0,07 eA
BG3	6,94±0,02 a	84,15±0,23 f	3,56±0,02 dB	4,91±0,04 gA	1,03±0,05 cB	1,20±0,05 eA
BG7	6,90±0,05 a	88,15±0,45 a	3,44±0,02 fB	5,01±0,10 gA	0,94±0,08 cB	1,32±0,01 dA
*CV (%)	0,83	0,36	0,90	1,25	5,53	3,68
Média geral	6,32	85,27	3,55B	5,44A	1,06B	1,41A

Letras minúsculas iguais nas colunas e letras maiúsculas iguais nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ($p \geq 0,05$). Os dados estão apresentados como média ($n=3$) \pm desvio padrão. *CV – Coeficiente de variação.

5.1.1 Umidade

O conteúdo de umidade em base seca nos grãos variou de 5,72 a 6,94% no qual, observou-se diferença significativa entre as linhagens ($p \leq 0,05$). Os maiores conteúdos foram apresentados pelas linhagens BG3 (6,94%) e BG7 (6,90%), entre os quais não houve diferença significativa. Foi constatada elevada variabilidade entre as linhagens estudadas. Estes dados foram menores aos

resultados apresentados por Li *et al.* (2010), já que eles avaliaram diferentes cultivares de feijão-mungo na China, tendo variabilidade nos resultados de 7,49 a 8,45%.

Dahiya *et al.* (2013) reportam teores maiores de umidade variando de 8,0 a 9,7% na caracterização nutricional de grãos de feijão-mungo na Índia. Outros resultados como os apresentados por Chandrasiri *et al.* (2016) mostraram teores menores (4,76%) que os descritos neste trabalho.

De acordo com Li *et al.* (2010), em vista de obter resultados em feijão-mungo de umidade em base seca menores de 13%, os autores justificam esses teores em relação de que menor umidade num alimento, diminui o risco de ser afeitado pelos microrganismos, e assim aumenta a vida de prateleira. Portanto nossos resultados de umidade nos grãos em base seca estão dentro do critério utilizado pelos autores mencionados.

Também em comparação com o feijão comum, em diversos trabalhos descrevem a umidade nos grãos entre 10,69 e 15,38% nas diversas variedades estudadas por Ramirez-Cardenas, Leonel e Costa (2008); assim como por Delfino e Canniatti-Brazaca (2010), com teor de 13,07%. Frota, Soares e Arêas (2008) reportaram teores de umidade no feijão-caupi de 6,0% sendo semelhantes aos resultados das linhagens do feijão-mungo.

O conteúdo de umidade em base úmida nos brotos “moyashi” com tempo de germinação de 72 h variou de 82,01 a 88,15%, sendo constatada variação significativa entre as linhagens ($p \leq 0,05$). As linhagens BG7 (88,15%) e BRA-O84981 (88,06%) apresentaram maiores teores de umidade e diferenciaram-se das demais linhagens. Estes dados foram maiores do que os apresentados por Masood, Shah e Zeb (2014) que obtiveram 57,85 e 68,63% de umidade no período de 72 h e 120 h, respectivamente, após colocados para germinação.

Outros resultados obtidos por Guo *et al.* (2012) e por Shah *et al.* (2011) que avaliaram o efeito do tempo de germinação na qualidade bioquímica e nutricional de diferentes variedades de feijão-mungo, confirmaram que no período de 72 h a umidade foi de 80,2, chegando a 87,2% após 96 h de germinação.

5.1.2 Cinzas

Com relação ao conteúdo de cinzas nos grãos, observou-se que variou de 3,34 a 3,96% (Tabela 2). Foi constatada variabilidade entre as linhagens, sendo que a linhagem BRA-000027 (3,96%) apresentou maior teor que as demais, seguida pelas linhagens BRA-027570 (3,74%), BRA-O84883 (3,71%), BG2 (3,69%) iguais entre si e diferentes das demais. Os teores de cinzas nos grãos foram similares aos descritos na literatura por Li *et al.* (2010) os quais obtiveram teores de 3,63 a 4,24%; assim como por Dahiya *et al.* (2013) de 3,10 a 4,10% em diferentes variedades de feijão-mungo analisadas, esses autores falam que um maior conteúdo de cinzas, visto que pode conter diferentes compostos minerais e também vitaminas nos resíduos das cinzas, pelo qual é um parâmetro de referência no conteúdo de minerais presentes nos grãos.

Já o teor de cinzas para brotos “moyashi” de feijão-mungo os teores foram de 4,54 a 6,26% com diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as linhagens. As linhagens que apresentaram conteúdo maior foram: BRA-084654-1 (6,26%), BRA-084638 (6,25%), BRA-000027 (6,16%). Estes resultados foram melhores que os mencionados na literatura por Shah *et al.* (2011) que foi de 3,60 a 4,30%; assim como por Masood, Shah e Zeb (2014) com teores mostrados de 3,67 a 3,82%. No entanto, foram similares aos relatados por Chandrasiri *et al.* (2016) de 4,71%. Esses autores afirmam que alto teor de cinzas é devido a um maior conteúdo de minerais e algumas vitaminas presentes nos grãos e brotos “moyashi”.

Para o teor de cinzas, houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre grãos e brotos de feijão-mungo, sendo que na forma de brotos o acúmulo foi maior. Em ambos os casos, grãos ou brotos, a linhagem BRA-000027 está entre as de maiores conteúdos de cinzas. Possivelmente, deve-se ao fato do processo fisiológico que ocorre durante o processo de germinação para a produção dos brotos, durante o qual aumenta o desenvolvimento de outros componentes e minerais necessários para sua formação. Outro fator importante é o tempo de germinação estabelecido na metodologia, visto que nas primeiras 48 horas ocorre diminuição do teor de cinzas e após este tempo, ocorre aumento, como relatado nos resultados de Machado *et al.* (2009) e Shah *et al.* (2011).

5.1.3 Lipídios

Encontrou-se diferença estatisticamente significativa entre as linhagens para o conteúdo de lipídios avaliado a partir dos grãos ($p \leq 0,05$), o qual variou de 0,94 a 1,28% (Tabela 2). Os maiores

teores foram observados para as linhagens BRA-000027 (1,28%), BRA-000078 (1,26%), BG2 (1,22%) e BRA-O84883 (1,18%). Dados semelhantes foram relatados na literatura por Li *et al.* (2010), Imtiaz *et al.* (2011) e Dahiya *et al.* (2013) com 0,56 a 1,86%; 1,53% e 1,16 a 1,64%, respectivamente.

Na forma de broto “moyashi” também foram observadas diferenças significativas entre as linhagens ($p \leq 0,05$), variando os teores de 1,00 a 1,84%. A linhagem que apresentou maior conteúdo de lipídios foi a BRA-000027 (1,84%), ou seja, assim como para o teor de cinzas, esta linhagem apresentou maior teor de lipídios, tanto para grãos quanto para brotos de feijão-mungo. Cabe ressaltar que as linhagens BRA-O84930 (1,69%), BRA-O84981 (1,68%), BRA-027570 (1,67%), BRA-084808-1 (1,66%) e BRA-O84689 (1,65%), embora menor que a linhagem BRA-000027, apresentaram teores de lipídios maiores do que os das demais cultivares.

A média do conteúdo de lipídios dos grãos foi de 1,06% e depois do processo de germinação, houve aumento de 33% na média ($p \leq 0,05$) para a forma do broto “moyashi” (1,41%), conforme já era previsto tendo em vista que a semente sofre mudanças bioquímicas e fisiológicas durante o processo de germinação.

Na literatura, teores de lipídios para broto de feijão-mungo semelhantes ao deste trabalho foram descritos por Yu-Wei e Wang (2015) no qual o tempo de germinação influenciou significativamente no aumento no valor de lipídios, já que ao início do processo o valor foi de 1,24% e depois de 24 h chegou a ser de 1,46%. Informação também corroborada por Machado *et al.* (2009) os quais demonstraram que o aumento no conteúdo de lipídios é de acordo com o tempo de germinação. Resultados discordantes foram obtidos por Masood, Shah e Zeb (2014) observaram que o tempo de germinação influenciou de maneira significativa na redução do conteúdo de lipídios, cujo valor inicial era de 1,79% e após 72 h reduziu para 1,51%. O máximo da redução ocorreu após 120 h, em que o valor de lipídios atingiu 1,32%. No mesmo sentido, as diminuições foram mostradas por Shah *et al.* (2011).

Entretanto, dados contraditórios podem advir do uso de diferentes metodologias usadas no processo de germinação para a obtenção dos brotos, assim como a manipulação destes (liofilização, desidratação em estufa convencional, temperaturas diferenciadas etc.).

5.1.4 Proteínas

O conteúdo de proteínas nas leguminosas é um dos aspectos mais importantes na qualidade nutricional, especialmente para o feijão-mungo já que é usado como uma fonte econômica de proteínas em substituição às proteínas de origem animal na Ásia (KUDRE; BENJAKUL; KISHIMURA, 2012; YU-WEI; WANG, 2015). Os resultados para proteínas estão apresentados na Tabela 2. Observou-se diferenças significativas entre as linhagens ($p \leq 0,05$).

Para grãos integrais com o fator de 6,25, os teores variaram de 20,35 a 24,49%, sendo que a linhagem BRA-O84689 (24,49%) foi superior às demais, seguida pela BRA-O84654-2 (23,84%). Já fazendo a determinação do conteúdo de proteínas com o fator de 5,75, os teores variaram de 18,72 a 22,53%, a linhagem BRA-O84689 foi superior às demais. Pelo qual os resultados são bons por ter um alto teor de proteínas na forma de grão, corroborando que pode ser uma opção para fornecer este nutriente se é consumido como grãos cozidos, assim como as condições do solo na região de Brasil, ajudaram para obter teores semelhantes aos grãos cultivados na Ásia.

Em relação ao conteúdo de proteínas na forma de grão, Machado *et al.* (2009) obtiveram teores de conteúdo de proteínas de 29,22% em feijão-mungo em comparação com mungo-preto (*Vigna mungo* L.) e guandu-anão (*Cajanus cajan* L.) com teores de proteínas de 25,26 e 22,54% respectivamente. Outros autores como Li *et al.* (2010) avaliaram diferentes variedades de feijão-mungo na China descrevendo conteúdo de proteínas de 24,26 a 28,50%, sendo maiores que os obtidos neste trabalho (Tabela 2). Shi *et al.* (2016) avaliaram vinte cultivares de feijão-mungo e descreveram teores de proteínas fazendo a determinação com fator de conversão de 5,71, variando de 20,0 a 24,3% que são semelhantes com os teores determinados com o fator de 5,75.

Tabela 2 – Composição centesimal de grãos integrais e brotos “moyashi” de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.), valores apresentados em base seca.

Linhagens	¹ Proteínas (%)		² Proteínas (%)		Carboidratos (%)	
	Grãos	Brotos	Grão	Broto	Grãos	Brotos
BRA-084808-1	23,28±0,01 fB	31,66±0,05 jA	21,42±0,01 fA	29,12±0,04 iA	66,06±0,03 fA	50,95±0,04 hB
BRA-084638	22,28±0,08 jB	28,26±0,23 mA	20,46±0,00 jA	26,00±0,21 lA	67,14±0,01 bA	55,49±0,34 aB
BRA-084654-1	23,09±0,01 gB	29,03±0,11 lA	21,24±0,01 gA	26,70±0,10 kA	66,44±0,08 eA	54,50±0,05 bB
BRA-084671	23,45±0,05 eB	36,03±0,03 bA	21,58±0,04 eB	33,15±0,02 aA	65,88±0,09 eA	49,60±0,24 jB
BRA-084841	23,23±0,02 fB	33,64±0,07 fA	21,38±0,02 fB	30,95±0,07 eA	65,55±0,01 hA	51,30±0,27 gB
BRA-000027	20,35±0,04 nB	33,78±0,19 fA	18,72±0,03 mB	31,08±0,17 eA	68,38±0,09 aA	49,63±0,02 jB
BRA-000078	23,19±0,02 fB	34,58±0,01 dA	21,38±0,08 fB	31,81±0,01 cA	65,58±0,05 hA	49,82±0,01 iB
BRA-000221	23,59±0,07 dB	36,24±0,02 aA	21,71±0,07 dB	33,34±0,02 aA	65,56±0,02 hA	48,32±0,06 lB
BRA-084794	22,96±0,06 hB	35,03±0,14 cA	21,12±0,05 hB	32,23±0,13 bA	66,78±0,05 cA	48,68±0,05 kB
BRA-084808-2	22,17±0,04 kB	34,96±0,15 cA	20,40±0,04 jB	32,16±0,14 bA	66,67±0,00 dA	48,71±0,03 kB
BRA-084883	20,53±0,05 mB	29,57±0,16 kA	18,89±0,04 lA	27,21±0,15 jA	68,45±0,03 aA	53,59±0,35 cB
BRA-084654-2	23,84±0,05 bB	33,04±0,12 gA	21,94±0,04 bA	30,40±0,11 fA	65,18±0,07 jA	51,49±0,16 gB
BRA-0084689	24,49±0,05 aB	34,68±0,03 dA	22,53±0,04 aB	31,90±0,03 cA	64,80±0,10 kA	50,05±0,32 iB
BRA-084930	23,77±0,03 cB	32,01±0,19 iA	21,87±0,03 cA	29,45±0,18 hA	65,41±0,06 iA	52,24±0,15 fB
BRA-084981	23,64±0,06 dB	33,87±0,15 eA	21,74±0,06 dB	31,16±0,14 dA	65,57±0,13 hA	50,74±0,98 hB
BRA-084999	22,74±0,09 iB	34,06±0,03 eA	20,92±0,08 iB	31,33±0,03 dA	65,98±0,02 gA	51,43±0,04 gB
BRA-027570	21,98±0,04 lB	29,22±0,13 lA	20,22±0,04 kA	26,88±0,12 kA	66,79±0,09 cA	53,07±0,12 dB
BG2	23,73±0,08 cB	33,93±0,08 eA	21,83±0,07 cB	31,22±0,07 dA	64,79±0,01 kA	51,05±0,03 hB
BG3	23,46±0,04 eB	32,77±0,16 hA	21,58±0,04 eA	30,15±0,14 gA	64,86±0,06 kA	52,66±0,42 eB
BG7	23,26±0,08 fB	31,68±0,07 jA	21,40±0,07 fA	29,14±0,06 iA	65,52±0,01 hA	53,08±0,22 dB
*CV (%)	0,23	0,37	0,24	0,38	0,09	0,38
Média geral	22,95B	32,90A	21,11B	30,27A	66,07A	51,32B

Letras minúsculas iguais nas colunas e letras maiúsculas iguais nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ($p \geq 0,05$). Os dados estão apresentados como média ($n=3$) \pm desvio padrão. *CV – Coeficiente de variação. ¹Proteínas com fator de 6,25. ²Proteínas com fator 5,75.

Esses resultados foram semelhantes aos descritos por Frota, Soares e Arêas (2008) que avaliaram o feijão-caupi do cultivar BRS-Milênio, mostrando teor de proteínas nos grãos crus de 24,5%; No entanto, Delfino e Canniatti-Brazaca (2010) no feijão-comum, sendo o cultivar Perola, descreveram teores de proteínas de 24,96%. Portanto, o feijão-mungo apresentou teores de proteínas semelhantes aos tipos de feijão consumidos pela população Brasileira, confirmando assim que pode ser também uma opção de consumo aqui em Brasil, já que estes resultados demonstram que as condições climáticas e do solo em Brasil foram ótimas para o desenvolvimento desta cultura com teores de proteínas semelhantes aos grãos da Ásia.

Depois do processo de germinação, os brotos “moyashi” apresentaram aumento conteúdo de proteínas, o qual variou de 28,26 a 36,24%. Houve variabilidade entre as linhagens ($p \leq 0,05$), sendo a linhagem BRA-000221 (36,24%) a que apresentou maior conteúdo. Pelo qual, os resultados desse estudo confirmam que o conteúdo de proteínas é maior nos brotos “moyashi”, por isso que tem sido mais valorizado o consumo dele pelo aporte proteico, esses valores são semelhantes segundo Machado *et al.* (2009), que além de avaliar o tempo de germinação, comparou os brotos produzidos com a metodologia proposta por eles, fizeram a comparação com brotos comercializados em Brasil, obtiveram um teor de proteínas nos brotos “moyashi” de 36,74%, portanto, as linhagens avaliadas podem ser comercializados na forma de broto.

A média do conteúdo de proteínas na forma de grão foi de 22,95%, enquanto que para brotos foi de 32,90%, portanto houve aumento de 43% quando os grãos foram submetidos ao processo de germinação, essa diferença foi estatisticamente diferente ($p \leq 0,05$), portanto o conteúdo de proteínas pode ser uma opção para auxiliar a proteína de origem animal que para diversos setores da população está sendo mais difícil o consumo desse tipo de proteína.

Observa-se que não houve relação direta entre as linhagens que apresentaram maior conteúdo proteico na forma de grãos com as linhagens na forma de broto, provavelmente esta diferença entre grãos e brotos foi influenciada pelo conteúdo de outros constituintes que estão presentes em diferentes quantidades nos grãos, portanto o processo fisiológico que ocorre nos grãos, no período de germinação, tem influência nos teores de proteínas (Machado *et al.* 2009)

O aumento no conteúdo de proteínas nos brotos “moyashi” foi descrito por Shah *et al.* (2011) ao avaliarem duas variedades de feijão-mungo foram obtidos teores de 26,8 a 27,7%. Nakamura *et al.* (2015) obtiveram 31,0% de proteínas nos brotos de feijão-mungo e de 38,7% em

brotos de soja. Wongsiri, Ohshima e Duangmal (2015) obtiveram 25,58 a 28,03% e verificaram que o tempo de germinação influenciou no conteúdo de proteínas.

Outros autores que sustentam que o tempo de germinação influencia na composição centesimal, especificamente no conteúdo de proteínas são Masood, Shah e Zeb (2014) que obtiveram 23,5 a 30,43%; assim como Machado *et al.* (2009) que reportaram conteúdo de proteínas de 29,22 a 40,18%. Estes justificaram que o incremento foi devido as mudanças fisiológicas e enzimáticas que ocorrem durante o processo de germinação.

5.1.5 Carboidratos

Em relação ao conteúdo de carboidratos das linhagens, foram observadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) na forma de grão (Tabela 2), com teores variando de 64,79 a 68,45%. As linhagens BRA-O84883 (68,45%) e BRA-000027 (68,38%) apresentaram maior nível de carboidratos. Também foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as linhagens ($p \leq 0,05$), na forma de brotos, com teores variando de 48,32% (BRA-000221) a 55,49% (BRA-084638). Portanto, em relação ao teor de carboidratos observou-se maiores teores dos feijão-mungo na forma de grãos integrais em relação aos brotos ($p \leq 0,05$), o que pode ser explicado pelo fato de que a quantidade de amido é maior esse teor no grão integral de acordo com Shi *et al.* (2016), que esses autores apresentaram teores de amido de 40,6 a 48,9% em vinte cultivares de feijão-mungo. Por isso nos brotos, durante o processo de germinação esses componentes diminuem por hidrolises enzimáticas em monossacáridos que são necessários na germinação dos grãos (MUBARAK, 2005).

Na literatura, Li *et al.* (2010) descreveram teores de carboidratos inferiores nos grãos, 54,25 a 58,69%, em comparação aos dados desta pesquisa nos grãos integrais foi em média de 66,07%. No entanto Dahiya *et al.* (2013) apresentaram teores iguais ou até maiores (67,40 a 73,3%) aos verificados nos grãos integrais das diferentes linhagens estudadas. Shi *et al.* (2011) demonstraram que o tempo de germinação influenciou na diminuição do conteúdo de carboidratos nas duas variedades de feijão-mungo avaliadas, que foi de 64 até 54% de grão para broto, respectivamente. Também foi corroborada a diminuição de carboidratos por Masood, Shah e Zeb (2014), que observaram teores de 57,41 a 47,75%, após 120 h de germinação dos grãos de feijão-mungo.

5.1.6 Valor energético total (VET)

Os resultados referentes ao conteúdo do Valor Energético nos grãos integrais e brotos “moyashi” do feijão-mungo estão demonstradas na Tabela 3. Observaram-se diferenças significativas entre as linhagens ($p \leq 0,05$), variando de 363,17 kcal/100g (BG3) a 368,36 kcal/100g (BRA-084794). Dahiya *et al.* (2013) ao avaliarem diferentes cultivares de feijão-mungo mostraram conteúdo energético de 1510 kJ/100g (360,66 kcal/100g) a 1585 kJ/100g (378,57 kcal/100g) sendo semelhantes a nossa pesquisa. Chandrasiri *et al.* (2016) obtiveram teores maiores, 16,18 kJ/g (386,45 kcal/100g), aos deste trabalho.

Tabela 3 – Conteúdo de Valor Energético Total (VET) em grãos integrais e brotos “moyashi” de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.).

Linhagens	VET (kcal/100 g)	
	Grãos	Brotos
BRA-084808-1	365,99±0,07 dA	345,87±0,05 iB
BRA-084638	366,20±0,49 cA	349,25±0,17 fB
BRA-084654-1	367,05±0,42 bA	347,43±0,18 hB
BRA-084671	367,08±0,14 bA	351,96±0,67 dB
BRA-084841	365,34±0,41 eA	352,74±0,14 cB
BRA-000027	366,33±0,25 cA	350,27±0,07 eB
BRA-000078	366,96±0,02 bA	348,43±0,45 gB
BRA-000221	366,94±0,13 bA	347,36±0,10 hB
BRA-084794	368,36±0,17 aA	347,13±0,22 hB
BRA-084808-2	365,89±0,08 dA	347,40±0,10 hB
BRA-084883	366,48±0,16 cA	344,18±0,08 jB
BRA-084654-2	366,94±0,48 bA	349,14±0,26 fB
BRA-0084689	365,68±0,23 dA	355,24±0,14 aB
BRA-084930	363,97±0,35 gA	353,44±0,06 bB
BRA-084981	365,76±0,19 dA	353,75±0,82 bB
BRA-084999	365,13±0,29 eA	354,65±0,08 aB
BRA-027570	364,80±0,11 fA	346,14±0,76 iB
BG2	365,36±0,12 eA	350,45±0,11 eB
BG3	363,17±0,29 hA	350,42±0,01 eB
BG7	364,18±0,27 gA	352,30±0,69 dB
*CV (%)	0,07	0,10
Média geral	365,88A	349,88B

Letras minúsculas iguais nas colunas e letras maiúsculas iguais nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ($p \geq 0,05$). Os dados estão apresentados como média ($n=3$) \pm desvio padrão. *CV – Coeficiente de variação.

Na forma de broto “moyashi” também foram observadas diferenças entre as linhagens avaliadas ($p \leq 0,05$) de 344,18 a 355,24 kcal/100g. As linhagens com maior aporte no VET foram: BRA-O84689 (355,24 kcal/100g) e BRA-O84999 (354,65 kcal/100g), BRA-O84981 (353,75 kcal/100g). Masood, Shah e Zeb (2014) descreveram VET variando de 309,0 kcal/100g a 333,0 kcal/100g na avaliação de brotos, valores menores aos descritos nesta pesquisa.

O VET para brotos foi menor ($p \leq 0,05$) aos apresentados para grãos, esse fato pode ser explicado pelo alto teor de carboidratos na forma de grão, já que nos brotos o teor de carboidratos foi menor, o qual influencia no teor de energia de qualquer alimento.

5.2 CONTEÚDO DE MINERAIS

Os resultados referentes à microminerais apresentados pelas vinte linhagens como grãos integrais e brotos “moyashi” estão demonstrados na Tabela 4.

5.2.1 Zinco

Houve diferença significativa entre as linhagens de feijão-mungo ($p \leq 0,05$) para conteúdo de zinco em grãos integrais. O teor de zinco variou de 3,11 a 3,96 mg/100g (Tabela 4), sendo que as linhagens BRA-O084689 (3,96 mg/100g) e BRA-000027 (3,94 mg/100g) apresentaram os maiores teores. Comparativamente aos teores de zinco 1,2 a 2,1 mg/100g, obtidos por Dahiya *et al.* (2013) ao estudarem dez variedades na Índia, os resultados verificados neste estudo foram maiores. Nair *et al.* (2015) avaliaram grãos em dois diferentes anos (2011 e 2012) e constataram variações nas concentrações de zinco, as quais variaram entre 4,1 a 6,2 mg/100g em 2011 e entre 2,1 a 3,4 mg/100g em 2012, ou seja, essa característica está sujeita a influências ambientais.

Na forma de brotos, obteve-se diferenças significativas entre as linhagens ($p \leq 0,05$), as quais variaram de 4,59 mg/100g (BRA-O84930) a 6,44 mg/100g (BRA-000027) de zinco (Tabela 4). A linhagem, BRA-000027, que apresentou o maior conteúdo de zinco nos grãos também evidenciou maior teor na forma de brotos, evidenciando seu potencial.

O conteúdo de zinco nos brotos foi maior ($p \leq 0,05$) ao conteúdo presente nos grãos, ou seja, este foi influenciado pelo processo de germinação, sendo o aumento na ordem de 23%. De acordo com o regulamento técnico referente à informação nutricional complementar (BRASIL, 2012), a recomendação para zinco da Ingestão Dietética de Referência (DRI) é 7 mg/dia, pelo qual os grãos integrais aportariam 50,71%; por consequência nos brotos seriam de 76,57%, sendo que o feijão-mungo tem um elevado teor deste nutriente nos grãos e brotos “moyashi”, cumprindo com o critério de alimento com alto conteúdo, mínimo 30% do DRI (BRASIL, 2012). Devido ao zinco ser um micronutriente essencial na saúde, o teor obtido nesta pesquisa pode fornecer esse micronutriente no consumo alimentar da população adulta destacando-se as pessoas que preferem alimentos saudáveis.

5.2.2 Ferro

Em relação ao conteúdo de Fe nos grãos ocorreu diferença significativa entre as linhagens ($p \leq 0,05$). O teor de ferro variou de 4,75 mg/100g (BRA-084638) a 14,26 mg/100g (BG3) (Tabela 4). Estes teores são maiores que os descritos por Machado *et al.* (2009) que obtiveram 4,45 mg/100g de ferro. Da mesma forma, Dahiya *et al.* (2013) apresentaram teores de Fe variando de 3,6 a 4,6 mg/100g, na avaliação de dez variedades de feijão-mungo na Índia. Já em feijão-caupi, Frota, Soares e Arêas (2008) apresentaram teores de Fe de 6,8 mg/100g para a cultivar BRS-Milenio, pelo qual nossos resultados confirmam que as condições climáticas e agrônômicas que prevalecem em Brasil influenciam no teor deste mineral, já que foi maior o conteúdo em comparação com grãos dos estudos realizados na Índia.

Em relação ao conteúdo de ferro na forma de broto “moyashi”, encontrou-se variabilidade significativa entre as linhagens ($p \leq 0,05$) (Tabela 4). O teor variou de 7,49 mg/100g (BRA-027570) a 9,19 mg/100g (BRA-084654-1). Em relação ao teor de ferro nos grãos, houve incremento de 17%, no entanto as linhagens BG2, BG3 e BG7 apresentaram teor de ferro mais elevado na forma de grãos do que na forma de brotos. Machado *et al.* (2009) obtiveram teores entre 4,35 a 5,58 mg/100g, portanto menores que os obtidos nesse estudo. Dados semelhantes aos do presente estudo foram verificados por Nunes *et al.* (2015) com teor de 9,25 mg/100g, assim como por Mubarak (2005) com teor de 9,65 mg/100g.

Tabela 4 – Conteúdo de microminerais em grãos integrais e brotos “moyashi” de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.).

Linhagens	Zinco (mg/100g)		Ferro (mg/100g)		Cobre (mg/100g)		Manganês (mg/100g)	
	Grãos	Brotos	Grãos	Brotos	Grãos	Brotos	Grãos	Brotos
BRA-084808-1	3,11±0,04 iB	5,72±0,02 dA	5,47±0,00 gB	8,82±0,08 dA	1,01±0,01 cB	2,01±0,06 dA	1,17±0,07 fB	1,66±0,03 dA
BRA-084638	3,43±0,01 gB	5,93±0,04 cA	4,75±0,05 hB	9,07±0,08 bA	1,12±0,02 bB	2,28±0,09 cA	1,16±0,01 fB	1,63±0,07 dA
BRA-084654-1	3,44±0,03 gB	6,11±0,10 bA	4,92±0,16 hB	9,19±0,03 aA	0,86±0,03 eB	1,86±0,02 eA	1,53±0,02 bB	2,26±0,05 aA
BRA-084671	3,56±0,02 eB	5,13±0,05 hA	6,19±0,27 fB	8,65±0,04 eA	0,89±0,02 dB	1,88±0,02 eA	1,32±0,03 dB	1,88±0,06 cA
BRA-084841	3,34±0,07 hB	5,25±0,02 gA	5,59±0,17 gB	8,71±0,01 eA	0,86±0,02 eB	2,63±0,03 aA	1,38±0,01 dB	1,57±0,01 eA
BRA-000027	3,94±0,01 aB	6,44±0,04 aA	5,63±0,07 gB	8,81±0,07 dA	1,22±0,03 aB	2,39±0,07 bA	1,44±0,04 cB	1,68±0,02 dA
BRA-000078	3,52±0,03 fB	5,87±0,10 cA	7,28±0,05 dB	9,04±0,11 bA	1,03±0,01 cB	1,97±0,05 dA	1,52±0,01 bA	1,54±0,08 eA
BRA-000221	3,49±0,02 fB	5,75±0,10 dA	6,50±0,26 eB	8,96±0,05 cA	0,90±0,01 dB	1,75±0,02 fA	1,28±0,01 eB	1,39±0,04 gA
BRA-084794	3,50±0,06 fB	5,46±0,08 fA	6,11±0,05 fB	8,91±0,09 cA	0,80±0,01 fB	1,63±0,02 gA	1,34±0,08 dA	1,39±0,02 gA
BRA-084808-2	3,44±0,06 gB	5,36±0,19 gA	8,68±0,10 cA	8,64±0,07 eA	0,83±0,01 eB	1,64±0,01 gA	1,32±0,02 dB	1,40±0,06 gA
BRA-O84883	3,59±0,06 dB	5,45±0,07 fA	8,63±0,77 cA	8,90±0,05 cA	1,11±0,02 bB	2,06±0,01 dA	1,36±0,03 dB	1,51±0,06 eA
BRA-O84654-2	3,50±0,01 fB	5,15±0,04 hA	6,70±0,19 eB	8,87±0,01 cA	0,78±0,02 fB	1,52±0,05 hA	1,29±0,03 eB	1,38±0,06 gA
BRA-O084689	3,96±0,09 aB	5,61±0,03 eA	6,85±0,09 eB	8,87±0,06 cA	0,86±0,02 eB	1,67±0,06 gA	1,83±0,03 aB	2,17±0,05 bA
BRA-O84930	3,33±0,03 hB	4,59±0,00 jA	4,75±0,08 hB	8,66±0,02 eA	0,82±0,02 fB	1,59±0,02 gA	0,98±0,05 gB	1,19±0,02 hA
BRA-O84981	3,64±0,02 dB	5,31±0,06 gA	6,09±0,93 fB	8,82±0,05 dA	0,85±0,04 eB	1,63±0,04 gA	1,22±0,09 eB	1,62±0,01 dA
BRA-O84999	3,61±0,02 dB	4,69±0,04 jA	6,30±0,18 fB	8,59±0,03 eA	0,93±0,02 dB	1,41±0,01 iA	1,00±0,03 gB	1,47±0,00 fA
BRA-027570	3,71±0,01 cB	4,86±0,03 iA	6,36±0,03 fB	7,49±0,04 gA	1,06±0,02 cB	1,70±0,01 fA	1,35±0,06 dA	1,39±0,03 gA
BG2	3,55±0,02 eB	4,72±0,02 jA	13,73±0,13 bA	8,57±0,01 eB	0,86±0,08 eB	1,57±0,05 gA	1,26±0,02 eB	1,35±0,04 gA
BG3	3,62±0,03 dB	4,68±0,01 jA	14,26±0,40 aA	8,04±0,05 fB	1,03±0,02 cB	1,71±0,02 fA	1,36±0,02 dB	1,46±0,04 fA
BG7	3,78±0,02 bB	5,14±0,09 hA	13,25±0,01 bA	8,11±0,05 fB	0,91±0,00 dB	1,62±0,05 gA	1,50±0,01 bB	1,61±0,01 dA
*CV (%)	1,11	1,37	4,21	0,65	2,94	2,34	3,13	2,78
Média geral	3,55B	5,36A	7,40B	8,68A	0,94B	1,82A	1,33B	1,58A

Letras minúsculas iguais nas colunas e letras maiúsculas iguais nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ($p>0,05$). Os dados estão apresentados como média ($n=3$) ± desvio padrão. *CV – Coeficiente de variação.

Para o ferro, de acordo com a Ingestão Dietética de Referência (DRI) é recomendável 14 mg/dia, por tanto os grãos fornecem 52,86% deste mineral, destacando-se as linhagens BG3, BG2 e BG7, os quais fornecem 101,86; 98,07 e 94,64%, respectivamente. Já os brotos fornecem o 62% deste nutriente, destacando-se a linhagem BRA-084654-1 fornecendo 65,64%. Dessa forma os grãos e brotos são alimentos com alto teor de ferro, já que cumprem com o critério de que um alimento é considerado ter alto conteúdo de um nutriente quando fornece pelo menos 30% do DRI (BRASIL, 2012). Sendo uma opção para o consumo alimentar saudável da população de leguminosas com elevado teor de ferro, já que é importante na manutenção do equilíbrio das funções do organismo, melhora a capacidade física e mental (BRASIL, 2007). Portanto, como o ferro é importante na síntese de células vermelhas do sangue e no transporte do oxigênio no organismo, a quantidade de ferro presente nos brotos pode contribuir nas deficiências de ferro, principalmente na anemia ferropriva, se o consumo pela população deste tipo de alimento aumenta (BRASIL, 2013).

5.2.3 Cobre

Para o conteúdo de cobre na forma de grãos, foram identificadas diferenças significativas entre as linhagens ($p \leq 0,05$). Foram observados teores de cobre variando de 0,78 mg/100g (BRA-084654-2) a 1,22 mg/100g (BRA-000027) (Tabela 4). Dados semelhantes foram apresentados por Nair et al. (2015) ao avaliarem o teor de cobre em dois anos consecutivos. No ano de 2011, os teores de cobre foram de 0,79 a 0,90 mg/100g, e em 2012, foram de 0,75 a 1,19 mg/100g corroborando que as condições climáticas influenciam no conteúdo de minerais, portanto as condições climáticas em Brasil são ótimas para o desenvolvimento desta cultura beneficiando o conteúdo neste mineral.

Para brotos, houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as linhagens de feijão-mungo para o teor de cobre. Os teores variaram de 1,41 mg/100g (BRA-O84999) a 2,63 mg/100g (BRA-084841) (Tabela 4). O teor de cobre nos brotos foi maior ($p \leq 0,05$) ao presente nos grãos, em média 93%, indicando que o processo de germinação influenciou positivamente no aumento da concentração deste mineral.

Para o cobre a recomendação, de acordo com a Ingestão Dietética de Referência (DRI) é de 0,9 mg/dia, sendo que os grãos integrais e brotos fornecem 104,44 e 202,22%, respectivamente. Neste estudo o feijão-mungo, o teor de cobre destacou-se no grão a linhagem BRA-000027 e no broto a linhagem BRA-084841. Portanto o feijão-mungo poderia ser classificado como um alimento que tem elevado teor de cobre nas duas formas, cumprindo com o critério de que um alimento tem alto conteúdo de um nutriente quando fornece pelo menos 30% do DRI. O cobre, ajuda na absorção do ferro, necessário para a produção de energia e regulador do colesterol. (BRASIL, 2012).

5.2.4 Manganês

No caso do teor de manganês nos grãos, houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as linhagens (Tabela 4), sendo que os teores observados variaram de 0,98 mg/100g (BRA-O84930) a 1,83 mg/100g (BRA-O084689). Da mesma forma nos brotos ocorreu diferença significativa ($p \leq 0,05$), com teores variando de 1,19 mg/100g (BRA-O84930) a 2,26 mg/100g (BRA-084654-1). Houve aumento significativo ($p \leq 0,05$) de 18% do teor de manganês nos brotos. Dados semelhantes foram apresentados por Nair *et al.* (2015) ao avaliarem diferentes variedades de feijão-mungo, os teores variaram de 0,98 a 1,96 mg/100g. Dados descritos por Mubarak (2005) evidenciam teores de 1,70 mg/100g tanto para grão quanto para broto de feijão-mungo.

Para o manganês a Ingestão Dietética de Referência (DRI) é de 2,3 mg/dia, para contribuir na ativação de enzimas que participam do metabolismo dos carboidratos, aminoácidos e colesterol. De acordo com os resultados da Tabela 4, os grãos integrais e brotos fornecem na alimentação a quantidade de 57,83 e 68,69%, respectivamente, destacando-se em importância pelo aporte nutricional no grão a linhagem BRA-O084689 e no broto a linhagem BRA-084654-1. Portanto o feijão-mungo nas duas formas é um alimento que tem elevado teor deste nutriente, cumprindo também o critério de alimento rico em um nutriente (BRASIL, 2012).

Os resultados para os macrominerais (P, Mg, K e Na) estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Conteúdo de macrominerais em grãos integrais e brotos “moyashi” de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.).

Linhagens	Fósforo (mg/100g)		Magnésio (mg/100g)		Potássio (mg/100g)		Sódio (mg/100g)
	Grãos	Brotos	Grãos	Brotos	Grãos	Brotos	Brotos
BRA-084808-1	445,66±3,54 nB	634,82±2,99 iA	154,05±0,28 iB	219,14±0,58 fA	1176,47±1,17 iB	1535,02±2,68 gA	78,55±0,31 c
BRA-084638	479,22±1,09 jB	709,36±5,00 eA	166,64±0,89 eB	236,07±1,23 dA	1165,74±4,32 iB	1547,94±0,32 fA	98,36±0,85 a
BRA-084654-1	476,03±0,68 jB	765,81±0,96 bA	150,98±1,46 jB	234,83±0,08 dA	1205,59±10,69 gB	1574,57±0,23 dA	98,30±0,12 a
BRA-084671	468,86±1,96 kB	583,68±2,11 lA	162,42±0,29 gB	200,73±0,43 iA	1168,92±5,79 iB	1440,81±1,68 lA	58,24±0,24 f
BRA-084841	482,41±2,68 iB	698,89±0,97 fA	152,15±2,34 jB	224,52±0,67 eA	1209,13±3,60 gB	1546,64±0,00 fA	58,00±0,00 f
BRA-000027	554,49±2,87 aB	802,17±0,41 aA	176,48±0,29 cB	266,75±2,47 aA	1298,25±0,32 cB	1660,53±0,37 aA	59,49±0,18 d
BRA-000078	498,90±1,84 eB	690,74±12,60 gA	170,88±0,14 dB	223,95±4,07 eA	1265,45±1,25 eB	1532,79±0,38 gA	58,95±0,01 e
BRA-000221	491,26±0,14 gB	700,04±0,73 fA	171,02±0,71 dB	238,40±1,66 cA	1269,98±7,66 eB	1582,80±0,21 cA	59,30±0,04 d
BRA-084794	481,59±1,79 iB	645,26±2,75 hA	190,86±2,01 aB	252,78±2,10 bA	1184,23±1,96 hB	1587,08±3,50 bA	78,37±0,17 c
BRA-084808-2	452,39±0,33 mB	629,81±0,84 iA	182,88±0,85 bB	218,83±0,77 fA	1193,87±1,62 hB	1558,07±0,89 eA	59,36±0,16 d
BRA-084883	504,91±2,18 dB	717,93±0,91 dA	164,12±0,17 fB	225,15±0,59 eA	1262,25±10,39 eB	1575,04±0,24 dA	58,95±0,10 e
BRA-084654-2	457,19±3,36 lB	621,29±4,39 jA	166,98±1,12 eB	201,32±1,38 iA	1186,55±7,77 hB	1478,93±3,28 jA	58,98±0,04 e
BRA-0084689	459,52±3,45 lB	580,91±1,03 lA	160,19±0,13 hB	207,47±2,38 hA	1280,48±2,84 dB	1458,85±0,72 kA	59,00±0,12 e
BRA-084930	486,95±0,78 hB	641,33±4,92 hA	176,17±0,45 cB	222,95±0,97 eA	1221,09±4,21 fB	1520,61±1,13 hA	39,50±0,03 g
BRA-084981	477,51±4,11 jB	628,35±2,92 iA	162,61±1,76 gB	201,78±0,54 iA	1206,28±8,14 gB	1504,96±3,73 iA	59,41±0,15 d
BRA-084999	493,58±0,79 fB	590,74±0,87 kA	159,42±1,11 hB	188,69±0,00 jA	1219,92±5,38 fB	1426,11±3,88 mA	39,47±0,04 g
BRA-027570	518,54±0,31 cB	650,07±2,81 hA	162,91±0,50 gB	185,63±0,75 kA	1293,87±4,19 cB	1458,85±1,44 kA	59,14±0,06 e
BG2	548,09±3,35 bB	733,78±3,11 cA	165,09±0,85 fB	203,60±0,53 iA	1432,17±16,24 aB	1519,87±3,37 hA	79,13±0,00 b
BG3	494,83±0,75 fB	620,06±1,04 jA	171,41±1,05 dB	202,41±1,21 iA	1423,64±3,52 aA	1401,43±1,73 nB	59,36±0,07 d
BG7	507,05±1,62 dB	646,69±2,84 hA	172,72±0,35 dB	211,69±2,68 gA	1378,30±3,73 bB	1386,49±2,40 oA	39,61±0,07 g
*CV (%)	0,46	0,57	0,63	0,74	0,51	0,14	0,36
Média geral	488,95B	664,58A	166,99B	218,33A	1252,11B	1514,87A	62,97

Letras minúsculas iguais nas colunas e letras maiúsculas iguais nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ($p \geq 0,05$). Os dados estão apresentados como média ($n=3$) \pm desvio padrão. *CV – Coeficiente de variação.

5.2.4 Fósforo

Para o teor de fósforo, na forma de grãos, as linhagens apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) (Tabela 5). Os teores variaram de 445,66 (BRA-084808-1) a 554 mg/100g (BRA-000027). Nair *et al.* (2015) mostraram teores de 276,0 a 489,0 mg/100g, portanto menores aos desse estudo. Já Machado *et al.* (2009), obtiveram teor de fósforo de 466,67 mg/100g nos grãos de feijão-mungo, resultado semelhante ao do presente estudo.

Na forma de broto, houve diferença significativa entre as linhagens ($p \leq 0,05$), apresentando variação de 580,91 mg/100g (BRA-O084689) a 802,17 mg/100g (BRA-000027). Teores inferiores a estes foram apresentados por Machado *et al.* (2009), que obtiveram variação de 406,62 a 590,00 mg/100g após seis dias de germinação dos grãos, corroborando que o tempo de germinação e as condições na câmara de germinação influenciam nas características nutricionais dos brotos.

O teor de fósforo nos brotos foi significativamente maior ($p \leq 0,05$) ao teor de fósforo nos grãos, essa superioridade foi de 35%, o que indica que o processo de germinação influencia no teor deste mineral de forma positiva. A linhagem BRA-000027 apresentou-se superior às demais tanto na forma de grão quanto na forma de brotos.

Para fósforo a Ingestão Dietética de Referência (DRI) é de 700 mg/dia já que este mineral é importante na formação dos ossos, bem como das contrações musculares, assim os grãos integrais e brotos fornecem na dieta alimentar de 69,85 e 94,94% respectivamente, destacando-se a linhagem BRA-000027 tanto para grão integral e como broto. O feijão-mungo pode ser classificado como um alimento fonte deste nutriente como grão integral e como broto é um alimento com elevado teor deste mineral (BRASIL, 2012).

5.2.5 Magnésio

As linhagens avaliadas apresentaram variabilidade ($p \leq 0,05$) para o teor de magnésio na forma de grãos (Tabela 5). Os limites foram 150,98 mg/100g (BRA-084654-1) a 190,86 mg/100g (BRA-084794). Dados semelhantes foram apresentados por Dahiya *et al.* (2013), que avaliaram dez variedades de feijão-mungo e obtiveram teores de 137 a 166 mg/100g. Nair *et al.* (2015), descreveram conteúdo de magnésio variando de 97,0 a 156 mg/100g, portanto inferior aos encontrados neste estudo.

Em relação ao conteúdo de magnésio na forma de broto, observou-se diferença significativa entre as linhagens ($p \leq 0,05$), os dados variaram de 185,63 mg/100g (BRA-027570) a 266,75 mg/100g (BRA-000027) (Tabela 5). O teor de magnésio nos brotos foi superior ($p \leq 0,05$), em torno de 30%, ao obtido nos grãos, confirmando que o processo de germinação aumenta o conteúdo de minerais.

Para magnésio, a Ingestão Dietética de Referência (DRI) é de 260 mg/dia, sendo necessário para a atividade hormonal do organismo, portanto a importância da quantidade que fornecem os grãos integrais e brotos numa alimentação é de 64,23% e 83,97% respectivamente, podendo-se observar que nos brotos a quantidade que aportam no DRI é maior que nos grãos integrais, o que pode ser justificado pelas mudanças fisiológicas durante o período de germinação. Destacaram-se as linhagens nos grãos integrais e brotos BRA-084794 e BRA-000027, respectivamente, que aportariam acima de 90% do DRI, assim, a maioria das linhagens estudadas podem ser classificadas como um alimento que tem elevado teor do nutriente em questão, já que fornece pelo menos 30% do DRI (BRASIL, 2012).

5.2.6 Potássio

Para o teor de potássio, na forma de grãos, houve diferença significativa entre as linhagens ($p \leq 0,05$). Os teores variaram de 1.165,74 mg/100g (BRA-084638) a 1.432,17 mg/100g (BG2) (Tabela 5). Nair *et al.* (2015) ao avaliarem diferentes variedades de feijão-mungo na Índia, obtiveram teores de 867,0 a 1.410,0 mg/100g de potássio, resultados semelhantes aos deste estudo. Da mesma forma Machado *et al.* (2009) apresentaram teores semelhantes de potássio de 1.314,44 mg/100g.

Na forma de broto, o teor de potássio apresentou diferença significativa entre as linhagens ($p \leq 0,05$), os quais variaram de 1.386,49 mg/100g (BG7) a 1.660,53 mg/100g (BRA-000027) (Tabela 5). Foi também observada ($p \leq 0,05$) em torno de 20% do teor de potássio na forma de brotos em relação aos grãos.

Para potássio a Ingestão Dietética de Referência (DRI) é de 4.700 mg/dia sendo este mineral importante no controle da pressão arterial, assim os grãos integrais e brotos fornecem na dieta alimentar de 26,64 e 32,23% respectivamente, destacando-se as linhagens BG2 e BG3 como grão

integral, e a linhagem BRA-000027 como broto. O feijão-mungo pode ser classificado como um alimento fonte deste nutriente como grão integral e como broto é um alimento com elevado teor deste mineral (BRASIL, 2012).

5.2.7 Sódio

Na forma de broto “moyashi”, foram evidenciadas diferenças significativas entre as linhagens ($p \leq 0,05$) para o conteúdo de sódio que variou de 39,47 mg/100g (BRA-O84999) a 98,36 mg/100g (Tabela 5). As linhagens que apresentaram maior teor de sódio foram BRA-084638 (98,36 mg/100g) e BRA-084654-1 (98,30 mg/100g). Machado *et al.* (2009) e Mubarak (2005) determinaram menores teores de sódio, 17,03 e 11,60 mg/100g, respectivamente, em relação a este estudo.

Para sódio a Ingestão Dietética de Referência (DRI) é de 1.500 mg/dia, sendo importante na regulação da pressão arterial, participa na absorção de aminoácidos, glicose e água. De acordo com nossos resultados mostrados na Tabela 5, o feijão-mungo fornecem na alimentação diária na forma de brotos a quantidade de 4,20%, por tanto os brotos aportam baixo teor de sódio mediante o consumo deste alimento nas saladas que é a maneira usual de uso.

Na Tabela 6 observa-se a porcentagem de adequação dos minerais presentes nas farinhas de grãos integrais e brotos de feijão-mungo, que foram usadas na determinação das análises no presente estudo.

Tabela 6 – Conteúdo mineral das farinhas de grãos integral e brotos de feijão-mungo e porcentagem de adequação a Ingestão Dietética de Referência – DRI.

Minerais	*DRI mg/dia	Grãos		Brotos	
		Média ± DP (mg/100g)	Porcentagem de adequação a DRI	Média ±DP (mg/100g)	Porcentagem de adequação a DRI
Ferro	14	7,40	52,86	8,68	62,00
Zinco	7	3,55	50,71	5,36	76,57
Cobre	0,9	0,94	104,44	1,82	202,22
Manganês	2,3	1,33	57,83	1,58	68,69
Fósforo	700	488,95	69,85	664,58	94,94
Magnésio	260	166,99	64,23	218,33	83,97
Potássio	4.700	1252,11	26,64	1514,11	32,23
Sódio	1.500	Nd	Nd	62,97	4,20

*Ingestão Dietética de Referência (BRASIL, 2012). Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

5.3 COMPOSTOS BIOATIVOS

5.3.1 Compostos fenólicos totais

A Tabela 7 apresenta o conteúdo de compostos fenólicos totais obtidos nos grãos integrais e na forma de broto “moyashi” do feijão-mungo. Para as linhagens na forma de grão integral, observou-se diferenças significativas ($p \leq 0,05$). O conteúdo de compostos fenólicos variou de 153,81 a 183,65 mg/100g, respectivamente para as linhagens BRA-000027 e BG3.

Resultados com maiores teores foram apresentados por Ali *et al.* (2015) que obtiveram 1.162 mg GAE/100g após o processo de fermentação de feijão-mungo, essa diferença com os resultados obtidos e pode ser devido à metodologia utilizada para a extração dos compostos fenólicos, sendo que os autores usaram água deionizada, e neste estudo a solução de extração foi metanol a 50% e acetona a 70%, Luo *et al.* (2016) estudaram a composição de compostos bioativos presentes nas diferentes partes do feijão-mungo e descreveram teores de compostos fenólicos no grão de 535 mg de GAE/100g e na casca de 2.958 mg de GAE/100g, essas diferenças com os

resultados também pode ser devido a solução de extração, pois os referidos autores fizeram a extração com etanol a 70%. Essas diferenças na solução de extração como influência nos resultados dos compostos fenólicos foram corroboradas por Kim *et al.* (2012) no feijão-mungo. Outros fatores que podem influenciar nos teores de compostos fenólicos totais podem ser as condições climáticas que prevalecem em Brasil, já que a maioria dos estudos deste tipo de feijão são na Ásia, assim como também o genótipo, variedade do feijão e os nutrientes do solo onde foi cultivado a cultura.

No entanto, pesquisas realizadas por Lee *et al.* (2011), ao compararem os teores de fenólicos que estão presentes na soja e no feijão-mungo na Coreia, verificaram que o feijão-mungo apresentou maior conteúdo de fenólicos 203 mg de GAE/100g em comparação com grãos da soja 113 mg de GAE/100g. Também Marathe *et al.* (2011) compararam diferentes leguminosas consumidos na Índia, e mostraram conteúdo de compostos bioativos para o feijão-mungo de 183,4 mg de GAE/100g. Zhang *et al.* (2013) avaliaram a composição centesimal, antioxidante e propriedades anti-inflamatórias de dez amostras comercializadas de feijão-mungo na China, sendo que eles descreveram teores de compostos fenólicos entre 186 e 507 mg de GAE/100g, esses resultados nos diferentes estudos citados anteriormente são semelhantes aos avaliados nas diferentes linhagens do presente trabalho (Tabela 7).

Tabela 7 – Conteúdo de compostos fenólicos totais em grãos integrais e brotos “moyashi” de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.).

Linhagens	Fenólicos Totais (mg GAE*/100g)	
	Grãos	Brotos
BRA-000027	183,65 ± 3,98 aB	504,74 ± 7,95 aA
BRA-O84654-2	176,78 ± 3,98 bA	390,29 ± 7,96 cA
BRA-O084689	174,45 ± 3,98 bA	371,78 ± 0,00 dA
BG3	153,81 ± 3,98 cB	440,61 ± 0,00 bA
BG7	156,01 ± 3,98 cA	380,97 ± 7,96 dA
**CV (%)	2,36	1,48
Média	168,94B	417,68A

*Equivalentes de Ácido Gálico (GAE). Letras minúsculas iguais nas colunas e letras maiúsculas iguais nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ($p \geq 0,05$). Os dados estão apresentados como média ($n=3$) ± desvio padrão. **CV – Coeficiente de variação.

Com relação ao conteúdo de compostos fenólicos na forma de broto “moyashi”, as linhagens apresentaram comportamento diferentes entre si ($p \leq 0,05$) (Tabela 7), sendo observada variação de 371,78 mg/100g (BRA-084689) a 504,74 mg/100g (BRA-000027).

Guo *et al.* (2012) avaliaram o efeito da germinação no perfil fito-químico e atividade antioxidante nos brotos de feijão-mungo e observaram no terceiro dia teores de compostos fenólicos de 380 mg de GAE/100g, já após nove dias de germinação o conteúdo de fenólicos foi de 966,4 mg de GAE/100g, indicando que o tempo de germinação dentro de outros fatores, influencia no conteúdo de compostos fenólicos.

Huang, Cai e Xu (2014) também avaliaram as mudanças dos nutrientes e na capacidade antioxidante nos brotos de soja e de feijão-mungo em diferentes dias de germinação, onde eles mostraram teores de compostos fenólicos no terceiro dia de 41 mg de GAE/100g e no quinto dia de 65 mg de GAE/100g para o feijão-mungo e de 44 mg de GAE/100g na soja. Xue *et al.* (2016) observaram que o tempo de germinação influenciou no conteúdo de compostos fenólicos de feijão-mungo, esses observaram teor de 579 mg de GAE/100g no quinto dia de germinação.

O teor de fenólicos totais em brotos foi maior ($p \leq 0,05$) ao determinado para grãos, possivelmente devido aos processos fisiológicos que acontecem durante o desenvolvimento do broto, já que os compostos fenólicos são metabolitos secundários que a função deles na planta é de proteção e do crescimento da planta, o qual justifica o aumento no teor de fenólicos totais nos brotos. O conteúdo na linhagem BRA-000027 foi superior em ambas as formas. Os estudos de Wongsiri *et al.* (2015) evidenciaram que após 24 horas da germinação os brotos apresentaram teor de compostos fenólicos totais de 978 mg de GAE/100g, enquanto que no grão foi de 281,0 mg de GAE/100g. Pająk *et al.* (2014) mostraram que o processo de germinação do feijão-mungo influenciou positivamente no aumento de compostos fenólicos, sendo que este aumento atingiu 841% em comparação ao conteúdo na forma de grão. Portanto, os resultados de nossa pesquisa apresentaram o mesmo comportamento do anterior estudo, no qual os compostos fenólicos totais foram maiores que os flavonoides, flavanois e antocianinas.

5.3.2 Flavonoides totais

Na Tabela 8 estão apresentados os teores de flavonoides totais para as diferentes linhagens de feijão-mungo na forma de grãos integrais e brotos “moyashi”.

De acordo como os resultados (Tabela 8), houve diferença estatisticamente significativa entre as linhagens na forma de grão integral sendo que as linhagens BRA-O084689 (145,70 mg/100g) e BRA-000027 (139,86 mg/100g) apresentaram maiores teores que as demais quanto ao teor de flavonoides.

Tabela 8 – Conteúdo de flavonoides totais em grãos integrais e brotos “moyashi” de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.).

Linhagens	Flavonoides totais (mg EQ*/100 g)	
	Grãos	Brotos
BRA-000027	139,86 ± 3,38 aA	158,52 ± 6,76 aA
BRA-O84654-2	126,20 ± 3,38 bA	111,79 ± 6,76 bA
BRA-O084689	145,70 ± 3,38 aA	115,66 ± 6,76 bA
BG3	122,30 ± 3,38 bA	53,19 ± 6,76 dB
BG7	128,08 ± 3,38 bA	80,53 ± 6,76 cA
*CV (%)	2,55	6,50
Média	132,43A	103,94B

*Equivalentes à Quercetina (EQ). Letras minúsculas iguais nas colunas e letras maiúsculas iguais nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ($p \geq 0,05$). Os dados estão apresentados como média ($n=3$) ± desvio padrão. *CV – Coeficiente de variação.

Lee *et al.* (2011), Luo *et al.* (2016) e Shi *et al.* (2016) avaliaram grãos de feijão-mungo e obtiveram teores de flavonoides acima dos descritos nesta pesquisa. Possivelmente essa diferença possa ser explicada pelo método e a curva padrão para expressar os equivalentes em catequina ou na rutina, já que também foram usados outros comprimentos de onda pelo fato de usarem esses padrões, dentre outros fatores.

Na forma de brotos “moyashi”, observa-se que houve diferença estatística significativa entre as linhagens ($p \leq 0,05$) para o teor de flavonoides totais (Tabela 8), sendo a linhagem BRA-000027 a que apresentou maior teor de flavonoides (158,52 mg/100g).

No estudo de Pajak *et al.* (2014) ao avaliarem o perfil fenólico e a atividade antioxidante de feijão-mungo na forma de grãos e de brotos, mostraram teores de flavonoides na forma de grão de 510,0 mg de EQ/100g e na forma de broto de 1.370,0 mg de EQ/100g, esses dados são maiores que os obtidos no presente estudo, provavelmente, devido à diferença na metodologia para produzir os brotos e às características agrônômicas dos grãos.

O teor de flavonoides da linhagem BG3 diminuiu após o processo de germinação, sendo este maior na forma de grãos integrais. A redução na média para todas as linhagens foi de 21,5%

no teor desses compostos. Importante ressaltar que a linhagem BRA-000027 apresentou maior teor de compostos fenólicos totais em ambas as formas: grãos e brotos.

Estudos de Chandrasiri *et al.* (2016), Guo *et al.* (2012) e Xue *et al.* (2016) apresentaram teores de flavonoides maiores na forma de broto em comparação com os teores na forma de grãos. Provavelmente, esta diferença é devido à metodologia da germinação, assim como aquela para determinar os flavonoides, os quais usaram a rutina ou a catequina na construção da curva padrão para determinação do teor de flavonoides em miligramas equivalentes.

5.3.3 Flavanois

Os teores de flavanois ou taninos condensados dos grãos integrais e broto “moyashi” do feijão-mungo encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9 – Conteúdo de flavanois em grãos integrais e brotos “moyashi” de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.).

Linhagens	Flavanois (mg CE/100 g)	
	Grãos	Brotos
BRA-000027	Nd	10,91 ± 0,00 a
BRA-O84654-2	Nd	4,54 ± 0,55 b
BRA-O084689	Nd	3,89 ± 0,55 b
BG3	Nd	2,94 ± 0,55 c
BG7	Nd	1,66 ± 0,55 d
*CV (%)	--	10,30
Média	--	4,79

*Equivalentes de Catequina (CE). Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ($p \geq 0,05$). Os dados estão apresentados como média ($n=3$) ± desvio padrão. *CV – Coeficiente de variação.

No presente estudo não foi identificada a presença de flavanois nas amostras de grão integral do feijão-mungo (Tabela 9). São poucos os estudos que determinam esse tipo de composto, já que a maioria tem apresentado apenas os compostos fenólicos totais e flavonoides totais, sendo esses os que estão em maior quantidade nas diferentes leguminosas. Um dos poucos estudos foi realizado por Luo *et al.* (2016) que avaliaram como as diferentes partes do feijão-mungo e feijão-adzuki contribuem na atividade antioxidante, anti-inflamatória e antidiabética. Os resultados para os grãos de feijão-mungo foram de 1.123 mg de CE/100g e para casca de 5.264 mg de CE/100g.

Ramírez-Cardenas, Leonel e Costa (2008) avaliaram grãos de feijão comum das cultivares Ouro Branco, Diamante Negro, BRS Radiante e Pérola e observaram diferenças significativas entre os cultivares com teores de flavanois variando de 33,38 até 182,60 mg de CE/100g.

Não obstante, na forma de broto “moyashi” observou-se a presença de flavanois e houve diferença estatisticamente significativa entre as linhagens (Tabela 9), sendo que a linhagem BRA-000027 foi a que apresentou maior teor de flavanois de 10,91 mg/100g. Os flavanois também conhecidos por taninos condensados são polímeros de flavonoides, cujos monômeros são unidos por uma ligação carbono-carbono. Assim, os teores de taninos que estão presentes nos brotos são baixos de acordo com a Tabela 9, embora seja um bom resultado, considerando que a germinação reduz ou até pode eliminar a presença de taninos nos brotos. Em nosso estudo, com a metodologia usada, não foi possível determinar o valor nos grãos para fazer um comparativo entre grão e broto devido ao limite de detecção do método usado.

5.3.4 Antocianinas

Os teores de antocianinas obtidos nas linhagens na forma de grão integral e broto “moyashi” do feijão-mungo encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10 – Conteúdo de antocianinas em grãos integrais e brotos “moyashi” de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.).

Linhagens	Antocianinas (mg CE*/100 g)	
	Grãos	Brots
BRA-000027	0,22 ± 0,00 cB	0,44 ± 0,00 bA
BRA-O84654-2	0,78 ± 0,00 aA	0,22 ± 0,00 cB
BRA-O084689	0,49 ± 0,06 bA	0,22 ± 0,00 cB
BG3	0,11 ± 0,00 dB	0,67 ± 0,00 aA
BG7	0,11 ± 0,00 dA	0,22 ± 0,00 cA
*CV (%)	8,32	0,00
Média	0,34A	0,35A

*Equivalentes de Catequina (CE). Letras minúsculas iguais nas colunas e letras maiúsculas iguais nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ($p \geq 0,05$). Os dados estão apresentados como média ($n=3$) ± desvio padrão. *CV – Coeficiente de variação.

Observou-se que houve diferença estatisticamente significativa no conteúdo de antocianinas das linhagens na forma de grão integral (Tabela 10), sendo que a linhagem BRA-O84654-2 apresentou o maior teor 0,78 mg/100g. São poucos os estudos na literatura que quantificam o teor de antocianinas na maioria dos grãos. Pinheiro (2013) avaliou três genótipos de feijão-caupi, Pingo de Ouro 1-2, MNC03-737F-5-9 e MNC03-737F-5-4, e observou diferença estatisticamente significativa no conteúdo de antocianinas nos grãos do feijão-caupi cru. Sendo que a cultivar Pingo de Ouro 1-2 apresentou maior teor de antocianinas, 27,76 mg/100g, entretanto na forma cozida, não foi possível determinar a quantidade de antocianinas. Importante destacar que a metodologia usada no referido estudo foi diferente.

Na forma de broto “moyashi” do feijão-mungo pode-se observar que houve diferença estatisticamente significativa entre as linhagens ($p \leq 0,05$). A linhagem BRA-000027 apresentou maior teor de antocianinas, (0,67 mg/100g).

De acordo aos resultados da Tabela 10, fazendo a comparação nas duas formas do feijão tanto grão integral e broto “moyashi” de forma individual entre as linhagens pode-se observar que houve diferença significativa no teor de antocianinas nas duas formas, mas fazendo a comparação das médias gerais no grão (0,34 mg CE/100g) e nos brotos (0,35 mg CE/100g). Pode-se observar que não houve diferença significativa, sendo que a germinação dos brotos não influenciou no teor de antocianinas.

Em outro estudo Yao *et al.* (2013) avaliaram as atividades antioxidantes e antidiabéticas no feijão-mungo da cor escura, e descreveram teores de antocianinas nas diferentes variedades do grãos de 437,65 até 810,55 $\mu\text{g/g}$, ressaltando que a metodologia foi feita por cromatografia líquida de alta eficiência, que identifica cada um dos tipos de antocianinas presentes nas diferentes variedades por ser uma metodologia mais analítica, sendo o componente cianidina-3-glucosídeo o mais predominante no conteúdo de antocianinas, seguido por pelargonidina-3-glucosídeo os que aportaram em maior quantidade para o valor de antocianinas total.

5.4 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

A atividade antioxidante das linhagens na forma de grãos integrais e brotos “moyashi” do feijão-mungo está apresentada na Tabela 11.

Na forma de grão integral, houve uma diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as linhagens, sendo que as linhagens BG7 (663,96 mg/100g) e BRA-000027 (655,42 mg/100g) apresentaram maior atividade antioxidante em relação às demais linhagens.

Tabela 11 – Atividade antioxidante em grãos integrais e brotos “moyashi” de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.).

Linhagens	DPPH ($\mu\text{mol TEAC}^*/100 \text{ g}$)	
	Grão	Broto
BRA-000027	655,42 \pm 0,00 Aa	1034,26 \pm 16,92 dA
BRA-O84654-2	585,06 \pm 0,00 cB	1211,18 \pm 16,94 bA
BRA-O084689	584,94 \pm 0,00 cB	1171,68 \pm 16,93 cA
BG3	615,45 \pm 8,47 bB	1318,05 \pm 16,93 aA
BG7	663,96 \pm 8,47 aA	1054,36 \pm 16,93 dA
*CV (%)	0,86	1,46
Média	620,97B	1157,90A

*Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox (TEAC). Letras minúsculas iguais nas colunas e letras maiúsculas iguais nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ($p \geq 0,05$). Os dados estão apresentados como média ($n=3$) \pm desvio padrão. *CV – Coeficiente de variação.

Lee *et al.* (2011) avaliaram a atividade antioxidante em grãos de feijão-mungo e mostraram teor de 1.133 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$, sendo maior que o apresentado neste estudo. Da mesma forma Luo *et al.* (2016) mostraram atividade antioxidante nos grãos de feijão-mungo de 3.130 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$. Shi *et al.* (2016) avaliaram a atividade antioxidante de vinte cultivares de feijão-mungo e descreveram atividade antioxidante variando de 2.813 até 3.568 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$.

Estudos realizados por Yao *et al.* (2011) avaliaram o potencial biológico de 60 tipos de leguminosas na China usando a metodologia do DPPH, entre essas foram o feijão-comum, feijão-caupi e outras espécies. Para feijão comum e feijão-caupi, obteve-se atividade antioxidante de 4.683 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$ e 3.727 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$, respectivamente. Essas diferenças dos nossos resultados com os estudos supracitados podem justificar-se pelas condições agronômicas dos grãos, assim como também pelo fato se as amostras analisadas estão em base seca ou base úmida.

Barros (2014) estudou diferentes cultivares de feijão-caupi cruas e cozidas e mostrou diferença significativa entre as cultivares, destacando-se a cultivar BRS Aracê com atividade antioxidante de 614,7 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$ nos grãos crus; e na forma cozida a atividade antioxidante

foi maior no cultivar BRS-Xiquexique com 419,8 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$. Assim, os resultados na forma de grão são semelhantes aos apresentados na Tabela 11, corroborando que as condições climáticas e agronômicas do solo em Brasil, influenciam positivamente no conteúdo de atividade antioxidante nos grãos desenvolvidos aqui em comparação com os estudos feitos na Ásia.

Pode-se observar que houve diferença estatisticamente significativa entre as linhagens na forma de brotos (Tabela 11). A linhagem que apresentou maior atividade antioxidante foi a BG3 (1318,05 mg/100g).

No estudo de Huang, Cai e Xu (2014) foram avaliadas as mudanças cinéticas e de atividade antioxidantes nos germinados da soja e do feijão-mungo em função do tempo de germinação, no qual eles descreveram atividade antioxidante de 3 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$, 16 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$, no terceiro dia de germinação e de 2,0 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$, no quinto dia de germinação dos grãos de feijão-mungo, esses resultados são menores que os obtidos no presente trabalho. Esses autores explicam que entre os motivos para uma maior atividade antioxidante está a presença de compostos fenólicos e ácido ascórbico nos grãos, visto que são compostos altamente antioxidantes; no entanto, justificam que nem todos os compostos fenólicos presentes no germinado têm a capacidade de ter uma boa atividade antioxidante.

Silva *et al.* (2013) não observaram correlação entre a quantidade de compostos fenólicos e a atividade antioxidante, visto que a presença de outros compostos bioativos como ácidos voláteis e ácidos orgânicos podem influir nos resultados. Xue *et al.* (2016) avaliaram os compostos bioativos e a atividade antioxidante do feijão-mungo durante o processo de germinação em diferentes dias e observaram que na forma de grão a contribuição para a atividade antioxidante foi de 57,56 e 8,87% do conteúdo de fenólicos totais e flavonoides totais, respectivamente; após o terceiro dia de germinação a contribuição dos brotos para a atividade antioxidante foi de 55,76 e 7,60% de compostos fenólicos totais e flavonoides totais, respectivamente.

Verificou-se maior atividade antioxidante do feijão-mungo na forma de broto, em torno de 87,17%, em relação ao obtido na forma de grão integral, isso pode ser por causa dos processos fisiológicos que ocorrem durante o processo de germinação e as condições e tempo de germinação dos grãos na câmara de germinação, isso foi demonstrado por Huang *et al.* (2014) os quais avaliaram o efeito da germinação na atividade antioxidante de feijão-mungo e soja. Assim, nossos resultados corroboram o descrito pelos autores, com alto teor de atividade antioxidante nos brotos, além da

germinação o conteúdo de compostos fenólicos que estão presentes como grão tem influência no desenvolvimento de maior atividade antioxidante. Portanto é demonstrado que o consumo deste tipo de alimento na forma de “brotos” é uma boa opção para a população, com alto teor nutricional e funcional, para o consumo alimentar trazendo benefícios na prevenção de diferentes doenças crônicas.

6. CONCLUSÕES

- As linhagens de feijão-mungo desenvolvidas nas condições climáticas e agronômicas no Brasil, mostraram boa qualidade nutricional, corroborando que pode ser cultivado e uma opção de consumo, além dos grãos de feijão-caupi e feijão-comum.
- Os brotos de feijão-mungo têm alto teor de proteínas, acima de 30%, melhor que o teor de proteínas presente nos grãos, além de maiores teores de minerais, compostos fenólicos e atividade antioxidante em comparação com os grãos.
- Quanto ao conteúdo de minerais, nas linhagens de feijão-mungo nos grãos e brotos, apresentam altos teores de zinco, ferro, fósforo e potássio, por tanto, são alimentos fonte destes tipos de minerais, sendo uma ótima opção no consumo alimentar da população.
- Quanto aos teores de compostos bioativos e atividade antioxidante no grão e broto, foi verificado um alto teor de fenólicos totais e flavonoides no broto, os quais são compostos que contribuem na atividade antioxidante, fortalecendo dessa maneira a percepção que o feijão-mungo é um alimento funcional para ser consumido *in natura* ou utilizado como um ingrediente na produção de outros alimentos funcionais.
- Dentre as linhagens estudadas, a linhagem BRA-000027 destacou-se pelo maior teor de minerais e compostos bioativos demonstrando potencial nutricional e funcional de forma a contribuir na saúde e nutrição da população.

REFERÊNCIAS

ADOM, K. K.; LIU, R. H. Antioxidant activity of grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 50, n. 21, p. 6182–6187, 2002.

ALI, N. M.; YEAP, S. K.; YUSOF, H. M.; BEH, B. K.; HO, W. Y.; KOH, S. P.; ABDULLAH, M. P.; ALITHEEN, N. B.; LONG, K. Comparison of free amino acids, antioxidants, soluble phenolic acids, cytotoxicity and immunomodulation of fermented mung bean and soybean. **Journal Scientific Food Agriculture**. 2015.

AOAC, ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington: AOAC, 2005.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. v. 66, n. 1, p. 1 – 9, 2007.

ARAUJO, R. F.; ARAUJO, E. F.; ZONTA, J. B.; VIEIRA, R. F.; DONZELES, S. M. L. Fluxograma de Beneficiamento para Sementes de Feijão-Mungo-Verde (*Vigna radiate* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3, p. 387 - 394, 2011.

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

BEHLING, E. B.; SENDÃO, M. C.; FRANCESCATO, H. D. C.; ANTUNES, L. M. G.; BIANCHI, M. L. P. Flavonóide quercetina: aspectos gerais e ações biológicas. **Alimentos Nutri**. Araraquara, v. 15, n. 3, p. 285 – 292, 2004.

BLASA, M.; CANDIRACCI, M.; ACCORSI, A.; PIACENTINI, M. P.; ALBERTINI, M. C.; PIATTI, E. Raw Millefiori honey is packed full of antioxidants. **Food Chemistry**. v. 97, n. 2, p. 217-222, 2006.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Unicef. Cadernos de Atenção Básica: Carências de Micronutrientes / Ministério da Saúde, Unicef; Bethsáida de Abreu Soares Schmitz. - Brasília: Ministério da Saúde, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Programa Nacional de Suplementação de Ferro: manual de condutas gerais / Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

BRASIL, RDC nº 54 de 12 de novembro de 2012. Regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/>. Acesso em: janeiro de 2017.

CEVALLOS-CASALS, B. A.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species. **Food Chemistry**. v. 119, n. 4, p. 1485-1490, 2010.

CHANDRASIRI, S. D.; LIYANAGE, R.; VIDANARACHCHI, J. K.; WETHTHASINGHE, P.; JAYAWARDANA, B. C. Does processing have a considerable effect on the nutritional and functional properties of mung bean (*Vigna radiata*)?. **Procedia Food Science**. v. 6, p. 352-355, 2016.

CHENG, Z.; MOORE, J.; YU, L. High-throughput relative DPPH radical assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 54, p. 7429–7436, 2006.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira grãos. v. 4 Safra 2016/17 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-160 janeiro 2017

DAHIYA, P. K.; LINNEMANN, A. R.; NOUT, M. J. R.; VAN BOEKEL, M. A. J. S.; GREWAL, R. B. Nutrient composition of selected newly bred and established mung bean varieties. **LWT - Food Science and Technology**. v. 54, p. 249 – 256, 2013.

DAHIYA, P. K.; NOUT, M. J. R.; VAN BOEKEL, M. A. Nutritional characteristics of mung bean foods. **British Food Journal**. v. 116, n. 6 p. 1031 – 1046, 2014.

DAHMER N.; CONTERATO I. F.; SCHIFINO-WITTMANN M. T.; Considerações Sobre o Controverso e Enigmático Complexo *Phaseolus-Vigna* e Suas Espécies Economicamente Importantes. **Revista Brasileira de Agrociência**. v.14, n. 4, p. 08-18, 2008

DELFINO, R. A.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Interação de polifenóis e proteínas e o efeito na difestibilidade proteica de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Pérola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 30, n. 2, p. 308-312, 2010.

DZUDIE T.; HARDY J. Physicochemical and Functional Properties of Flours Prepared from Common Beans and Green Mung Beans. **Journal Agriculture Food Chemistry**. v. 44, p. 3029–3032, 1996.

FAO/WHO/UNU. Expert consultation. Energy and Protein requirements. **WHO Technical Report Series**. v. 724, p. 113-130, 1985.

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

FERY RL, New opportunities in Vigna. **Trends in New Crops and New Uses**, p. 424–428, 2002.

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

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. In: R. E. Wrolstad (Ed.), Anthocyanins: Characterization and measurement with UV-visible spectroscopy. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. New York: J. Wiley, & Sons, p.1-13, 2001.

GUO, X.; LI, T.; TANG, K.; LIU, R. H. Effect of Germination on Phytochemical Profiles and Antioxidant Activity of Mung Bean Sprouts (*Vigna radiata*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 60, p. 11050-11055, 2012.

HUANG, X.; CAI, W.; XU, B. Kinetic changes of nutrients and antioxidant capacities of germinated soybean (*Glycine max* L.) and mung bean (*Vigna radiata* L.) with germination time. **Food Chemistry**. v. 143, p. 268-276, 2014.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE. Estatística da Produção Agrícola dezembro de 2016.

IMTIAZ, H.; BURHANUDDIN, M.; GULZAR, M. A. Evaluation of weaning foods formulated from germinated wheat and mungbean from Bangladesh. **African Journal of Food Science**. v. 5, n. 17, p. 897-903, 2011.

KIM, D.; JEONG, S. W.; LEE, C. Y. Antioxidant capacity of phenolics phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, v. 81, n. 3, p. 321-326, 2003.

KIM, D. K.; JEONG, S. C.; GORINSTEIN, S.; CHON, S. U. Total polyphenols, antioxidant and antiproliferative activities of different Extracts in mungbean seeds and sprouts. **Plant Foods Human Nutrition**. v. 67, p. 71-75. 2012.

KIM J. K.; KIM, E. H.; LEE, O. K.; PARK, S. Y.; LEE, B.; KIM, S. H.; PARK, I.; CHUNG, I. M. Variation and correlation analysis of phenolic compounds in mungbean (*Vigna radiata*, L.) varieties. **Food Chemistry**. v. 141, p. 2988–2997, 2013.

KUDRE, T. G.; BENJAKUL, S.; KISHIMURA, H. Comparative study on chemical compositions and properties of protein isolates from mung bean, black bean and Bambara groundnut. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 93, p. 2429-2436, 2012.

LAMBRIDES, C. J. e GODWIN, I. D. Mungbean. **Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants**. v. 3, p. 69-90, 2007.

LEE, J. H.; JEON, J. K.; KIM, S. G.; KIM, S. H.; CHUN, T.; IMM, J. Y. Comparative analyses of total phenols, flavonoids, saponins and antioxidant activity in yellow soy beans and mung beans. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 46, p. 2513–2519, 2011.

- LI, L.; YANG, T.; LIU, R.; REDDEN, B.; MAALOUF, F.; ZONG, X. Food legume production in China. **The Crop Journal**. 2016.
- LI, W.; SHU C.; YAN S.; SHEN Q. Characteristics of sixteen mung bean cultivars and their protein isolates. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 45, p. 1205–1211, 2010.
- LI, W.; SHU, C.; ZHANG, P.; SHEN, Q. Properties of Starch Separated From Ten Mung Bean Varieties and Seeds Processing Characteristics. **Food Bioprocess Technology**. v. 4, p. 814–821, 2011.
- LIN, S. S. Quebra de dormência de sementes do feijão-mungo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Rio de Janeiro, v. 34, n. 6, p. 1081-1086, 1999.
- LIN, S. S.; ALVES, A. C. Comportamento de Linhagens de Feijão-Mungo (*Vigna radiata* L.) em Santa Catarina. **Ciência Rural**. v. 32, n. 4, p. 553-558, 2002.
- LIU, H.; LIU, H.; YAN, L.; CHENG, X.; KANG, Y. Functional properties of 8S globulin fractions from 15 mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) cultivars. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 50, p. 206–1214, 2015.
- LUO, J.; CAI, W.; TONG, W.; XU, B. Phytochemical distribution in hull and cotyledon of adzuki bean (*Vigna angularis* L.) and mung bean (*Vigna radiata* L.), and their contribution to antioxidant, antiinflammatory and anti-diabetic activities. **Food Chemistry**. v. 201, p. 350-360, 2016.
- MACHADO, A. L. de L.; BARCELOS, M. F. P.; TEIXEIRA, A. H. R.; NOGUEIRA, D. A. Avaliação de componentes químicos em brotos de fabaceae para o consumo humano. **Ciência Agrotecnica**, v. 33, n. 4, p. 1071–1078, 2009.
- MARATHE, S. A.; RAJALAKSHMI, V.; JAMDAR, S. N.; SHARMA, A. Comparative study on antioxidant activity of different varieties of commonly consumed legumes in India. **Food and Chemical Toxicology**. v. 49, n. 9, p. 2005–2012, 2011.
- MASOOD, T.; SHAH, H. U.; ZEB, A. Effect of sprouting time on proximate composition and ascorbic acid level of mung bean (*Vigna radiata* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. **The Journal of Animal & Plant Sciences**. v. 24, n. 3, p. 850-859, 2014.
- MATTILA, P.; PIHLAVA, J. M.; HELLSTROM, J. Contents of phenolic acids, alkyl- and alkenylresorcinols, and avenanthramides in commercial grain products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.53, n. 21, p. 8290–8295, 2005.
- MUBARAK, A. E. Nutritional composition and antinutritional factors of mung bean seeds (*Phaseolus aureus*) as affected by some home traditional processes. **Food Chemistry**. v. 89, p. 489–495, 2005.

NAIR, R. M.; YANG, R. Y.; EASDOWN, W. J.; THAVARAJAH, D.; THAVARAJAH, P.; HUGHES, J. A.; KEATINGE, J. D. H. Biofortification of mungbean (*Vigna radiata*) as a whole food to enhance human health. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 93, n. 8, p. 1805–1813, 2013.

NAIR, R. M.; THAVARAJAH, D.; THAVARAJAH, P.; GIRI, R. R.; LEDESMA, D.; YANG, R. Y.; HANSON, P.; EASDOWN, W.; HUGHES, J. A.; KEATINGE, J. D. H. Mineral and phenolic concentrations of mungbean [*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek var. *radiata*] grown in semi-arid tropical India. **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 39, p. 23–32, 2015.

NAKAMURA, K.; KOYAMA, M.; ISHIDA, R.; KITAHARA, T.; NAKAJIMA, T.; AOYAMA, T. Characterization of bioactive agents in five types of marketed sprouts and comparison of their antihypertensive, antihyperlipidemic, and antidiabetic effects in fructose-loaded SHR. **Journal Food Scientists Technologists**. 2015.

NUNES, J. V. D.; NÓBREGA, L. H. P.; DA CRUZ-SILVA, C. T. A.; PACHECO, F. P. Comparison among beans species for food sprouts yield. **Bioscience Journal**. v.31, n. 6, p. 1682-1691, 2015.

PAJAŁ, P.; SOCHA, R.; GAŁKOWSKA, D.; ROŻNOWSKI, J.; FORTUNA, T. Phenolic profile and antioxidant activity in selected seeds and sprouts. **Food Chemistry**. v. 143, p. 300-306, 2014.

PAL, M.; BRAHMACHARY, R. L.; GHOSH, M. Comparative studies on physicochemical and biochemical characteristics of scented and nonscented strains of Mung beans (*vigna radiata*) of Indian origin. **Legume Research**. v. 33, n. 1, p. 1 - 9, 2010.

PARKER, M. L.; NG, A.; WALDRON, K. W. The phenolic acid and polysaccharide composition of cell walls bran layers of mature wheat (*Triticum aestivum*, L. cv. Avalon) grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 85, n. 15, p. 2539–2547, 2005.

PAUCAR-MENACHO, L. M.; BERHOW, M. A.; MANDARINO, J. M. G.; CHANG, Y. K.; DE MEJIA, E. G. Effect of time and temperature on bioactive compounds in germinated Brazilian soybean cultivar BRS 258. **Food Research International**. v. 43, n. 7, p. 1856-1865, 2010.

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.

PRICE, M. L.; SCOYOC, S. V.; BUTLER, L. G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 26, n. 5, p. 1214-1218, 1978.

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

- REHMAN, Z.U. Domestic processing effects on available carbohydrate content and starch digestibility of black grams (*Vigna mungo*) and chickpeas (*Cicer arietium*). **Food Chemistry**. London, v. 100, p. 764- 767, 2007.
- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007. 4 p.(Comunicado Técnico, nº 127).
- RUI, L.; JIANXIONG, H.; HAIJIE, L.; LITE, L. Application of electrolyzed functional water on producing mung bean sprouts. **Food Control**. v. 22, p. 1311-1315, 2011.
- SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. *Biometrics*, Washington D.C., v.30, n.3, p.507-512, 1974.
- SHAH, S. A.; ZEB, A.; MASOOD, T.; NOREEN, N.; ABBAS, S. J.; SAMIULLAH, M.; ALIM, M. A.; MUHAMMAD, A. Effects of sprouting time on biochemical and nutritional qualities of mung bean varieties. **African Journal of Agricultural Research**. v. 6, n. 22, p. 5091-5098, 2011.
- SHI, Z.; YAO, Y.; ZHU, Y.; REN, G. Nutritional composition and antioxidant activity of twenty mung bean cultivars in China. **The Crop Journal**. 2016.
- SILVA, L. R.; PEREIRA, M. J.; AZEVEDO, J.; GONÇALVES, R. F.; VALENTÃO, P.; DE PINHO, P. G.; ANDRADE, P. B. *Glycine max* (L.) merr. *Vigna radiata* L., and *Mendicago sativa* L. sprouts: A natural source of bioactive compounds. **Food Research International**. v. 50, p. 167-175, 2013.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, UFV. Impresso. Universidade, p. 59-63, 1981.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: UFV, p. 235, 2002.
- SINGLETON, V. I.; ROSSI, J. Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic-phosphotungstic acid agents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.
- TANG, D.; DONG, Y.; GUO, N.; LI, L.; REN, H. Metabolomic analysis of the polyphenols in germinating mung beans (*Vigna radiata*) seeds and sprouts. **Journal Scientific Food Agriculture**. v. 94, p. 1639–1647, 2014a.
- TANG, D.; DONG, Y.; REN, H.; LI, L.; HE, C. A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common food mung bean and its sprouts (*Vigna radiata*). **Chemistry Central Journal**. v. 8, n. 4, 2014b.

THIPPESWAMMY, T. G.; JUNNA, L.; SHINDE, M. Enhancement of ascorbic acid in processed yellow cultivar mung bean seeds. **International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics**. v. 4, n. 7, p. 253-257, 2015.

TIE, M.; GAO, Y.; XUE, Y.; ZHANG, A.; YAO, Y.; SUN, J.; XUE, S. Determination of selenium species and analysis of methyl-seleno-L-cysteine in Se-enriched mung bean sprouts by HPLC-MS. **Analytical Methods**. v.8, n. 15, p. 3102-3108, 2016.

United States Department of Agriculture (USDA), 2015. National Nutrient Database. (Online). Available at <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/> (accessed 10.01.17)

VIEIRA, R.F.; OLIVEIRA, V.R.; VIEIRA, C.; PINTO, C.M.F. Ouro Verde MG2: nova cultivar de mungo-verde para Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 20, n. 1, p. 119-120, março 2002.

VIEIRA, R.F.; OLIVEIRA, V. R.; VIEIRA, C. Cultivo do feijão-mungo-verde no verão em Viçosa e em Prudente de Moraes. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 21, v. 1, p. 37-43, 2003.

VIEIRA, R. F.; DE PAULA JUNIOR, R. J.; JACOB, L. L.; DA SILVA LEHNER, M.; DOS SANTOS, J. Desempenho de genótipos de feijão-mungo-verde semeados no inverno na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Ceres**. v. 58, n.3, p. 402 – 405, 2011.

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

WONGSIRI, S.; OHSHIMA, T.; DUANGMAL, K. Chemical composition, amino acid profile and antioxidant activities of germinated mung beans (*Vigna radiata*). **Journal of Food Processing and Preservation**. 2015.

XUE, Z.; WANG, C.; ZHAI, L.; YU, W.; CHANG, H.; KOU, X.; ZHOU, F. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Mung Bean (*Vigna radiata* L.), Soybean (*Glycine max* L.) and Black Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during the Germination Process. **Czech Journal Food Scientific**. v. 34, n. 1, p. 68-78, 2016.

XU, B.J.; CHANG, S.K.C. A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. **Journal of Food Science**. v. 72, p. 159–166, 2007.

YANG, Y. A. O.; CHENG, X. Z.; REN, G. X. Contents of D-chiro-Inositol, vitexin, and isovitexin in various varieties of mung bean and its products. **Agricultural Sciences in China**. v. 10, n. 11, p. 1710-1715, 2011.

YAO, Y.; CHENG, X.; WANG, L.; WANG, S.; REN, G. Biological potential of sixteen legumes in china. **International Journal of Molecular Sciences**. v. 12, p. 7048-7058, 2011.

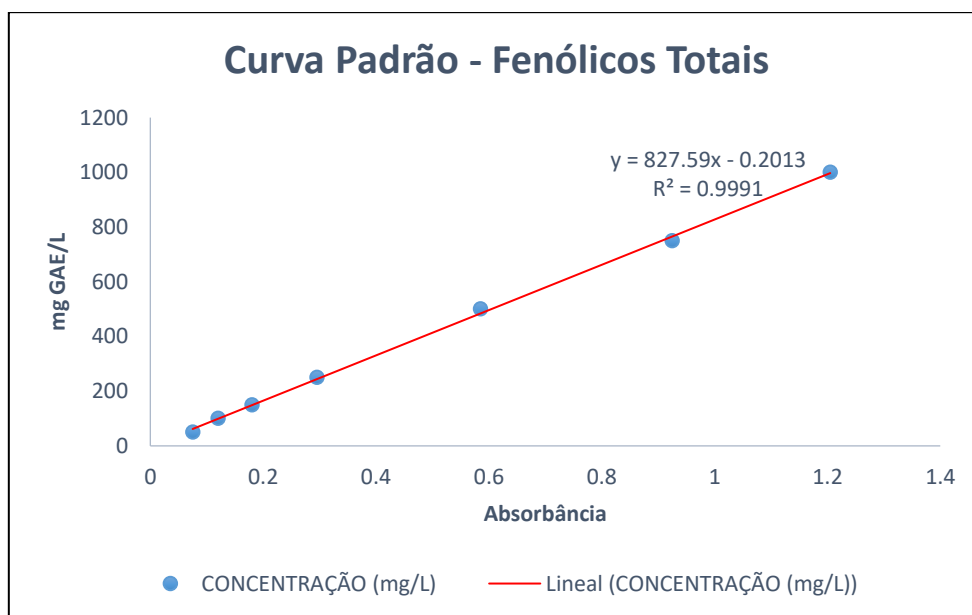
YAO, Y.; YANG, X.; TIAN, J.; LIU, C.; CHENG, X.; REN, G. Antioxidant and Antidiabetic Activities of Black Mung Bean (*Vigna radiata* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 61, p. 8104 – 8109, 2013.

YU-WEI, L.; WANG, Q. Effect of Processing on Phenolic Content and Antioxidant Activity of Four Commonly Consumed Pulses in China. **Journal of Horticulture**. v. 2, n. 2, 2015.

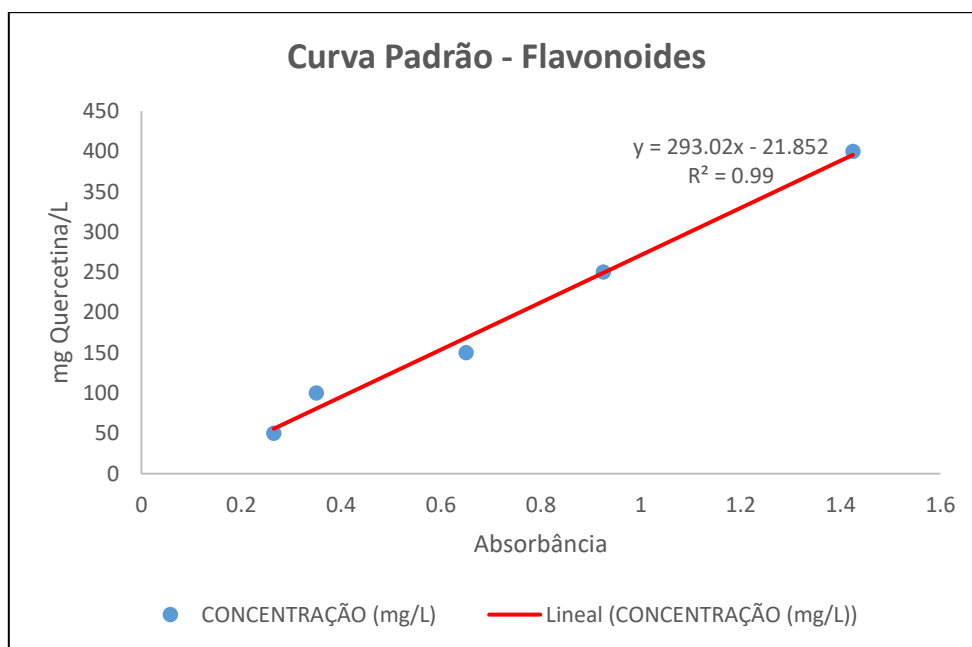
ZHANG, X.; SHANG, P.; QIN, F.; ZHOU, Q.; GAO, B.; HUANG, H.; YANG, H.; SHI, H.; YU, L. Chemical composition and antioxidative and anti-inflammatory properties of ten commercial mung bean samples. **LWT - Food Science and Technology**. v. 54, p. 171 – 178, 2013.

APÉNDICES

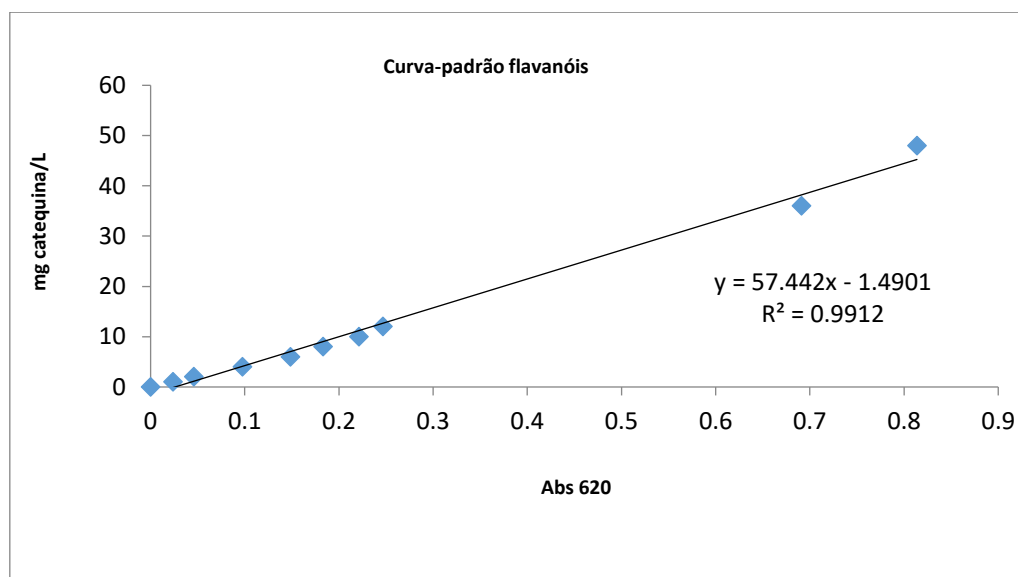
APENDICE A – Curva padrão de ácido gálico.



APENDICE B – Curva padrão de quercetina.



APENDICE C – Curva padrão de catequina.



APENDICE D – Curva padrão de Trolox utilizada na análise de atividade antioxidante pelo método DPPH.

