



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

LUNNA PAULA DE ALENCAR CARNIB

**CARACTERIZAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, MINERAIS E ACEITAÇÃO
SENSORIAL DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-DE-METRO (*Vigna unguiculata ssp
Sesquipedalis*)**

Teresina (PI), 2017

LUNNA PAULA DE ALENCAR CARNIB

**CARACTERIZAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, MINERAIS E ACEITAÇÃO
SENSORIAL DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-DE-METRO (*Vigna unguiculata ssp
Sesquipedalis*)**

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

Linha de pesquisa: Qualidade de Alimentos

Orientador: Dr. Maurisrael de Moura Rocha (Embrapa Meio-Norte)

Coorientadora: Prof^a Dra. Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo

Teresina (PI), 2017

LUNNA PAULA DE ALENCAR CARNIB

**CARACTERIZAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, MINERAIS E ACEITAÇÃO
SENSORIAL DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-DE-METRO (*Vigna unguiculata ssp
Sesquipedalis*)**

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

Linha de pesquisa: Qualidade de Alimentos

Orientador: Dr. Maurisrael de Moura Rocha (Embrapa Meio-Norte)

Coorientadora: Prof^a Dra. Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo

Aprovado em: ___/___/___

Banca examinadora:

Prof. Dr. Maurisrael de Moura Rocha
(Orientador / Presidente)

Profa. Dra. Maria Beatriz Abreu Glória (DA/UFMG)
(1^a Examinadora)

Profa. Dra. Karoline de Macêdo Gonçalves Frota (PPGAN/UFPI)
(2^a Examinadora)

Prof. Dr. Kaesel Jackson Damasceno-Silva (PPGAN/UFPI)
(Suplente)

AGRADECIMENTOS

À Deus, em sua infinita bondade, humildemente agradeço os benefícios que me concedestes, obrigada pela vida, proteção e por proporcionar realizar mais um sonho.

Ao meu orientador, professor Dr. Maurisrael de Moura Rocha, por todos os ensinamentos, atenção, confiança e paciência, que foram essenciais nesses anos de mestrado, pelo planejamento de ensaios, fornecimento das amostras e análises estatísticas. Obrigada pelo apoio!

À professora Dr^a Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo, pela co-orientação e a quem também agradeço pelas orientações ao longo da jornada acadêmica, desde a iniciação científica, TCC e, não diferente, no mestrado.

Ao Prof. e estatístico Marcos Antônio da Mota Araújo, pela disponibilidade de realizar a estatística da análise sensorial.

À Universidade Federal do Piauí, pela oportunidade de realização de crescimento profissional.

À CAPES pela bolsa de mestrado concedida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN), a todos os professores e funcionários, pela disponibilidade e incentivo, em especial à Luana Silva.

À Embrapa Meio-Norte pela oportunidade de realização do estágio e pela execução dos experimentos de laboratório.

Ao setor do feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte, todos os funcionários pela ajuda; aos amigos que fiz, em especial, Izabel Veras, Jéssica Pinheiro, Luís Michel e Olímpio José, obrigada pelo companheirismo.

Aos técnicos do laboratório de bromatologia da Embrapa Meio-Norte, que foram essenciais para a realização das análises, Luís José Duarte Franco e Antônio Carlos dos Santos.

À minha família, meus mestres inigualáveis, minha mãe Lília, a quem faltam palavras para agradecer, meu pai (Paulo) e meus irmãos (Lennara e Elias), pelo apoio diário, palavras de incentivo, por acreditarem em mim e torcerem para que o sucesso venha como consequência de todo esforço.

Aos meus sobrinhos, que são meus anjinhos e me encham de felicidade, Benício e Lorenzo.

Aos amigos da turma PPGAN 2015/2017, aos quais agradeço todo apoio e contribuição nesse período, Ana Cibele, Daila, Ednela, Eduardo, Ennya, Juliana, Jéssica, Laís Spíndola, Layana, Lays Rosal, Lúcia, Luciana, Luís Michel, Maria Rosiane, Olímpio, Paulo, Sabrina e Vanessa. Obrigada pela convivência e por compartilharem desse período da melhor forma possível.

A todos os meus familiares que, de forma direta ou indireta, contribuíram e torceram para essa realização.

Muito obrigada!

“Eu pensava ter dado um grande salto para frente e percebo que, na verdade, apenas ensaiei os tímidos primeiros passos de uma longa marcha”.

Jean Luc-Godard

RESUMO

CARNIB, L. P. A. **CARACTERIZAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, MINERAIS E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-DE-METRO (*Vigna unguiculata* ssp *Sesquipedalis*)** 2017. 76 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição. Universidade Federal do Piauí, Teresina – PI.

O feijão-de-metro é cultivado e consumido como uma hortaliça na fase de vagens verdes ou imaturas. Representa uma importante e barata fonte de proteínas para a população em geral, além de fornecer outros nutrientes como carboidratos, fibras, vitaminas e minerais. Estudos relacionados à qualidade nutricional e aceitação das vagens imaturas do feijão-de-metro para o consumo na forma de salada são raros na literatura. Com o propósito de facilitar a inserção do feijão-de-metro na dieta das populações do Meio-Norte brasileiro e aumentar o seu consumo, o presente estudo objetivou avaliar a composição centesimal, minerais e aceitação sensorial de genótipos de feijão-de-metro, para o consumo das vagens na forma de salada. Foram avaliados 10 genótipos de feijão-de-metro, sendo oito linhagens e duas cultivares, ambos oriundos do Banco Ativo de Germoplasma de feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI. Determinou-se a composição centesimal, o conteúdo de minerais, a aceitação de consumo como vagem para salada, a preferência em relação a dois modos de preparo e a intenção de compra. Para a composição centesimal e de minerais foram realizadas análises de variância e as médias agrupadas pelo teste Scott Knott ($p \leq 0,05$). Na análise sensorial foram realizados os testes de escala hedônica de nove pontos e de pareado de preferência para dois modos de preparo (cozido no vapor e cozido no vapor e depois refogado em óleo de soja), além da intenção de compra; as avaliações foram realizadas com assessores não treinados. Os resultados demonstraram teor de umidade de $86,1 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ a $90,8 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, cinzas variando de $5,9$ a $7,4 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, elevado conteúdo de proteínas de $26,8$ a $30,2 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, lipídios de $1,9 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ a $3,3 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, carboidratos de $49,2$ a $54,7 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ e VET de $337,8 \text{ kcal } 100 \text{ g}^{-1}$ a $349,1 \text{ kcal } 100 \text{ g}^{-1}$. As linhagens de feijão-de-metro apresentaram bons atributos nutricionais, com destaque para as linhagens 3943 (proteínas, fósforo e potássio), 3943 (sódio), 3952 (magnésio), 3958 (ferro e zinco), 3966 (cálcio), 3979 (manganês), enquanto a cultivar “De Metro” sobressaiu-se apenas quanto ao teor de cobre. As linhagens 3943 e 3966 apresentaram melhor aceitação de consumo como vagem para salada, relativamente à cultivar testemunha “De Metro”, tanto no preparo cozido a vapor quanto no preparo cozido a vapor e depois refogado. As amostras de feijão-de-metro cozidas a vapor e depois refogadas em óleo de soja foram preferidas do que as que foram apenas cozidas no vapor, com maior preferência para a linhagem 3943. As linhagens 3966 e 3943 sobressaíram-se quanto à intenção de compra, relativamente à cultivar testemunha “De Metro”, sendo a primeira na forma de preparo cozida a vapor e a segunda quando cozida a vapor e depois refogada em óleo de soja. As linhagens de feijão-de-metro apresentam excelentes características nutritivas e sensoriais, com baixo teor de lipídeos e conteúdo significativo de proteínas, demonstrando que parte das necessidades diárias de proteínas e de minerais de um indivíduo pode ser satisfeita pela inserção de quantidades significativas das vagens do feijão-de-metro na alimentação diária, na forma de salada.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* spp. *sesquipedalis*, qualidade nutricional, aceitação, consumo, compra.

ABSTRACT

CARNIB, L. P. A. **CHARACTERIZATION OF THE CENTESIMAL COMPOSITION, MINERALS AND SENSORY ACCEPTANCE OF YARDLONG BEAN GENOTYPES (*Vigna unguiculata ssp Sesquipedalis*)**. 2017. 76f. Dissertation (Master Science) – Post-Graduation Program in Food and Nutriotion. University Federal of Piauí, Teresina – PI.

Beans are grown and consumed as vegetable in the stage of green or immature pods. It represents an excellent and cheap source of protein for the general population, in addition to providing other nutrients such as carbohydrates, fiber, vitamins and minerals. Studies related to the nutritional quality and acceptance of the immature pods of the yardlong bean for the consumption in the salad form is rare in the literature. With the purpose of facilitating the insertion of the yardlong bean in the diet of the populations of the Brazilian Mid-North and increasing its consumption, the present study aimed to evaluate chemical and sensorial characteristics of yardlong bean genotypes for the consumption of the pods in the salad form. Ten genotypes of yardlong bean were evaluated, being eight lines and two cultivars, both from the Germplasm Active Bank of the Embrapa Meio-Norteh, Teresina, PI. Centesimal composition, mineral content, acceptance of consumption of the pod as salad, preference for two methods of preparation and the buy intention were determined. For the centesimal and mineral composition, analyzes of variance was performed and the averages were grouped by the Scott Knott test ($p \leq 0.05$). In the sensorial analysis, the tests of hedonic scale of nine points and of pairing of preference for two modes of preparation (steamed and steamed and after braised in soybean oil), besides the buy intention; evaluations were performed with untrained assessors. The results demonstrated a moisture content ranging of 86.1 to 90.8 g 100g⁻¹, ash from 5.9% to 7.4 g 100g⁻¹, high protein content of 26.8 to 30.2 g.100g⁻¹, lipids of 1.9 g.100g⁻¹ to 3.3 g.100g⁻¹, carbohydrates from 49.2 to 54.7 g 100g⁻¹, and total energetic value from 337.8 kcal 100g⁻¹ to 349.1 kcal 100g⁻¹. The lines of yardlong bean had good nutritional attributes, with emphasis on lines 3943 (proteins, phosphorus, and potassium), 3943 (sodium), 3952 (magnesium), 3958 (iron and zinc), 3966 (Manganese), while the cultivar "De Metro" stood out only as regards the copper content. The 3943 and 3966 lines presented better acceptance of consumption of pod as salad compared to the control cultivar "De Metro", both in steamed preparation and steamed and after braised. Steamed and after braised in soy bean oil were more preferred preparation than those that were only steamed, with superiority of the 3943 line. The 3966 and 3943 lines stood out for buy intention, In relation to the "Metro" control cultivar, the first being better steamed and the second when steamed and after braised in soybean oil. Yardlong bean lines have excellent nutritional and sensory characteristics with low lipid content and significant protein content, demonstrating that a large proportion of a person's daily needs for protein and minerals can be met by inserting quantities of pods of the yardlong bean in the daily feeding, in the salad form.

Key words: *Vigna unguiculata ssp. sesquipedalis*, nutritional quality, acceptability, consumption, buy.

LISTA DE TABELAS

1 - Dados disponíveis na literatura sobre a composição centesimal de partes comestíveis do feijão-de-metro	26
2 - Ingestão Diária Recomendada (IDR) dos minerais na dieta alimentar para diferentes faixas etárias	29
3 - Relação dos genótipos de feijão-de-metro utilizados na pesquisa	34
4 - Conteúdos de umidade e resíduo mineral fixo (cinzas) em vagens de 10 genótipos de feijão-de-metro	45
5 - Conteúdos de proteínas, lipídios, carboidratos ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) e Valor Energético Total ($\text{kcal } 100\text{g}^{-1}$) de vagens de 10 genótipos de feijão-de-metro	47
6 - Conteúdo dos minerais ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) fósforo (P), potássio (K) e sódio (Na) em vagens de 10 genótipos de feijão-de-metro	50
7 - Conteúdos dos minerais ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) cálcio (Ca), magnésio (Mg) e ferro (Fe) em vagens de 10 genótipos de feijão-de-metro	52
8 - Conteúdo dos minerais ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) zinco (Zn), manganês (Mn) e cobre (Cu) em vagens de 10 genótipos de feijão-de-metro	54
9 – Resultados médios obtidos em teste de aceitação usando escala hedônica de nove pontos de duas linhagens e uma cultivar de feijão-de-metro de acordo com o processamento.	57

LISTA DE FIGURAS

1- Fotos ilustrativas das características das plantas do feijão-de-metro	16
2- Diferentes genótipos de feijão-de-metro cultivados na Embrapa Meio-Norte	17
3- Foto ilustrativa da forma de cultivo tradicional do feijão-de-metro	19
4- Formas de comercialização do feijão-de-metro: “in natura” (A) e processado (B)	22
5- Formas de consumo do feijão-de-metro: como salada, sozinho (A) ou juntamente com outros vegetais e carnes ou como ingrediente em ensopados e sopas (B)	23
6- Vagens de feijão-de-metro pré-secas e preparo de recipientes para moagem em moinho de bolas de zircônia.	36
7- Vagens de feijão-de-metro cruas e após o branqueamento	36
8- Vagens de feijão-de-metro, linhagens 3943 e 3966 e cultivar “De metro”, cozidas no vapor e cozidas e refogadas, utilizadas na análise sensorial.	43
9- Aceitação de duas linhagens e uma cultivar de feijão-de-metro para o processamento cozidas no vapor	58
10- Aceitação de duas linhagens e uma cultivar (“De metro”) de feijão-de-metro para o processamento cozido e refogado	59
11- Preferência de duas linhagens e uma cultivar de feijão-de-metro de acordo com o processamento	60
12- Porcentagem de respostas de assessores sensoriais em relação a duas linhagens e uma cultivar de feijão-de-metro para o preparo cozido	61
13- Porcentagem de respostas de assessores sensoriais em relação a duas linhagens e uma cultivar de feijão-de-metro para o preparo cozido e refogado	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Origem, botânica e genética do feijão-de-metro	15
2.2 Características morfoagronômicas do feijão-de-metro	16
2.3 Cultivo do feijão-de-metro	18
2.4 Mercado e consumo do feijão-de-metro	20
2.5 Qualidade nutricional do feijão-de-metro	24
2.5.1 Composição centesimal	25
2.5.2 Minerais	27
2.6 Qualidade sensorial de vagem para salada	31
3 OBJETIVOS	33
3.1 Geral	33
3.2 Específicos	33
4 METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS E AÇÃO	34
4.1 Material genético	34
4.2 Local e período de estudo	34
4.3 Protocolo experimental	35
4.4 Preparo da amostra	35
4.5 Análises químicas	37
4.5.1 Composição Centesimal	37
4.5.1.1 <i>Umidade</i>	37
4.5.1.2 <i>Resíduo mineral fixo (Cinzas)</i>	37
4.5.1.3 <i>Lipídios totais</i>	38
4.5.1.4 <i>Proteínas</i>	38
4.5.1.5 <i>Carboidratos</i>	39
4.5.1.6 <i>Valor energético total</i>	39
4.5.2 Minerais	40
4.5.2.1 <i>Preparo da amostra</i>	40
4.5.2.2 <i>Determinação do teor de fósforo (P)</i>	40
4.5.2.3 <i>Determinação dos teores de sódio (Na) e potássio (K)</i>	41
4.5.2.4 <i>Determinação dos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg)</i>	41

<i>4.5.2.5 Determinação dos teores de ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e cobre (Cu)</i>	41
4.6 Análise Sensorial	42
4.7 Análises Estatísticas	43
4.8 Critérios Éticos	44
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1 Composição centesimal	45
5.2 Minerais	50
5.3 Análise sensorial	56
6 CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS	64
ANEXOS	71
ANEXO I - ESCALA HEDÔNICA	72
ANEXO II – PAREADO-PREFERÊNCIA	73
ANEXO III - INTENÇÃO DE COMPRA	74
ANEXO IV - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	75

1 INTRODUÇÃO

Dentre as leguminosas mais cultivadas no mundo, os feijões apresentam grande importância socioeconômica em vários países, destacando-se o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Este último é cultivado em mais de 100 países, principalmente nos trópicos úmido e semiárido da África, Ásia e Américas (FREIRE FILHO, 2011).

A espécie *Vigna unguiculata* apresenta quatro cultigrupos, sendo os de maior importância econômica o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* ssp *Unguiculata*), principalmente para produção de grãos verdes e secos, e o feijão-de-metro (*Vigna unguiculata* ssp *Sesquipedalis*), unicamente para produção de vagens verdes para salada (FREIRE FILHO, 2011; KONGJAIMU et al., 2013; XU et al., 2013).

O feijão-de-metro é originário da África Central, assim como o feijão-caupi, no entanto, diferentemente deste, aquele foi domesticado no Sudeste Asiático, a partir de seleções realizadas por agricultores da Índia para vagens longas e tenras na fase imatura da cultura (KONGJAIMU et al., 2012;).

O feijão-de-metro constitui uma das hortaliças mais importantes do Sudeste e Leste da Ásia, o qual também é conhecido como feijão aspargo, feijão longo de quintal ("Yardlong bean"), feijão chicote, feijão longo da China, feijão cobra, entre outros (NG; MARÉCHAL, 1985). É componente de vários pratos típicos da culinária oriental. Também há relatos de seu cultivo na América do Norte (Estados Unidos e Canadá) e América do Sul (Guiana, Suriname e Brasil). No Brasil, a produção e comercialização do feijão-de-metro tem crescido na região Norte e em alguns estados da região Nordeste (FEITOSA et al., 2015).

O feijão-de-metro é cultivado e consumido como uma hortaliça antes do pleno desenvolvimento das sementes e vagens (HA et al., 2010). Representa uma excelente e barata fonte de proteínas para a população em geral, além de fornecer outros nutrientes como carboidratos, gorduras, cálcio, ferro, tiamina, riboflavina, nicotinamida e pró-vitamina A (CARDOSO, 1997).

No Brasil, o feijão-de-metro foi introduzido no século XVII, primeiramente no Nordeste e posteriormente, disseminou-se por outras regiões do País, sobretudo para o Centro-Oeste e o Norte. Nestas regiões o seu consumo é expressivo, principalmente devido a sua melhor adaptação, ao aspecto do fruto (vagens grandes) e ao seu sabor exótico, sendo utilizado em substituição ao feijão-vagem (*Phaseolus*

vulgaris L.) na culinária tradicional dessas regiões (CARDOSO, 1997; FEITOSA et al., 2015).

Considerado uma hortaliça não-convencional muito popular na Região Norte, as vagens imaturas do feijão-de-metro são consumidas de forma idêntica ao feijão-vagem, surgindo como uma opção ao cultivo deste, por sua rusticidade e tolerância às altas temperaturas (CARDOSO, 1997; SILVA, 2003). Apesar da semelhança com o feijão-vagem, o feijão-de-metro é botanicamente mais próximo do feijão-caupi (USDA, 2007), pois pertencem à mesma espécie, diferindo apenas quanto ao cultigrupo.

Os estudos relacionados à qualidade nutricional das vagens imaturas do feijão-de-metro são poucos na literatura (RAHMAN; SAAD, 1999; USDA, 2007; ISLAM et al., 2016). Muitos trabalhos descrevem somente a composição química e fatores antinutricionais presentes na semente (UDENSI; EKWU; ISINGUZO, 2007; NWOSU et al., 2010; USDA, 2016A). Pesquisas sobre a aceitação do consumo das vagens imaturas cozidas não foram encontrados na literatura. Também são escassos trabalhos sobre o seu processamento industrial (MIRANDA; CARDOSO; FALCÃO, 1997). No Brasil, as pesquisas têm se concentrado em características agrônômicas (BRUNE et al., 1982; SILVA et al., 2012), ainda assim, incipientes, e trabalhos sobre a sua qualidade nutricional são praticamente inexistentes.

A falta de conhecimento das propriedades nutricionais e sensoriais de leguminosas não-convencionais cultivados nos países em desenvolvimento são responsáveis pelo seu uso limitado em formulações de diferentes alimentos. A seleção de cultivares de feijão-de-metro mais adequadas ao consumo facilitará a sua inserção em dietas existentes sem grandes modificações no padrão de consumo das pessoas, substituindo com vantagens o feijão-vagem, geralmente exportado dos estados do Sul e Sudeste e comercializado localmente a preços mais altos, além de valorizar um produto regional.

Com o propósito de facilitar a inserção do feijão-de-metro na dieta das populações do Meio-Norte brasileiro e aumentar o seu consumo, o presente estudo objetivou avaliar características químicas e sensoriais de genótipos de feijão-de-metro, para o consumo das vagens verdes na forma de salada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem, botânica e genética do feijão-de-metro

O feijão-caupi é uma espécie de origem africana da família Leguminosidae, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp., subespécie *unguiculata* Verdc. Mesmo tratando-se de uma planta já classificada até o nível de subespécie, no caso da *unguiculata*, ainda se constata grande variabilidade, havendo tipos de materiais com características bem peculiares. Westphal (1974) reuniu diferentes tipos em quatro grupos, os quais chamou de cultigrupos, relacionados a seguir: *Unguiculata* (feijão-caupi), *Biflora*, *Sesquipedalis* (feijão-de-metro) e *Textilis*. Pasquet (1998), a partir de um estudo morfológico, envolvendo um grande número de acessos e caracteres, propôs mais um cultigrupo, o qual foi separado do *Unguiculata*, trata-se do cultigrupo *Melanophthalmus* (FREIRE FILHO et al., 2017).

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

O grau de diversificação do genoma entre o feijão-de-metro e o feijão-caupi ainda não é bem compreendido; no entanto, as duas subespécies são bastante distintas morfológicamente, refletindo a intensa pressão da seleção de adaptação a ambientes contrastantes (quente e propenso à seca na África em comparação com maior precipitação e melhores condições de solo na Ásia) e para diferentes usos (grãos secos e verdes na África em comparação com vagens tenras na fase imatura na Ásia) (XU et al., 2011).

Várias características foram drasticamente alteradas durante o curso de domesticação e evolução do feijão-caupi selvagem para feijão-de-metro, especialmente características como o comprimento da vagem, o espaço entre as sementes adjacentes em uma vagem, e a maciez da vagem (KONGJAIMUN et al., 2013).

A planta do feijão-de-metro, assim como a do feijão-caupi, é autógama, com reprodução preferencialmente por autofecundação, apresentando menos de 1%

de taxa de cruzamento natural, que é realizada principalmente por insetos. Apresenta cleistogamia, fenômeno que consiste na ocorrência de autofecundação antes da abertura da flor (FREIRE FILHO et al., 2005; KAMALA et al., 2014).

2.2 Características morfoagronômicas do feijão-de-metro

Caracterizado por suas longas e succulentas vagens (30-90 cm de comprimento), o feijão-de-metro difere do feijão-caupi, o qual apresenta vagens mais curtas (20-30 cm de comprimento) (KONGJAIMUN et al., 2012). Além das diferenças quanto ao comprimento das vagens e arquitetura da planta, o feijão-de-metro também difere do feijão-caupi em relação ao formato da semente, a qual é mais estreita e reniforme (XU et al., 2011). Algumas características da planta, flor e vagem podem ser observadas na Figura 1.

Figura 1: Fotos ilustrativas das características das plantas do feijão-de-metro.



Fonte: Dados da Pesquisa – 2016.

Em termos das características de suas vagens e sementes, existe uma considerável variabilidade no feijão-de-metro, e os consumidores adquiriram preferências específicas para várias combinações de comprimento, cor e espessura da vagem, bem como, o tamanho, a forma e a cor da semente (HA et al., 2010).

Em particular, as vagens e sementes do feijão-de-metro possuem várias cores, tais como verde escuro, verde pálido, roxo, vermelho, vermelho e verde, cores que criam um padrão de mosaico nas vagens, e os tipos de sementes pretas, marrom, e de várias cores manchadas. Tais pigmentações de cores são devidas a clorofila e antocianinas, as quais possuem várias atividades biológicas. As vagens de melhor qualidade são retas, de comprimento uniforme e coloração homogênea. As cultivares mais populares têm cor verde, embora alguns mercados possam preferir cultivares que produzem uma vagem de cor avermelhada (HA et al., 2010), conforme mostra a Figura 2.

Figura 2: Diferentes genótipos de feijão-de-metro cultivados na Embrapa Meio-Norte.



Fonte: Dados da Pesquisa – 2016.

A planta do feijão-de-metro cresce a uma altura de 3-4 metros e possui hábito de crescimento indeterminado, ou seja, é uma planta trepadora que necessita de tutoramento para expressar a sua máxima produtividade. Possui folhas de três

lóbulos e vagens muito longas, finas e suculentas que podem ser brancas, verde claro, verde escuro, vermelhas acastanhadas ou roxas (KAMALA et al., 2014).

2.3 Cultivo do feijão-de-metro

O cultivo do feijão-de-metro foi introduzido apenas nos últimos tempos, ocorrendo em muitos países subtropicais da África (especialmente na África Ocidental) e na América (por exemplo, Caribe), se tornando popular nessas regiões também devido às suas belas e grandes flores violetas e às suas longas vagens caídas (KAMALA et al., 2014).

Estima-se que a área de cultivo do feijão-de-metro na China ultrapassa 250.000 hectares por ano. Na Tailândia, de acordo com as estatísticas do Centro de Informação Agrícola deste país, a área de cultivo do feijão-de-metro em 2014 foi de 15.774,74 hectares, com produção de 124.328,21 toneladas em 2014 (KAMALA et al., 2014; NOOPROM; SANTIPRACHA, 2015).

Bastante apreciado pelas populações da região Norte do Brasil, o feijão-de-metro tem sido cultivado nesta região por pequenos agricultores. Apesar de representar mais uma alternativa de renda para os produtores rurais do Amazonas, o seu cultivo se dá com mais intensidade no período inicial da vazante dos rios, possuindo então uma produção sazonal, pois tanto o excesso de chuvas como a baixa umidade do solo é desfavorável ao seu cultivo. Assim, a sua oferta não atende à demanda do mercado regional durante todo o ano (PIMENTEL, 1985; CARDOSO, 1997).

O feijão-de-metro tem seu cultivo principalmente na estação quente, com temperaturas ótimas de crescimento entre 27-30 °C. Ele pode ser plantado em uma ampla gama de condições climáticas, mas é muito sensível a baixas temperaturas (KAMALA et al., 2014). Em condições de campo, o feijão-de-metro tem seu plantio no final da época chuvosa, quando a planta tem água a sua disposição no início do crescimento e a frutificação não é prejudicada pela elevada precipitação, que compromete a produção (PIMENTEL, 1985).

O cultivo do feijão-de-metro no final das chuvas é otimizado já que é a época de cultivo que proporciona condições ambientais mais propícias para a produção. As cultivares locais normalmente apresentam baixa produtividade, pois são bastante sensíveis às condições ambientais desfavoráveis, como temperaturas

elevadas, tempo seco ou chuva intensa, além de suscetíveis a várias doenças e pragas. Portanto, torna-se necessário o desenvolvimento de novas cultivares, via melhoramento genético, mais adaptadas e com maior produtividade (SARUTAYOPHAT et al., 2007).

As cultivares de feijão-de-metro geralmente são trepadoras, necessitando, portanto, de um suporte com pelo menos dois metros de altura para o seu perfeito desenvolvimento, como, por exemplo varas de bambu, estacas, cercas e treliças (Figura 3). O cultivo em ambiente protegido e a irrigação também são práticas agrícolas comumente utilizadas, pois além de garantir a estabilidade de oferta da produção das espécies cultivadas e o aumento da produtividade das culturas, protegem as plantas contra agentes meteorológicos e encurtam o ciclo de produção, melhoram a qualidade dos produtos, proporcionando a obtenção de um produto diferenciado, bem como permitem obter colheitas em qualquer período do ano (SGANZERLA, 1997; SILVA et al., 2012).

Figura 3: Foto ilustrativa da forma de cultivo tradicional do feijão-de-metro.



Fonte da foto: www.alibaba.com

Em contraste com o objetivo do cultivo de feijão-caupi em se obter maior rendimento de grãos, o principal objetivo no cultivo de feijão-de-metro é a obtenção de maior quantidade de vagens por planta e diminuição da taxa de desenvolvimento

de sementes, para prolongamento da produção de vagens imaturas atraentes, favoráveis ao seu uso como hortaliça (XU et al., 2011).

As vagens do feijão-de-metro devem ser colhidas em estágio imaturo, quando atingirem o tamanho máximo, mas quando ainda lisas, ou seja, antes do completo desenvolvimento das sementes. No entanto, existe uma diversidade de informações sobre o tempo ideal da colheita do feijão-de-metro para a obtenção de vagens frescas (OFORI; KLOGO, 2005).

Para Resmi e Gopalakrishnan (2004), o início da colheita pode ser estimado pela contagem do número de semanas após o plantio. De acordo com esses autores, dependendo da cultivar e das condições ambientais, são necessárias cerca de sete semanas do plantio até o início da colheita; o período de colheita normalmente pode se estender por seis a oito semanas.

Além da data de semeadura, o comprimento da vagem e o número de dias após a antese (abertura da flor) são utilizados como indicadores para colheita do feijão-de-metro. Embora seja recomendado a colheita com comprimento mínimo de 38 cm, alguns mercados preferem vagens mais longas, de até 76 cm. Para se obter vagens de boa qualidade para o consumo, estas devem ser colhidas cerca de 15 dias após a abertura da flor (USAID, 2004; OFORI; KLOGO, 2005).

Para Ofori e Klogo (2005), a hipótese é que, sob quaisquer condições de crescimento prevalentes, deve haver tempos ótimos para a colheita de vagens do feijão-de-metro, de modo a obter alta produtividade e qualidade de vagens frescas imaturas para consumo e para a produção de sementes de boa qualidade para plantio.

2.4 Mercado e consumo do feijão-de-metro

A maioria das leguminosas são consumidas na forma de sementes secas, enquanto algumas sementes de leguminosas e vagens são consumidos na forma processada (congelados ou enlatados). Ao contrário da maioria das leguminosas, o feijão-de-metro é utilizado pelas suas vagens crocantes e tenras em ambas as formas, “in natura” e processadas (KONGJAIMUN et al., 2013).

A aparência, textura, sabor, aroma e preço são características importantes para a preferência do consumidor. A maciez da vagem do feijão-de-metro tanto “in natura” como processada, afeta a preferência do consumidor. Por exemplo, os consumidores tailandeses da região central preferem o feijão-de-metro com vagens

relativamente firmes, enquanto os da região Nordeste preferem cultivares com vagens bastante macias (KONGJAIMUN et al., 2013).

Os consumidores na Tailândia, China e Japão, preferem as vagens verdes e extralongas, enquanto os consumidores de Brunei (sudeste Asiático) preferem as vagens verdes escuras e curtas, já os mercados europeus e canadenses preferem o verde escuro e comprimento médio das vagens (KAMALA et al., 2014).

Em países da Ásia como China, Índia, Malásia e Indonésia, por exemplo, onde o feijão-de-metro desperta maior interesse econômico, há mais de 30 cultivares comerciais. Na região Norte do Brasil são cultivadas apenas duas cultivares: uma possui vagens finas e sementes pretas e a outra, vagens mais espessas e sementes marrons. Nessa região a preferência do consumidor é indistinta entre os dois tipos (PIMENTEL, 1985). No Registro Nacional de Cultivares (RNC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento só há uma cultivar de feijão-de-metro que foi registrada em 2003 chamada "De Metro" (CULTIVARWEB, 2017).

As vagens do feijão-de-metro apresentam melhores aspectos sensoriais quando consumidas logo após a colheita, mas também podem passar pelo processo de branqueamento e congeladas para posterior armazenamento. Esse armazenamento das vagens pode ser realizado mantendo-as em saco plástico e sob refrigeração, as quais podem ser armazenadas por até 5 dias. O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) recomenda que para a comercialização, as vagens devem ser armazenadas de 4 a -7 ° C e 90-95% de umidade relativa, o que irá proporcionar uma vida útil de 7 a 10 dias (NRC, 2006).

Além das vagens tenras, as folhas jovens e sementes também são consumidas. O feijão-de-metro é referido como "carne do homem pobre" nas Filipinas, sendo importante comercialmente em partes da Indonésia, Tailândia, Filipinas, Taiwan e China, embora seja uma hortaliça recente em toda a sua área de distribuição (KAMALA et al., 2014).

O feijão-de-metro pode ser comercializado na forma "in natura" ou processado. Na forma "in natura", as vagens são comercializadas em feiras livres, mercadinhos e quitandas. Na forma processada, normalmente é comercializado em grandes cadeias de supermercados nas formas minimamente processado em bandejas embaladas em microfilme de polietileno, congelado ou envidrado em conserva sozinho e junto com outros legumes como pickles (Figura 4).

Figura 4: Formas de comercialização do feijão-de-metro: "in natura" (A) e processado (B).



Fonte: <http://www.caribbeangardenseed.com>; <https://www.alibaba.com>; <https://br.pinterest.com>; <http://www.flavorsoftlife.com.ph>; <http://www.knockmart.com>; <http://www.trustonfood.com>.

O feijão-de-metro é consumido geralmente cozido, principalmente refogado, fazendo parte de vários pratos típicos da culinária oriental, principalmente na China, Tailândia, Indonésia, Sri Lanka, Coréia e Filipinas. Normalmente é consumido na forma de salada, sozinho (refogado com óleo ou azeite e alho ou empanado). Também é consumido juntamente com outros vegetais e carnes e como ingrediente em ensopados e sopas (Figura 5).

Figura 5: Formas de consumo do feijão-de-metro: como salada, sozinho (A) ou juntamente com outros vegetais e carnes ou como ingrediente em ensopados e sopas (B).



Fonte: <https://alittleyum.com>; <http://www.subbuskitchen.com>; <http://mycookinggallery.blogspot.com.br>; <http://www.astigvegan.com>; <https://br.pinterest.com>; <https://commons.wikimedia.org>; <http://www.onionringsandthings.com>; <https://nutricocinillas.com>.

No Brasil, o feijão-de-metro é considerado uma hortaliça não-convencional muito popular na Região Norte e o seu consumo amplamente difundido nos estados do Amazonas e Pará. É produzido principalmente, por olericultores familiares, que têm, nessa hortaliça, uma fonte de renda. Sua demanda é atendida pela produção regional dos plantios realizados nas áreas de várzea. É consumido na forma de vagens imaturas, cozidas em ensopados de carne de gado e aves, como também em sopas e saladas (CARDOSO, 1997; MIRANDA; CARDOSO; FALCÃO, 1997; FREIRE FILHO et al., 2017).

2.5 Qualidade nutricional do feijão-de-metro

Na dieta humana, os feijões em geral caracterizam-se por ser um alimento de origem vegetal com um bom valor nutritivo, constituindo uma importante fonte de energia, proteínas, vitaminas, minerais e fibras alimentares, além de carboidratos complexos e compostos fenólicos com elevada atividade antioxidante, especialmente para a população que vive nos países em desenvolvimento (RAMIRÉZ-CÁRDENAS et al., 2010; SILVA; ROCHA; CANNIATTI BRAZACA, 2009).

À medida que a população humana aumenta, há uma crescente demanda por proteínas, especialmente nos países em desenvolvimento. Devido à desnutrição causada pela deficiência de proteína, o desenvolvimento da produção de alimentos não-convencionais com esse nutriente é uma maneira de aumentar o fornecimento de proteína na dieta e fazer com que a proteína vegetal se torne disponível para consumo humano. Com isso, o feijão-de-metro tem sido promovido por nutricionistas como uma hortaliça de baixo custo, favorável para substituir a carne, devido seu alto teor de proteínas (cerca de 29%) e por desempenhar um papel importante no incremento de proteínas na dieta (RAHMAN; SAAD, 1999; ALAGBAOSO et al., 2015).

De acordo com Ano e Ubochi (2008), as sementes do feijão-de-metro são altamente nutritivas contendo elevada porcentagem de proteína digestível (23,52-26,27%), juntamente com vitamina A, tiamina, riboflavina, cálcio, fósforo, sódio, potássio, magnésio e uma boa fonte de vitamina C. Constituem também uma boa fonte de micronutrientes contendo 102,69-120,02 mg kg⁻¹ de ferro, 32,58-36,66 mg/kg de zinco, 2,92-3,34 mg kg⁻¹ de manganês e 0,33-0,57 mg kg⁻¹ de cobalto.

No entanto, a presença de fatores antinutricionais comumente encontrados nessa hortaliça, é um importante fator limitante do uso mais amplo desse alimento. Dentre os fatores antinutricionais, pode conter fitatos, taninos e inibidor de tripsina. A presença de fitatos em alimentos reduz a biodisponibilidade de minerais e inibe as diversas enzimas proteolíticas e amilases (UDENSI; EKWU; ISINGUZO, 2007).

O inibidor de tripsina quando ingerido pelo homem em grande quantidade, é capaz de prejudicar o processo digestivo e podem conduzir a reações fisiológicas indesejáveis. Os oligossacarídeos (rafinose e estaquiose) que são comuns em sementes de leguminosas são considerados os maiores produtores de flatulência quando estas são consumidas (UDENSI; EKWU; ISINGUZO, 2007).

Além desses, há a presença de fitohemaglutinina nos grãos do feijão-de-metro e saponinas nas vagens frescas. A fitohemaglutinina é uma lectina comumente encontrada em leguminosas a qual é resistente ao processo digestivo, agindo como uma toxina que provoca intoxicação em animais monogástricos, como os seres humanos, através do consumo de leguminosas cruas ou mal cozidas. As saponinas são uma classe de compostos químicos, encontrados em particular abundância em várias espécies de plantas, incluindo leguminosas, podendo ser responsáveis pelo gosto amargo, e assim reduzir a palatabilidade da planta (NIE et al., 2012).

Por conseguinte, é desejável reduzir o teor de fatores antinutricionais em leguminosas, se estas estão sendo exploradas de forma mais eficaz como uma fonte de baixo custo de proteínas. A utilização de alguns métodos de processamento, como imersão seguida de ebulição e autoclavagem são conhecidos para alcançar a redução ou eliminação dos fatores antinutricionais, o que afeta a qualidade nutricional dos alimentos e de leguminosas (UDENSI; EKWU; ISINGUZO, 2007).

2.5.1 Composição centesimal

Os estudos que avaliam a composição do feijão-de-metro ainda são escassos, no entanto, alguns estão relatados na Tabela 1, a qual demonstra as médias de dados da composição centesimal de partes comestíveis do feijão-de-metro observados na literatura. Observa-se a partir dessa tabela que os dados de umidade da semente do feijão-de-metro variaram de 6,5 a 9,5%, enquanto esses teores na vagem foram de 87,8% a 91,0%. Para o conteúdo de cinzas essa variação foi de 3,1 a 4,0% nas sementes, e de 0,6% nas vagens.

O percentual de proteínas verificados nesses estudos variou de 17,5 a 24,33% nas sementes e uma maior variação pode ser observada nos estudos que avaliaram as vagens do feijão-de-metro (2,8 a 24,7%), demonstrando um elevado teor de proteínas nessa hortaliça.

Para os lipídios, verifica-se uma média de 2,0% entre os estudos que avaliaram esse nutriente nas sementes, e de 0,5% nas vagens. Os carboidratos quantificados por diferença, variaram de 58,7 a 61,9% nas sementes e de 4,5 a 8,3% nas vagens. Quando avaliado na vagem com semente, esse valor foi de 19,7%. Para as fibras essa variação nas sementes foi de 2,5 a 11,0% e, de 0,8 a 1,3 % nos estudos que avaliaram a vagem.

Esses estudos fornecem dados sobre a composição centesimal dessa hortaliça, no entanto, nenhum desses analisaram o feijão-de-metro cultivado no Brasil.

Tabela 1 – Dados disponíveis na literatura sobre a composição centesimal de partes comestíveis do feijão-de-metro.

Parte comestível	Autores	Teores dos componentes em g 100 g ⁻¹					
		Umidade	Cinzas	Proteínas	Lipídios	Carboidratos	Fibras
Sementes	Ano; Ubochi (2008)	6,5	3,4	23,5	-	-	-
	Nwosu (2010)	8,3	3,1	22,8	2,1	61,8	2,5
	Nzewi; Egbuonu (2011)	9,5	3,7	19,8	2,5	58,7	5,7
	Rahman; Saad (1999)	-	-	17,5 - 20,9	-	-	-
	USDA (2016B)	8,4	4,0	24,3	1,3	61,9	11,0
Vagens	Islam et al. (2016)	-	-	21,8 - 24,7	-	-	-
	Rahman; Saad (1999)	-	-	15,6 -20,4	-	-	-
	Ershow; Wong-Chen (1990)	91	0,6	2,8	0,5	4,5	0,8
	WVC (2012)	89	0,6	3,0	0,5	5,2	1,3
	USDA (2016C)	87,8	0,6	2,8	0,4	8,3	-
Vagens + sementes	Wills et al. (1984)	89,5	0,6	3,3	0,3	19,7	4,6

(-): dados não analisados no estudo

2.5.2 Minerais

Para os minerais, a composição de cada parte da planta é determinada por uma sequência de eventos que se inicia com a biodisponibilidade de nutrientes minerais no solo e transporte de membrana nas raízes, prosseguindo via mediada por translocação do xilema para órgãos vegetativos, e concluindo com a deposição de minerais em um ou mais compartimentos celulares. Estes processos são integrados e regulamentados pelas plantas para assegurar que as quantidades adequadas, não tóxicas de minerais estejam disponíveis para determinar o bom crescimento, desenvolvimento e produtividade. Visto que as hortaliças são uma importante fonte de minerais, é necessário investigar em detalhes a composição e o padrão de variação desses nutrientes (FLYMAN; AFOLAYAN, 2008).

Assim, o perfil de minerais dos alimentos de origem vegetal é influenciada e controlada por fatores intrínsecos e extrínsecos como a fertilidade do solo, características genéticas da planta e do ambiente de cultivo. Além disso, algumas condições empregadas no processamento podem favorecer a migração dos minerais para o meio, como a quantidade de água, o tempo de contato desta com a leguminosa e a temperatura da água de embebição (OLIVEIRA et al., 2008; RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008).

De modo geral, os minerais desempenham funções específicas no organismo, sendo constituintes dos tecidos corpóreos, atuam como ativadores e reguladores enzimáticos, além de controlar impulsos nervosos e o balanço ácido-base das reações de metabolismo. Dessa forma, produtos de origem vegetal, como hortaliças e leguminosas, são cada vez mais recomendados para a obtenção de uma alimentação equilibrada, uma vez que são fontes desses elementos benéficos à saúde e seu consumo está associado ao bom funcionamento do corpo (GOMES, 2016).

Os valores de referência para ingestão de nutrientes são estabelecidos tanto para a avaliação da dieta como para sua prescrição. Dessa forma, são incorporados novos conhecimentos sobre eventuais manifestações aos extremos de exposição, ou seja, sinais carenciais decorrentes de ingestão insuficiente, ou de toxicidade, que indicam efeitos adversos decorrentes do excesso de consumo (PADOVANI et al., 2006).

De acordo com a RDC nº 54 de 12 de novembro de 2012 da ANVISA (BRASIL, 2012), a qual dispõe sobre as condições para declaração técnica sobre

informação nutricional complementar de conteúdo absoluto referente a vitaminas e minerais, os alimentos podem ser classificados em relação aos seus teores de minerais, como “fonte” ou “alto teor”. Essa resolução estabelece que os alimentos são definidos como “fonte”, quando 100 g do produto apresentar mais de 15% da Ingestão Diária Recomendada (IDR) para o nutriente desejado e, como “alto teor”, quando 100 g do produto apresentar duas vezes o valor para ser considerado “fonte”, ou seja, mais de 30% da IDR.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores de Ingestão Diária Recomendada (IDR) dos minerais de acordo com as diferentes faixas etárias segundo o Institute of Medicine (IOM, 2006).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) destaca como principais fatores de risco para as deficiências de micronutrientes uma dieta monótona, resultando em baixa ingestão e baixa biodisponibilidade de minerais; baixa prevalência de aleitamento materno; baixa ingestão de alimentos de origem animal e estado nutricional prejudicado, desnutrição energético-proteica, etc (WHO; FAO, 2006).

As deficiências nutricionais acometem indivíduos de países desenvolvidos, mas em maior magnitude os indivíduos de países em desenvolvimento. Estima-se que mais de 2 bilhões de pessoas no mundo tenha alguma deficiência de vitaminas e minerais essenciais, principalmente ferro, iodo e zinco, sendo que a maioria delas vive em países de baixa renda (WHO, 2011).

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

O potássio é o principal cátion intracelular que, juntamente com o sódio (cátion mais abundante no líquido extracelular do corpo humano), regulam o equilíbrio da hídrico e ácido básico no organismo, o ritmo cardíaco, e atuam no funcionamento do sistema nervoso, dos órgãos dos sentidos e dos músculos, sendo necessários para a função celular normal (LANHAM-NEW et al., 2012).

Tabela 2 – Ingestão Diária Recomendada (IDR) dos minerais na dieta alimentar para diferentes faixas etárias.

Faixa etária	Ingestão Dietética Recomendada de minerais (mg)								
	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
Lactentes (0 a 6 meses)	100	0,4	0,12	200	30	0,27	2,0	0,003	0,20
Crianças (7 a 11 meses)	275	0,7	0,37	260	75	11,0	3,0	0,6	0,22
Crianças (1 a 3 anos)	460	3,0	1,0	700	80	7,0	3,0	1,2	0,34
Crianças (4 a 6 anos)	500	3,8	1,2	1000	130	10,0	5,0	1,5	0,44
Crianças (7 a 10 anos)	1250	4,5	1,5	1300	240	8,0	8,0	1,9	0,44
Mulheres gestantes	1250	4,7	1,5	1300	350	27,0	11,0	2,0	1,0
Lactentes	1250	5,1	1,5	1000	310	9,0	12,0	2,6	1,3
Adultos saudáveis	700	4,7	1,5	1000	320	8,0/18,0*	11,0/8,0*	2,3/1,8*	0,90

Fonte: Institute of Medicine. Dietary reference intakes; the essential guide to nutrient requirements. Washington (DC): National Academy Press; 2006.

(*) – para homens e mulheres, respectivamente.

O cálcio é um dos elementos inorgânicos mais importantes, sendo o mineral mais abundante no corpo humano, responsável por cerca de 1 a 2% do peso corporal. Suas funções principais são estruturais e funcionais, relacionadas com a estruturação de ossos e dentes, ativação de algumas das reações da coagulação sanguínea como co-fator enzimático, ou liberação de energia necessária para a contração muscular (COZZOLINO, 2016; OLIVEIRA; MARCHINI, 1998).

O zinco é um elemento-traço de ampla distribuição no corpo humano e desempenha funções nos processos de diferenciação celular, crescimento estatural, desenvolvimento neurológico e defesa imunológica, sendo necessário para a atividade de mais de 200 enzimas envolvidas na manutenção de importantes vias metabólicas do organismo. O ferro atua na formação de enzimas responsáveis pela produção de energia, estimula o crescimento e proporciona resistência a enfermidades, além de ser o componente central da hemoglobina (PEDRAZA; SALES, 2015; GOMES, 2016).

As funções mais importantes do ferro estão relacionadas às funções das proteínas (hemoglobina, mioglobina, transferrina, ferritina, entre outras) no organismo, como o transporte de oxigênio para os músculos e outros tecidos. Dentre as deficiências de micronutrientes existentes, a anemia por deficiência de ferro é a mais prevalente, atingindo de 2 a 3 bilhões de indivíduos em todo mundo, principalmente pelo fato de qualquer grupo etário está vulnerável a essa deficiência, a qual pode ocorrer tanto pela falta de ingestão como pelo aumento das perdas, com reflexos principalmente no desenvolvimento mental (COZZOLINO, 2016).

Segundo a OMS, as deficiências de ferro e zinco são as formas mais comuns e relevantes de desnutrição de micronutrientes no mundo, pois o ferro é essencial nos processos de formação da molécula de hemoglobina, podendo sua deficiência causar anemia, além de comprometimento no desenvolvimento cognitivo, comportamental e na coordenação motora; e o zinco é essencial nos processos de maturação sexual, na fertilidade e reprodução, além de participar da função imune e possuir um papel antioxidante na defesa do organismo contra os radicais livres (FAO, 2004; BOEN et al., 2007; VELLOZO; FISBERG, 2010).

Dentre várias estratégias possíveis para aumentar a ingestão e/ou a absorção de zinco e ferro, ganha destaque as estratégias agrícolas para aumentar o teor total, ou diminuir o conteúdo de fitato de lavouras de alimentos básicos usando

fertilizantes com zinco e ferro, melhoramento de plantas, ou técnicas de modificação genética (PEDRAZA; SALES, 2015).

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

Sabe-se que a deficiência de alguns micronutrientes, que são essenciais ao desenvolvimento humano, acarreta uma série de agravos à saúde com consequente aumento das taxas de mortalidade. No entanto, algumas alternativas como a fortificação, enriquecimento ou simples adição de minerais, têm sido utilizadas para combater essas carências em micronutrientes, com o objetivo de elevar o teor de nutrientes nos alimentos e prevenir deficiências nutricionais apresentadas pela população ou por grupos de indivíduos mais suscetíveis (VELLOZO; FISBERG, 2010).

A fortificação se tornou o meio mais rentável de superar a desnutrição por micronutrientes, pelo seu baixo custo e eficácia. É uma estratégia de longo prazo que não exige alterações nos hábitos alimentares, simplificando, assim, seu processo de implementação. De tal maneira, a fortificação parece ser uma estratégia promissora para controlar a deficiência de minerais, como zinco e ferro, em termos de viabilidade técnica, custos, segurança e impacto na absorção (PEDRAZA; SALES, 2015).

2.6 Qualidade sensorial de vagem para salada

A qualidade sensorial refere-se a características de um produto que são avaliadas pelos seres humanos por meio de órgãos de olfato, tato, gosto, visão e audição, e também por alguns testes particulares (CANTWELL; SUSLOW, 1998).

As propriedades sensoriais são geralmente usadas para quantificar a vida útil de hortaliças congeladas. Propriedades, tais como a percepção de cor, textura e sabor, têm sido usadas para quantificar a qualidade, conforme percebida pelo consumidor. Estes foram considerados fatores de limitação da vida útil, opondo-se aos parâmetros nutricionais e de segurança nas hortaliças congeladas. No entanto, os

parâmetros sensoriais podem não ser sempre os fatores limitantes da vida útil. (MARTINS; SILVA, 2004).

As vagens devem ser bem formadas e retas, de cor brilhante, com uma aparência fresca, livre de defeitos e macias (não duras ou fibrosas), mas firmes (CANTWELL; SUSLOW, 1998).

Trabalhos sobre a qualidade sensorial do feijão-de-metro com vistas ao seu consumo na forma de salada são inexistentes na literatura brasileira.

Dessa forma, torna-se importante o conhecimento da composição química dos alimentos, no que confere ao teor de minerais, tendo em vista que atualmente essas deficiências são consideradas problemas de saúde pública e que acometem uma grande parcela da população mundial. Tendo em vista o exposto, a caracterização da composição centesimal, de minerais e sensorial do feijão de metro é de suma importância, como uma opção futura do consumo dessa hortaliça a como vagem em salada pela população.

3 OBJETIVOS

3.1.Geral

Avaliar a composição centesimal, minerais e aceitação sensorial em genótipos de feijão-de-metro (*Vigna unguiculata* spp. *sesquipedalis*), para o consumo como vagem para salada.

3.2Específicos

- Obter a composição centesimal de genótipos de feijão-de-metro;
- Determinar a concentração de alguns minerais presentes no feijão-de-metro;
- Analisar a aceitação, preferência e intenção de compra dos genótipos de feijão-de-metro mais nutritivos verificados na composição centesimal e de minerais.

4 METODOLOGIA

4.1 Material genético

Foram avaliados 10 genótipos de feijão-de-metro (*Vigna unguiculata* spp. *sesquipedalis*), sendo oito linhagens e duas cultivares, ambos oriundos do Banco Ativo de Germoplasma de feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI. Esses 10 genótipos foram selecionados a partir de uma avaliação de 30 genótipos realizada em 2015, com base em características agronômicas (produtividade) e comerciais (comprimento e aspecto comercial da vagem).

Tabela 3 - Relação dos genótipos de feijão-de-metro utilizados na pesquisa.

Nº do tratamento	Código/Nome do genótipo	Tipo de material genético	Cor da vagem Imatura
1	3943	Linhagem	Verde
2	3950	Linhagem	Verde
3	3951	Linhagem	Verde
4	3952	Linhagem	Verde
5	3958	Linhagem	Verde
6	3966	Linhagem	Verde
7	3979	Linhagem	Verde
8	3995	Linhagem	Verde
9	Slim	Cultivar local	Verde
10	“De Metro” ⁽¹⁾	Cultivar melhorada	Verde

¹Testemunha (cultivar registrada no Registro Nacional de Cultivares - RNC/MAPA).

4.2 Local e período de estudo

O cultivo dos genótipos de feijão-de-metro foi realizado no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI, no ano de 2016. As análises da composição centesimal e minerais foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte no período de Setembro a Dezembro/2016 e a

análise sensorial foi realizada no Laboratório de Desenvolvimento de produtos e Análise Sensorial de Alimentos – LASA da Universidade Federal do Piauí – UFPI, no período de Abril/2017.

4.3 Protocolo experimental

Um experimento visando o cultivo e colheita das amostras de vagens imaturas dos genótipos de feijão-de-metro foi conduzido em condições de telado, sob irrigação, na Embrapa Meio-Norte, no período de julho a outubro de 2016. Adotou-se o delineamento de blocos inteiramente casualizados, com 10 tratamentos e três repetições, totalizando 30 parcelas. Cada parcela apresentou as dimensões de 1,0 x 4,8 m e constou de apenas uma fileira de 4,8 m de comprimento, tendo como área útil a própria fileira. O espaçamento entre fileiras foi de 1,0 m e de 0,40 m entre covas dentro da fileira, totalizando 12 covas. Foram semeadas três sementes por cova e após 15 dias do plantio realizou-se um desbaste, com compensação das falhas, deixando-se uma planta por cova. Os tratos culturais foram os recomendados para a cultura.

As análises químicas foram realizadas em amostras de vagens imaturas cruas de 10 genótipos de feijão-de-metro. Desses, as quatro linhagens que apresentaram melhor valor nutritivo quanto aos teores de proteínas, ferro e zinco foram selecionadas e, juntamente com a cultivar testemunha (“De Metro”), foram processadas termicamente e realizado um pré-teste sensorial para a seleção das duas melhores linhagens (3943 e 3966) do ponto de vista sensorial.

4.4 Preparo da amostra

A colheita das amostras de vagens dos genótipos de feijão-de-metro foi realizada na fase de maturação, mas quando as vagens ainda se encontravam imaturas, cerca de 15 dias após a floração e em torno de 45 a 50 dias após o plantio.

As amostras foram levadas ao Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte para preparo e análise. Estas foram selecionadas manualmente para remoção de sujidades e de vagens fora do padrão de qualidade. Em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel e pré-secas em estufa ventilada a 60°C por 48 horas. Depois de secas, as vagens foram moídas em moinho de bolas de zircônia,

marca Retsch, modelo MM200 (Figura 6), com a finalidade de obtenção de uma farinha a ser utilizada nas análises. A farinha foi acondicionada em temperatura de refrigeração, a 4°C.

Figura 6 - Vagens de feijão-de-metro pré-secas e preparo de recipientes para moagem em moinho de bolas de zircônia.



Fonte: Dados da Pesquisa – 2016.

Para a análise sensorial, foi realizado o branqueamento das amostras logo após a colheita, por imersão em água fervente (90 - 100 °C) por 1 minuto e 30 segundos e resfriadas imediatamente em um recipiente com água e gelo. Em seguida as amostras foram armazenadas em temperatura de congelamento (-18 °C) até a realização dos testes sensoriais.

Figura 7 - Vagens de feijão-de-metro cruas e após o branqueamento.



Fonte: Dados da Pesquisa – 2016.

4.5 Análises químicas

4.5.1 Composição centesimal

4.5.1.1 *Teor de umidade*

A determinação do teor de umidade foi realizado por meio de gravimetria a 105°C em estufa de secagem, com circulação mecânica, marca FANEM, modelo 320 – SE (AOAC, 2005). Foram pesados 3 g da amostra triturada e homogeneizada, em triplicata, em cápsula de porcelana previamente tarada. As cápsulas com as amostras foram colocadas em estufa a 105°C por quatro horas, em seguida transferidas para um dessecador por 30 minutos e pesadas em seguida. O teor de umidade ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) foi obtido pela fórmula:

$$\text{Teor de umidade (g } 100 \text{ g}^{-1}) = 100 \times N / P$$

Sendo:

N = peso em gramas de umidade (peso da amostra inicial – peso da amostra após secagem em estufa)

P = peso da amostra inicial.

4.5.1.2 *Resíduo mineral fixo (Cinzas)*

O resíduo mineral fixo (cinzas) foi determinado por meio da técnica de incineração em mufla, marca Novatecnica, modelo NT 380, à temperatura de 550°C, sendo os resultados obtidos em $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ (AOAC, 2005).

Inicialmente foram pesadas 3 g das amostras, em triplicata, em cadinho previamente tarado. As amostras foram colocadas em mufla aumentando a temperatura gradualmente até atingir 550°C, inicialmente para calcinação até a incineração de toda matéria orgânica. Ao final, os cadinhos com amostra incinerada foram colocados em dessecador por 40 minutos e em seguida pesados. O teor de cinzas ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) foi obtido pela fórmula:

$$\text{Teor de cinzas (g } 100 \text{ g}^{-1}) = 100 \times N / P$$

Em que:

N = gramas de cinzas (total – matéria orgânica).

P = gramas de amostra.

4.5.1.3 *Lipídios Totais*

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

$$\text{Teor de lipídios} = 100 \times N / P$$

na qual:

N = n° de gramas de lipídios.

P = n° de gramas de amostra.

4.5.1.4 *Proteínas*

O teor de proteínas foi determinado com base nos teores de nitrogênio orgânico, de acordo com o método clássico de *Kjeldahl*. Foi utilizado um destilador de nitrogênio da marca Tecnal, modelo TE – 0363, segundo AOAC (2005), o qual promove a 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.

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

Na etapa de destilação, o material do tubo de digestão foi acoplado ao conjunto de destilação. Nessa etapa foram adicionados 10 mL de solução saturada de hidróxido de sódio. Após a ebulição toda a amônia da amostra foi transportada por

arraste a vapor para um erlenmeyer contendo solução de ácido bórico adicionado de dois indicadores (vermelho de metila e verde de bromocresol) para fixar o nitrogênio da amostra.

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

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

$$\text{Teor de proteína (g 100 g}^{-1}\text{)} = V \times 0,14 \times F / P$$

sendo:

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

F = fator de conversão = 6,25.

P = peso da amostra.

4.5.1.5 *Carboidratos*

O teor de carboidratos foi determinado por diferença, subtraindo de 100 dos teores de proteínas, lipídios, cinzas e umidade, segundo AOAC (2005).

$$\text{Carboidratos (g 100 g}^{-1}\text{)} = (100 - \text{Proteína} - \text{Lipídios} - \text{Umidade} - \text{Cinzas})$$

4.5.1.6 *Valor Energético Total*

O valor energético total foi calculado segundo Watt e Merrill (1963). Utilizaram-se os teores encontrados dos nutrientes e multiplicaram-se pelos respectivos fatores de conversão de Atwater (carboidratos = 4,0 Kcal g⁻¹, proteínas = 4,0 kcal g⁻¹ e lipídios = 9,0 kcal g⁻¹).

4.5.2 Minerais

4.5.2.1 *Preparo da amostra*

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

4.5.2.2 *Determinação do teor de fósforo (P)*

A determinação do teor de fósforo foi realizada por colorimetria, segundo método descrito por Silva e Queiroz (2002). Da solução de extrato, pipetou-se 200 µL do mesmo e transferiu-se para um tubo de ensaio, adicionando 8,4 mL de água Milli-Q, 1,0 mL de solução ácida de molibdato de amônia (SAMA) e 400 µL de solução de ácido ascórbico a 2%. O extrato preparado foi homogeneizado em agitador tipo vortex e, após aguardar 5 minutos para o aparecimento da cor (azul), procedeu-se com a leitura no espectrofotômetro UV-VIS (modelo 22 PC, marca Spectrumlab), em comprimento de onda de 725 nanômetros, utilizando uma cubeta de quartzo para a leitura das soluções. Realizou-se a leitura do branco com água destilada para que, ao final, fosse subtraído da leitura direta do equipamento. Os valores de leitura em absorbância foram aplicados na fórmula:

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

em que:

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

As concentrações de fósforo foram obtidas em partes por milhão (ppm) e depois transformados para mg 100 g⁻¹.

4.5.2.3 Determinação dos teores de sódio (Na) e potássio (K)

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

4.5.2.4 Determinação dos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg)

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

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

4.5.2.5 Determinação dos teores de ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e cobre (Cu)

A determinação desses elementos foi realizada de acordo com o método descrito por Silva e Queiroz (2002). Realizou-se a leitura diretamente nos extratos, em espectro de absorção atômica (modelo iCE 3000 Series, marca Thermo Scientific) selecionando previamente o comprimento de onda específico de cada elemento a ser analisado no *software* do equipamento. Os valores das concentrações de ferro, zinco,

manganês e cobre foram obtidos em partes por milhão (ppm) e depois transformados para $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$.

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

4.6 Análise sensorial

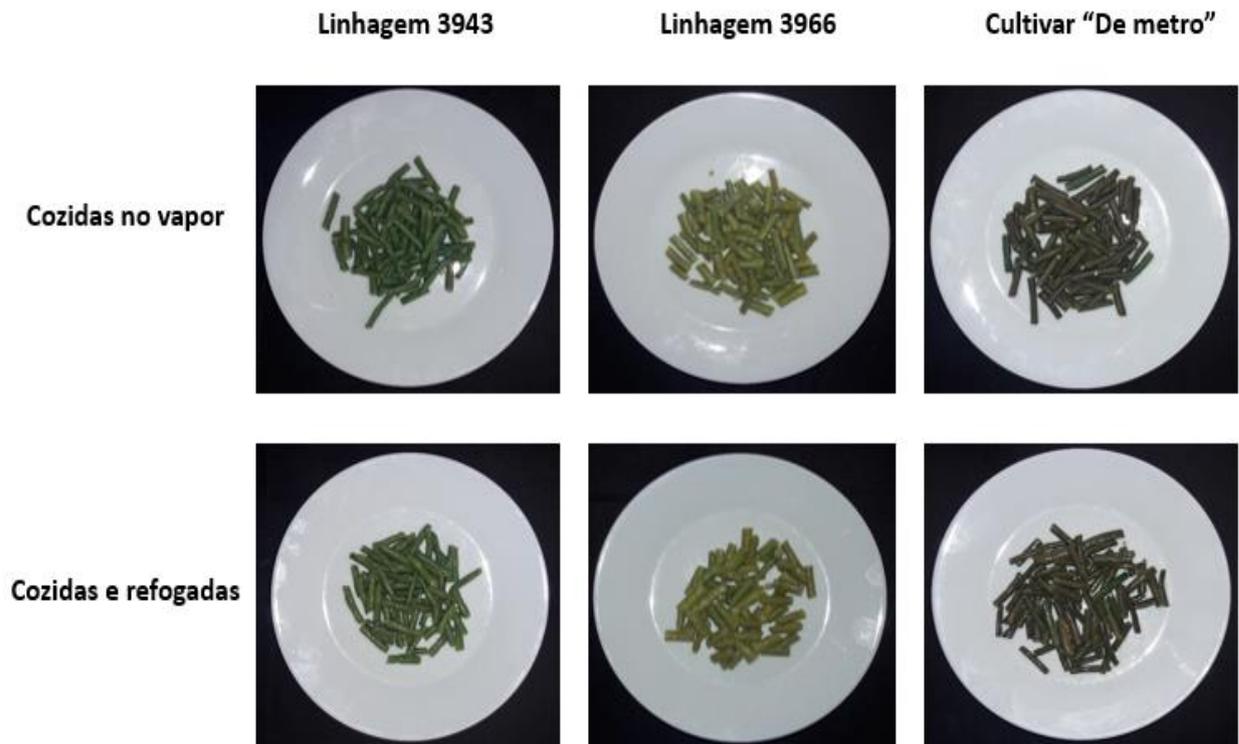
A análise sensorial foi realizada com os dois melhores genótipos (2 linhagens – 3943 e 3966) e uma cultivar testemunha (“De metro”), com base nas características físico-químicas, para verificar a aceitação, preferência e a intenção de compra. Esta foi realizada no Laboratório de Desenvolvimento de produtos e Análise Sensorial de Alimentos – LASA, do Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Piauí, empregando-se cabines individuais e luz branca. Utilizou-se os testes de Escala Hedônica de nove pontos (9 = gostei extremamente; 1 = desgostei extremamente) (STONE, SIDEL, 1992) para avaliar a aceitação e o teste Pareado de Preferência, para avaliar a preferência comparando duas amostras entre si, visando observar qual seria a amostra preferida, bem como a intenção de compra por meio de ficha resposta com escala estruturada de 5 pontos, oscilando de 1 = certamente compraria a 5 = certamente não compraria (ANEXO) (FERREIRA, 2000; DUTCOSKI, 2007).

Foram recrutados na Universidade Federal do Piauí assessores não treinados, com idade entre 18 a 45 anos, de ambos os sexos, em um total de 102, sendo que para o teste de intenção de compra participaram 99 indivíduos (três perdas). Os três testes foram aplicados com os mesmos assessores avaliando todas as amostras a serem testadas na mesma sessão, ou seja, utilizou-se o delineamento experimental de blocos completos balanceados. As sessões ocorreram durante dois dias, com 34 assessores no primeiro dia e 68 no segundo.

Foram analisadas duas formas de preparo das vagens (Figura 8): cozidas no vapor durante 06 minutos com adição de 5 g de sal para 500 g de amostra; e cozidas, como descrito, e depois refogadas em 5 mL de óleo de soja em frigideira antiaderente. Foram servidos 5 g de cada amostra para os assessores, em um total de 6 amostras, em copos de café (50 mL) codificados com um número de três dígitos.

Manteve-se a temperatura das amostras controlada a 60°C até a distribuição aos assessores sensoriais.

Figura 8 – Vagens de feijão-de-metro, linhagens 3943 e 3966 e cultivar “De metro”, cozidas no vapor e cozidas e refogadas, utilizadas na análise sensorial.



4.7 Análise estatística

A análise estatística dos dados relacionados com composição centesimal e minerais foi realizada utilizando-se o Programa computacional SAS (SAS INSTITUTE, 1999) e o Programa GENES (CRUZ, 2004). Os resultados estão expressos em tabelas com as respectivas médias e desvio-padrão de cada variável estudada. Aplicou-se a Análise de Variância (ANOVA) e as médias foram agrupadas pelos testes de *Scott Knott*, a 5% de probabilidade.

Os dados obtidos na análise sensorial foram analisados através da Tabela de Distribuição χ^2 (KRAMER; TWIGG, 1970), a 5% de probabilidade, com o objetivo de verificar a relação do número total de assessores sensoriais e o número de

assessores concordantes (DUTCOSKY, 1996). Utilizou-se o Programa computacional *Statistical Package for Social Sciences-SPSS*, versão 17 para windows (SPSS, 2008).

4.8 Critérios éticos

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa – CEP da Universidade Federal do Piauí – UFPI para apreciação e aprovação, a qual foi obtida em Novembro de 2016, sob parecer número 57433616.0.0000.5214. Os assessores que fizeram parte da avaliação sensorial, antes dos testes, foram informados sobre os objetivos e metodologia da pesquisa e consultados por meio de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO), conforme as Diretrizes e Normas para Pesquisa com Seres Humanos, Resolução 466/12 (BRASIL, 2012).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Composição centesimal

A proporção dos nutrientes que constituem os alimentos é representada pela composição centesimal. Neste estudo foi avaliada a composição de vagens cruas de 10 genótipos de feijão-de-metro, com os valores de médias apresentados em base seca.

Os teores de umidade verificados nesse estudo (Tabela 4) variaram de 86,1 g 100 g⁻¹ (Linhagem 3950) a 90,8 g 100 g⁻¹ (Cultivar “De metro”), sem diferenças significativas. Esses valores corroboram com o estudo de Wills et al. (1984) que analisaram a composição química de hortaliças chinesas e verificaram 89,5 g 100 g⁻¹ de umidade em vagem de feijão-de-metro, bem como a tabela de composição de alimentos chineses (ERSHOW; WONG-CHEN, 1990), na qual o feijão-de-metro apresentou 90,4 e 91 g 100 g⁻¹ de umidade.

Tabela 4 – Conteúdos de umidade e de cinzas (g 100 g⁻¹) em vagens de 10 genótipos de feijão-de-metro.

Linhagem / Cultivar	Umidade	Cinzas
1 – 3943	89,7 ± 0,1 ^a	6,6 ± 0,2 ^a
2 – 3950	86,1 ± 2,4 ^a	5,9 ± 0,9 ^b
3 – 3951	86,7 ± 2,9 ^a	6,7 ± 0,1 ^a
4 – 3952	87,1 ± 1,4 ^a	6,8 ± 0,3 ^a
5 – 3958	87,1 ± 0,3 ^a	7,4 ± 0,1 ^a
6 – 3966	89,5 ± 0,4 ^a	6,7 ± 0,6 ^a
7 – 3979	87,2 ± 0,8 ^a	5,9 ± 0,5 ^b
8 – 3995	87,5 ± 1,0 ^a	7,2 ± 0,5 ^a
9 – Slim	87,6 ± 1,6 ^a	6,6 ± 0,2 ^a
10 – “De metro” ⁽¹⁾	90,8 ± 3,6 ^a	6,4 ± 0,7 ^a
Média geral	87,9 ± 2,1	6,6 ± 0,6

¹Cultivar “De metro” (cultivar registrada no RNC/MAPA); Média de três repetições ± desvio padrão (DP). Médias com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de Scott e Knott ($p \leq 0,05$); Valores de médias em base seca por g 100 g⁻¹.

Muradian; Fiorini (1996), avaliaram a umidade de vagens cruas de feijão-macarrão e feijão-manteiga (*Phaseolus vulgaris*), e obtiveram teores de 90,1 g 100 g⁻¹ e 92,5 g 100 g⁻¹, respectivamente. Valores semelhantes, em média 90 g 100 g⁻¹ de umidade, foram observados no estudo de Martínez et al. (1998), no qual foram avaliadas três variedades de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris*), *Cleo*, *Strike* e *Sentry*, cultivadas na Espanha. De acordo com Cecchi (2003), a umidade de um alimento está relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição, sendo uma das análises mais importantes, a qual afeta diretamente o tempo de estocagem, a embalagem e o processamento dos alimentos.

Quanto ao conteúdo de cinzas (Tabela 4) este foi maior na linhagem 3958 (7,44 g 100 g⁻¹) sem diferença estatisticamente significativa entre as amostras, com exceção das linhagens 3979 e 3950 que apresentaram menor conteúdo (5,9 g 100 g⁻¹). Martínez et al. (1998) observaram valores semelhantes, de 8,1; 6,8 e 8,0 g 100 g⁻¹, respectivamente, para as três variedades de feijão-vagem, *Cleo*, *Strike* e *Sentry*.

Menores teores, 0,6 g 100 g⁻¹ de cinzas, foram verificados por Ershow; Wong-Chen (1990) em feijão-de-metro cultivado na China, semelhante ao estudo de Muradian; Fiorini (1996), no qual obtiveram valores de cinzas correspondentes a 0,79 g 100 g⁻¹ e 0,54 g 100 g⁻¹ para vagens cruas de feijão-macarrão e feijão-manteiga, respectivamente.

O teor de cinzas de um alimento representa o resíduo mineral fixo, ou seja, é o resíduo inorgânico que permanece após a queima da matéria orgânica, que é transformada em CO₂, H₂O e NO₂. Constituído por grandes concentrações de potássio, sódio, cálcio e magnésio, e em pequenas concentrações de alumínio, ferro, cobre, manganês e zinco e traços de argônio, iodo, flúor e outros elementos (CECCHI, 2003), o que indica elevada concentração de minerais no genótipos de feijão-de-metro avaliados.

O conteúdo de proteínas nas hortaliças é um dos aspectos mais importantes na qualidade nutricional. De acordo com a Tabela 5, os teores de proteínas observados nas vagens cruas dos genótipos de feijão-de-metro foram elevados, variando entre os genótipos de 26,8 a 30,2 g 100 g⁻¹, sem diferença significativa entre esses, sugerindo que uma boa proporção das necessidades diárias de proteínas de um indivíduo pode ser satisfeita por meio da inserção de vagens do feijão-de-metro na alimentação diária.

Tabela 5 – Conteúdos de proteínas, lipídios, carboidratos (g 100 g⁻¹) e Valor Energético Total (kcal 100 g⁻¹) de vagens de 10 genótipos de feijão-de-metro.

Linhagem / Cultivar	Teores (g 100 g ⁻¹ base seca)			
	Proteínas	Lipídios	Carboidratos	VET
1 – 3943	30,2 ± 3,0 ^a	2,8 ± 0,2 ^b	49,2	343,1
2 – 3950	29,2 ± 0,9 ^a	1,9 ± 0,1 ^d	53,1	347,0
3 – 3951	28,9 ± 0,2 ^a	2,4 ± 0,3 ^c	52,6	347,4
4 – 3952	29,1 ± 1,3 ^a	2,2 ± 0,1 ^c	52,1	344,6
5 – 3958	30,1 ± 1,4 ^a	2,0 ± 0,3 ^d	50,3	340,2
6 – 3966	29,1 ± 0,7 ^a	1,9 ± 0,3 ^d	51,0	337,8
7 – 3979	27,0 ± 2,7 ^a	2,4 ± 0,3 ^c	54,7	349,1
8 – 3995	27,1 ± 1,6 ^a	2,7 ± 0,1 ^b	53,9	348,2
9 – Slim	26,8 ± 1,3 ^a	2,4 ± 0,3 ^c	53,1	341,4
10 – “De metro” ⁽¹⁾	28,1 ± 2,4 ^a	3,3 ± 0,1 ^a	52,3	346,4
Média geral	28,6 ± 1,9	2,42 ± 0,4	52,2	344,5

¹Cultivar “De metro” (cultivar registrada no RNC/MAPA); Média de três repetições ± desvio padrão (DP). Médias com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de Scott e Knott ($p \leq 0,05$); Valores de médias em base seca por g 100 g⁻¹, VET em Kcal 100 g⁻¹.

Islam et al. (2016) obtiveram teores próximos ao desse estudo ao avaliarem a influência de dois fertilizantes orgânicos no conteúdo de proteínas em vagens de feijão-de-metro, os quais foram 22,0 e 24,7 g 100 g⁻¹, respectivamente, para cada fertilizante. Rahman e Saad (1999), avaliaram o conteúdo de proteínas em seis populações de feijão-de-metro geneticamente diferentes, tanto nas vagens como nas sementes. O teor de proteínas das vagens foi menor do que o observado no presente trabalho, variando de 15,6 a 20,4 g 100 g⁻¹, com diferença significativa entre as amostras.

Wills et al. (1984) verificaram que o teor de proteína de 3,3 g 100g⁻¹ em vagem de feijão-de-metro foi menor do que os obtidos nesse trabalho. Muradian e Fiorini (1996) obtiveram valores ainda menores em feijão-vagem macarrão e manteiga, de 2,3 e 1,76 g 100 g⁻¹, respectivamente, com redução significativa do conteúdo de proteínas após o cozimento, totalizando 1,5 g 100 g⁻¹ em vagem macarrão e 1,2 g 100 g⁻¹ em vagem manteiga.

No estudo de Gomes (2016) foi avaliada a composição nutricional de feijão-vagem do sistema convencional e orgânico em diferentes genótipos tendo sido observados conteúdos de proteínas inferiores ao desse estudo. Verificou-se que o genótipo com o maior teor de proteína foi do sistema convencional, que apresentou $20,79 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, diferindo estatisticamente dos outros genótipos, como as vagens Isla Macarrão Baixo ($17,73 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e Isla Manteiga Baixo ($16,92 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). No sistema orgânico, as maiores concentrações de proteína ocorreram nos genótipos Feltrin Macarrão Napoli ($14,85 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), Feltrin Vicenza Amarelo Baixo ($14,25 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e Isla Manteiga Baixo ($12,61 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$).

Avaliando também o teor de proteínas em feijão-vagem, Martínez et al. (1998) obtiveram $17 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, como uma média de avaliação de três variedades estudadas. Todos esses valores foram menores aos obtidos nesse trabalho, ressaltando o alto conteúdo de proteínas nas vagens verdes cruas dos genótipos de feijão-de-metro.

As diferenças no conteúdo de proteína das vagens, entre os genótipos, estão relacionadas às suas capacidades distintas na absorção do nitrogênio disponível no solo, bem como podem estar ligadas, em associação ou não com esta capacidade, à maior ou menor eficiência, de cada genótipo, em realizar a fixação biológica do nitrogênio (GOMES, 2016).

A ingestão dietética recomendada (RDA – *Recommended Dietary Allowance*) é o nível de ingestão dietética diária suficiente para atender às necessidades de um nutriente para 97% a 98% dos indivíduos saudáveis do mesmo sexo e estágio de vida, sendo utilizada como meta de ingestão (PADOVANI et al., 2006). O requerimento diário de proteínas para um indivíduo adulto é de $56 \text{ g } \text{dia}^{-1}$ e $46 \text{ g } \text{dia}^{-1}$ para homens e mulheres adultos, respectivamente, o que representa uma média de $50 \text{ g } \text{dia}^{-1}$ (IOM, 2006). A quantidade de 100 g de vagens cruas de feijão-de-metro apresentou em média $28,58 \text{ g}$ de proteína, com o mínimo de $26,85 \text{ g}$ e máximo de $30,25 \text{ g}$, fornecendo cerca de 57% do total recomendado de ingestão diária desse nutriente, enfatizando-o como alimento fonte de proteínas ao ser humano.

Alguns alimentos de origem vegetal são fontes significativas de proteínas, sendo classificados, em sua maioria, como parcialmente completos, ou seja, que fornecem aminoácidos em quantidade suficiente para a manutenção orgânica, como algumas proteínas provenientes de leguminosas, oleaginosas e cereais. As leguminosas são as mais adequadas, contendo de 10 a 30% de proteínas, podendo

apresentar alguma deficiência em aminoácidos sulfurados, como metionina e cisteína. Contudo, as proteínas vegetais contribuem em grande parte para a totalidade da ingestão proteica da população, por apresentarem menor custo em relação à proteína animal, com maior consumo, principalmente em países em desenvolvimento (COZZOLINO, 2016).

Na Tabela 5 pode-se observar que, para os lipídios, a cultivar “De metro” foi a que apresentou maior conteúdo ($3,3 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e o menor foi obtido na linhagem 3966 ($1,9 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), com diferença significativa entre as amostras ($p \leq 0,05$).

Martínez et al. (1998) verificaram valores mais próximos ao desse estudo, com média de $1,6 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de lipídios em três variedades de feijão-vagem avaliadas.

No entanto, menores teores aos resultados desse trabalho foram obtidos por Wills et al. (1984), que verificaram em vagens do feijão-de-metro $0,3 \text{ g}$ de gorduras por 100 g de porção comestível, assim como Ershow; Wong-Chen (1990) relataram variação de $0,2$ e $0,5 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de lipídios em feijão-de-metro dependendo da região da China. Muradian e Fiorini (1996) obtiveram valores ainda menores em amostras de feijão-vagem macarrão e manteiga, de $0,15 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ para ambos.

O maior teor de carboidratos (Tabela 5) foi verificado na linhagem 3979 ($54,7 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e o menor na linhagem 3943 ($49,2 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), sem diferença significativa entre as mesmas. Analisando as três variedades (*Cleo*, *Strike* e *Sentry*) de feijão-vagem, Martínez et al. (1998) verificaram médias de $42,8$; $36,4$ e $41,6 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de carboidratos nas amostras, respectivamente.

O valor energético total (VET) variou de $337,8 \text{ kcal } 100 \text{ g}^{-1}$ na linhagem 3966 a $349,1 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ na linhagem 3979, com diferença significativa entre as amostras ($p \leq 0,05$) (Tabela 5).

O Instituto de Medicina (IOM, 2006), de acordo com a RDA, não determina uma recomendação de ingestão de lipídios, havendo uma faixa aceitável de distribuição de macronutrientes (AMDR), a qual deve ser de 10-35% de lipídios da energia total requerida para o indivíduo. Para os carboidratos, a recomendação estabelece 130 g/dia de carboidratos para adultos saudáveis. Dessa forma, como as vagens do feijão-de-metro contém em média, $52,23 \text{ g}$ de carboidratos por 100 g de porção comestível, isso representa 40% da ingestão diária recomendada para esse macronutriente.

Analisando-se os nutrientes presentes nas amostras de vagens cruas do feijão-de-metro, percebeu-se que não houve uma homogeneidade em relação a uma

mesma linhagem apresentar maior teor em todos os nutrientes, ressaltando-se, no entanto, a linhagem 3943, a qual se destacou em relação ao conteúdo de proteínas, sem diferença estatisticamente significativa entre as linhagens. As análises de cinzas, lipídeos e VET apresentaram diferença significativa entre as amostras.

5.2 Minerais

A concentração de elementos minerais fósforo (P), potássio (K) e sódio (Na) observados nas vagens do feijão-de-metro em mg 100 g⁻¹ de matéria seca, são apresentadas na Tabela 6.

Os teores do elemento fósforo (P) (Tabela 6) variaram de 453,6 mg 100 g⁻¹ na linhagem 3995 a 625,6 mg 100 g⁻¹ na linhagem 3943, com diferença significativa entre as amostras ($p \leq 0,05$). No estudo de Gomes (2016), os teores desse nutriente em genótipos de feijão-vagem se situaram entre 2,49 a 3,24 g kg⁻¹ (249 mg 100 g⁻¹ a 324 mg 100 g⁻¹). Quando comparado aos sistemas de produção, o sistema convencional foi superior no fornecimento do nutriente, e proporcionou aos genótipos, em média, 374 mg 100 g⁻¹ de fósforo, contra 184 mg 100 g⁻¹ do sistema orgânico. Isso mostra que o sistema de cultivo pode afetar os teores de fósforo na planta.

Tabela 6 – Conteúdos dos minerais (mg 100 g⁻¹) fósforo (P), potássio (K) e sódio (Na) em vagens de 10 genótipos de feijão-de-metro.

Linhagem / Cultivar	P	K	Na
1 – 3943	625,6 ± 45,1 ^a	1.624,5 ± 42,6 ^a	14,1 ± 3,6 ^c
2 – 3950	519,7 ± 24,9 ^b	1.555,0 ± 5,8 ^a	31,8 ± 7,2 ^b
3 – 3951	513,5 ± 12,3 ^b	1.547,3 ± 31,0 ^a	21,6 ± 4,7 ^b
4 – 3952	547,0 ± 26,6 ^b	1.578,7 ± 53,6 ^a	19,8 ± 1,6 ^b
5 – 3958	548,7 ± 27,8 ^b	1.411,3 ± 65,2 ^c	19,3 ± 4,9 ^b
6 – 3966	531,8 ± 16,7 ^b	1.353,8 ± 64,3 ^d	19,3 ± 4,8 ^b
7 – 3979	505,6 ± 50,3 ^b	1.316,3 ± 40,8 ^d	27,6 ± 4,9 ^b
8 – 3995	453,6 ± 69,6 ^c	1.421,8 ± 94,6 ^c	21,4 ± 4,5 ^b
9 – Slim	498,8 ± 42,3 ^b	1.401,4 ± 5,1 ^c	57,1 ± 6,3 ^a
10 – “De metro” ⁽¹⁾	490,9 ± 29,1 ^b	1.454,4 ± 44,3 ^b	62,8 ± 7,5 ^a
Média geral	523,5 ± 45,6	1.466,5 ± 102,6	28,53 ± 18,8

¹Cultivar “De metro” (cultivar registrada no RNC/MAPA); Média de três repetições \pm desvio padrão (DP). Médias com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de Scott e Knott ($p \leq 0,05$); Valores de médias em base seca por mg 100 g⁻¹.

A recomendação de ingestão do fósforo é de 700 mg/dia de acordo com a RDA para adultos saudáveis (Tabela 2) (IOM, 2006). As vagens do feijão-de-metro apresentaram em média 523,5 mg 100 g⁻¹, representando 74% da ingestão diária recomendada, caracterizando-o como um alimento com alto teor de fósforo, de acordo com a resolução.

Observa-se na Tabela 6 que o valor médio do potássio (K) foi de 1.466,5 mg.100 g⁻¹, com maior conteúdo na linhagem 3943 (1.624,5 mg 100 g⁻¹) e menor na linhagem 3979 (1.316,3 mg 100 g⁻¹), com diferença significativa entre as amostras ($p \leq 0,05$).

Gomes (2016) verificou em genótipos de feijão-vagem variação no teor de potássio em função do sistema de produção, convencional e orgânico, com teores de 24,57 a 32,29 g kg⁻¹ (2.457 a 3.229 mg 100 g⁻¹), valores estes, superiores aos observados nesse estudo, devido provavelmente à maior quantidade desses elementos na composição do adubo químico. Diferentemente desses resultados, teores inferiores de potássio foram verificados por Martínez et al. (1998) em três variedades de feijão-vagem avaliadas, com médias de 2,32; 1,83 e 2,74 g kg⁻¹ de potássio.

Para o sódio (Na), verificou-se média de 28,5 mg 100 g⁻¹, com diferença significativa entre as amostras ($p \leq 0,05$), sendo o maior teor encontrado na cultivar “De metro”, 62,8 mg 100 g⁻¹, e o menor na linhagem 3943, 14,1 mg 100 g⁻¹. Martínez et al. (1998) encontraram valores semelhantes ao desse estudo, correspondentes a 33,4; 43,5 e 45,9 mg 100 g⁻¹.

A ingestão adequada (AI – *Adequate Intake*) desses eletrólitos é de 4,7 g dia⁻¹ de potássio e 1,5 g dia⁻¹ de sódio, respectivamente para adultos saudáveis (Tabela 2) (IOM, 2006). As vagens do feijão-de-metro apresentaram para o potássio, média de 1.466,5 mg 100 g⁻¹, representando 31,2% da ingestão diária recomendada desse mineral, caracterizando-o como um alimento com alto teor de potássio, e média de 28,5 mg de sódio por 100 g de vagens de feijão-de-metro, totalizando 1,9% da recomendação de ingestão de sódio, sendo um alimento com baixo teor em sódio.

A concentração de elementos minerais cálcio (Ca), magnésio (Mg) e ferro (Fe) observados nas vagens do feijão-de-metro em mg 100 g⁻¹ de matéria seca, são apresentadas na Tabela 7.

Os teores de cálcio (Ca) variaram de 326,4 a 573,2 mg 100 g⁻¹ (Tabela 7), nas linhagens 3951 e 3966, respectivamente, com diferença entre as amostras avaliadas ($p \leq 0,05$). Martínez et al. (1998) verificaram médias de 575; 546 e 711 mg 100 g⁻¹ em variedades de feijão-vagem.

Valores próximos às médias de cálcio encontradas por Martínez et al. (1998), foram observados por Gomes (2016) também em feijão-vagem, variando de 630 a 748 mg 100 g⁻¹, com médias de 607 mg 100 g⁻¹ no sistema de produção convencional e 712 mg 100 g⁻¹ no sistema orgânico. Segundo esse autor, o sistema orgânico foi mais eficiente no fornecimento de cálcio para as plantas, o que pode ser explicado pois o solo do cultivo orgânico, apresentou maior conteúdo de matéria orgânica, aumentando a superfície de retenção e disponibilização do cálcio, e o forneceu de modo mais eficiente para as plantas.

Tabela 7 – Conteúdos dos minerais (mg 100 g⁻¹) Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Ferro (Fe) em vagens de 10 genótipos de feijão-de-metro.

Linhagem / Cultivar	Ca	Mg	Fe
1 – 3943	492,7 ± 68,4 ^b	469,8 ± 27,9 ^a	8,2 ± 1,0 ^b
2 – 3950	447,8 ± 17,2 ^b	455,0 ± 13,8 ^a	7,9 ± 0,2 ^b
3 – 3951	326,4 ± 17,1 ^c	443,5 ± 12,7 ^a	7,6 ± 0,6 ^b
4 – 3952	379,8 ± 57,9 ^c	473,9 ± 5,2 ^a	7,9 ± 0,2 ^b
5 – 3958	490,5 ± 79,3 ^b	376,3 ± 62,6 ^b	9,1 ± 0,04 ^a
6 – 3966	573,2 ± 68,9 ^a	312,8 ± 3,2 ^c	8,3 ± 0,4 ^b
7 – 3979	503,9 ± 34,3 ^b	328,5 ± 37,2 ^c	7,9 ± 0,9 ^b
8 – 3995	569,5 ± 50,3 ^a	312,3 ± 29,4 ^c	8,2 ± 0,3 ^b
9 – Slim	419,8 ± 32,4 ^c	396,7 ± 18,3 ^b	7,7 ± 0,5 ^b
10 – “De metro” ⁽¹⁾	453,1 ± 92,5 ^b	384,1 ± 26,8 ^b	8,1 ± 0,1 ^b
Média geral	465,7 ± 79,2	395,3 ± 59,8	8,1 ± 0,4

¹Cultivar “De metro” (cultivar registrada no RNC/MAPA); Médias com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de Scott e Knott ($p \leq 0,05$); Valores de médias em base seca por mg 100 g⁻¹.

A ingestão adequada (AI) para esse mineral é de 1000 mg dia⁻¹ para adultos saudáveis (Tabela 2) (IOM, 2006). Visto que as vagens do feijão-de-metro fornecem em média 465,7 mg 100 g⁻¹ de cálcio, isso corresponde a 46,5% da ingestão diária recomendada de cálcio, ou seja, fornecem um alto teor desse nutriente.

Tem crescido o interesse pelo papel do magnésio (Mg) em estudos clínicos, pois esse mineral afeta muitas funções celulares, como transporte de íons potássio e cálcio, além de estar envolvido no metabolismo de energia e proliferação celular, no controle da excitabilidade cardíaca e da pressão sanguínea (COZZOLINO, 2016). Dessa forma, destaca-se a importante contribuição do consumo de vagens de feijão-de-metro no conteúdo de magnésio da dieta, visto que verificou-se teores de 312,3 mg 100 g⁻¹ (linhagem 3995) a 473,9 mg 100 g⁻¹ (linhagem 3952) (tabela 7). Como a ingestão dietética recomendada (RDA) desse mineral é de 420 e 320 mg, para homens e mulheres adultos (IOM, 2006), respectivamente, a média de 395,3 mg 100 g⁻¹ representa 94,11 e 123,5% da recomendação, sendo um alimento com alto teor de magnésio.

Os conteúdos de magnésio observados por Martínez et al. (1998) foram de 261; 315 e 285 mg 100 g⁻¹ respectivamente para as três variedades de feijão-vagem estudadas, *Cleo*, *Strike* e *Sentry*. No estudo de Gomes (2016), os teores de magnésio nas vagens do feijão-vagem do sistema de produção convencional variaram, em g kg⁻¹, de 2,45 a 2,72 (245 a 272 mg 100 g⁻¹). No cultivo orgânico, as médias foram menores em todos os genótipos, e variaram de 1,98 a 2,60 g kg⁻¹ (198 a 260 mg 100 g⁻¹) de magnésio.

A concentração ferro (Fe) (Tabela 7) variou de 7,6 a 9,1 mg 100g⁻¹ nas linhagens 3951 e 3958, respectivamente. A média apresentada foi de 8,1 mg 100 g⁻¹, o que representa 100% da ingestão recomendada de ferro (RDA) para homens adultos (8 mg dia⁻¹), e para mulheres adultas em idade fértil, devido às perdas sanguíneas na menstruação, a recomendação é de 18 mg dia⁻¹ (IOM, 2006), representando 44,8% da ingestão.

Martínez et al. (1998) verificaram concentrações de ferro semelhantes, correspondentes a 7,0; 6,9 e 5,5 mg 100 g⁻¹ em variedades de feijão-vagem. No entanto, o estudo de Gomes (2016), verificou teores elevados de ferro (médias de 35,7 e 54,4 mg 100 g⁻¹, no sistema convencional e orgânico de cultivo, respectivamente), em genótipos de feijão-vagem, demonstrando o grande potencial desses genótipos para absorção de ferro, sem sintomas de toxicidade nas plantas.

Na Tabela 8 estão apresentados os conteúdos de zinco, manganês e cobre encontrados nas vagens do feijão-de-metro em mg 100 g⁻¹ de matéria seca.

As maiores concentrações de zinco, apresentadas na Tabela 8, foram observadas nas linhagens 3958 (8,3 mg 100 g⁻¹), 3966 (7,7 mg 100 g⁻¹), cultivar “De metro” (7,4 mg 100 g⁻¹) e 3979 (7,1 mg 100 g⁻¹) que não diferiram estatisticamente entre si, mas diferiram da linhagem 3951, a qual apresentou menor média para esse mineral (5,8 mg 100 g⁻¹). A média geral das linhagens para a concentração de zinco foi 6,8 mg 100 g⁻¹.

Em estudos comparativos ao desta pesquisa em feijão-vagem, observaram-se concentrações médias de zinco inferiores ao desse estudo. Martínez et al. (1998) verificaram médias de 4,4; 4,8 e 4,2 mg 100 g⁻¹, e Gomes (2016) avaliando o sistema convencional e orgânico de cultivo, observou médias de 5,1 e 2,9 mg 100 g⁻¹, respectivamente, o que pode ser justificado pelo menor teor em cultivo orgânico, pois o zinco pode ser complexado pela matéria orgânica do solo e, assim, se tornar indisponível.

Tabela 8 – Conteúdos dos minerais (mg 100 g⁻¹) zinco (Zn), manganês (Mn) e cobre (Cu) em vagens de 10 genótipos de feijão-de-metro.

Linhagem / Cultivar	Zn	Mn	Cu
1 – 3943	6,3 ± 0,5 ^b	2,4 ± 0,1 ^b	1,0 ± 0,1 ^b
2 – 3950	6,2 ± 0,2 ^b	2,7 ± 0,2 ^b	1,0 ± 0,01 ^b
3 – 3951	5,8 ± 0,3 ^b	2,8 ± 0,2 ^b	0,9 ± 0,03 ^c
4 – 3952	6,2 ± 0,5 ^b	2,8 ± 0,3 ^b	1,0 ± 0,1 ^b
5 – 3958	8,3 ± 1,2 ^a	2,7 ± 0,4 ^b	0,96 ± 0,04 ^b
6 – 3966	7,7 ± 0,4 ^a	3,2 ± 0,5 ^a	0,8 ± 0,01 ^d
7 – 3979	7,1 ± 0,6 ^a	3,3 ± 0,4 ^a	1,0 ± 0,2 ^b
8 – 3995	6,7 ± 0,5 ^b	3,3 ± 0,5 ^a	0,7 ± 0,1 ^d
9 – Slim	6,5 ± 0,6 ^b	2,7 ± 0,5 ^b	1,0 ± 0,03 ^b
10 – “De metro” ⁽¹⁾	7,4 ± 0,7 ^a	2,8 ± 0,1 ^b	1,1 ± 0,1 ^a
Média geral	6,8 ± 0,7	2,9 ± 0,3	0,9 ± 0,1

¹Cultivar “De metro” (cultivar registrada no RNC/MAPA); Médias com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de Scott e Knott (p≤0,05); Valores de médias em base seca por mg 100 g⁻¹.

A ingestão dietética recomendada (RDA) de zinco é de 11 mg para homens e 8 mg para mulheres (Tabela 2) (IOM, 2006). De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que as linhagens de vagens do feijão-de-metro apresentaram média de 6,79 mg 100 g⁻¹ de zinco, representando 61,7% para homens e 84,8% para mulheres, da recomendação diária desse mineral, sendo um alimento com alto teor nesse nutriente.

A concentração de manganês (Mn) demonstrada na Tabela 8, foi maior nas linhagens 3979 e 3995 (3,3 mg 100 g⁻¹ em ambas) e menor na linhagem 3943 (2,4 mg 100 g⁻¹). Teores similares de manganês foram verificados por Martínez et al. (1998) em feijão-vagem, com médias de 2,7; 2,08 e 1,84 mg 100 g⁻¹ em três diferentes variedades. De acordo com Gomes (2016), as médias desse mineral no feijão-vagem foram de 9,3 e 7,3 mg 100 g⁻¹ para o sistema convencional e orgânico, respectivamente. Essa maior concentração comparada a este estudo, pode ser explicada, pois, segundo o autor, o manganês tem sua disponibilidade regulada pelo pH do solo e pelo equilíbrio com outros cátions.

A ingestão adequada (AI) de manganês para adultos é de 2,3 mg/dia para homens e 1,8 mg dia⁻¹ para mulheres (Tabela 2) (IOM, 2006). A concentração média de manganês verificada nas linhagens de feijão-de-metro, foi de 2,88 mg 100 g⁻¹ de vagem, ultrapassando as recomendações desse mineral para homens e mulheres adultos. No entanto, esse valor está bem abaixo do Limite Superior Tolerável de Ingestão (UL – *Tolerable Upper Intake Level*), que é de 11 mg dia⁻¹, indicando assim, que os teores verificados no feijão-de-metro não representam valores de toxicidade.

Para o cobre (Cu), a cultivar “De metro” apresentou maior teor, de 1,1 mg 100 g⁻¹ e o menor conteúdo foi observado na linhagem 3995, de 0,7 mg 100 g⁻¹ (Tabela 8). Em estudos conduzidos com o feijão-vagem, médias semelhantes do mineral cobre foram observadas, correspondentes a 1,3; 2,2 e 1,4 mg 100 g⁻¹ (MARTÍNEZ et al., 1998), e médias inferiores foram obtidas por Gomes (2016), de 0,7 e 0,5 mg 100 g⁻¹.

Para esse mineral, a RDA estabelece a ingestão diária de 900 µg para adultos (Tabela 2) (IOM, 2006), ou seja, 0,9 mg dia⁻¹. O conteúdo médio de cobre observado no feijão-de-metro, foi de 0,95 mg 100 g⁻¹, representando 105% da recomendação para esse mineral.

O departamento de agricultura dos Estados Unidos (USDA), avaliando a composição nutricional de vagens cruas do feijão-de-metro em 100 g de porção

comestível, verificou valores de nutrientes inferiores ao deste estudo. Foi observado 87,8 g de umidade, cinzas 0.6 g, proteína 2.8 g, lipídeos 0.4 g, carboidratos 8.3 g, energia (VET) de 47 kcal (197 kJ). Para os minerais verificou-se 50 mg de cálcio por 100 g, 0.5 mg de ferro, 44 mg de magnésio, 59 mg de fósforo, 240 mg de potássio, 4 mg de sódio, 0.37 mg de zinco, 0.048 mg de cobre e 0.205 mg de manganês (USDA, 2010).

Os macrominerais (P, K, Na, Ca e Mg) e microminerais (Zn, Cu, Fe e Mn) são constituintes dos minerais e da matéria orgânica do substrato onde a planta cresce e encontram-se também dissolvidos na solução do solo. Um ou vários nutrientes podem estar quase ausentes no solo ou em uma forma que as raízes não conseguem absorver. Para torná-los disponíveis, o solo deve ser bem manejado (RONQUIN, 2010).

Além dos constituintes do solo, as características físico-químicas também influenciam o desenvolvimento e devem ser levadas em consideração para o planejamento do cultivo. O clima é um dos fatores mais importantes na produção agrícola, e decisivo na exploração das hortaliças. A temperatura do ar e do solo, precipitação, radiação solar e o fotoperíodo estão entre os elementos que influenciam o crescimento e desenvolvimento vegetal. No entanto, para o feijoeiro, destacam-se a temperatura do ar e precipitação (GOMES, 2016).

Dessa forma, a variabilidade dos resultados da literatura e os obtidos no presente trabalho é justificada pelas condições edafoclimáticas, as diferenças no cultivo e manejo e análise dos nutrientes. Os resultados obtidos nesse estudo são dados inéditos para a cultura, pois não foram encontrados relatos na literatura sobre a qualidade nutricional do feijão-de-metro nas condições edafoclimáticas e de manejo no Brasil, e demonstram o grande potencial dessa hortaliça, por apresentar ótimas características nutritivas, como alto teor proteico e elevado conteúdo de minerais como ferro e zinco.

5.3 Análise sensorial

Além das características químicas, a qualidade de um produto deve ser definida também quanto às percepções do consumidor. Uma vez que o instrumento de avaliação na análise sensorial é o homem, e fatores a ele relacionados podem interferir no julgamento das amostras. Para isso foi utilizado o teste de aceitação

usando a Escala hedônica de nove pontos para avaliar a aceitação das amostras de vagens (Tabela 9), sendo as notas de 1 a 4 para “desgostei”, 5 para “indiferente” e de 6 a 9 para “gostei”.

Tabela 9 – Resultados médios obtidos em teste de aceitação usando escala hedônica de nove pontos de duas linhagens e uma cultivar de feijão-de-metro de acordo com o processamento.

Linhagem 3943		Linhagem 3966		Cultivar “De metro”	
Cozido*	Refogado**	Cozido*	Refogado**	Cozido*	Refogado**
5,7	6,0	6,0	5,7	5,4	5,4
Teste t = 0,807 p = 0,421		Teste t = 0,690 p = 0,491		Teste t = 0,035 p = 0,972	

Teste t de Student = Intervalo de Confiança = 95%. Significância estatística de 5% ($p < 0,05$)

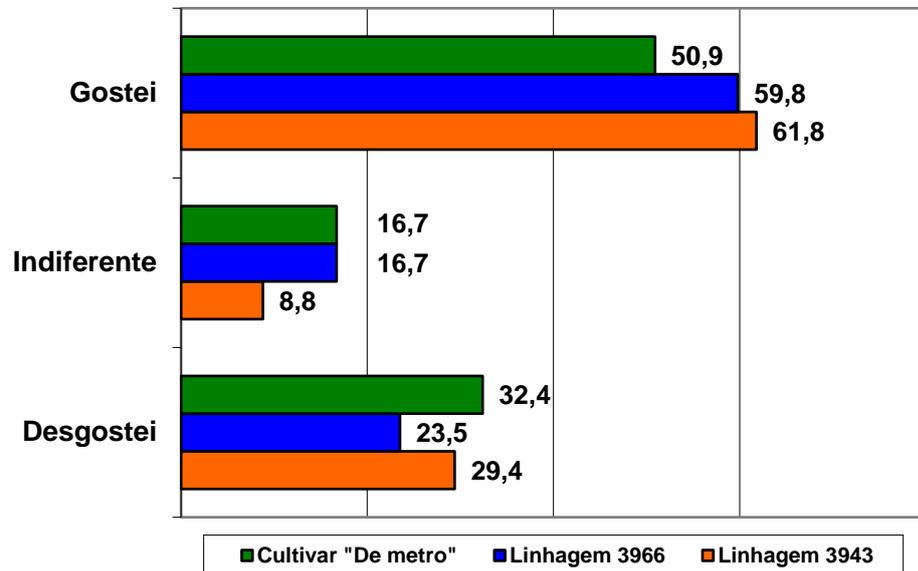
* cozido no vapor

** cozido no vapor e refogado com óleo de soja.

Observou-se que apenas a linhagem 3943 refogada e a linhagem 3966 cozida receberam nota 6 em média, indicando que os assessores gostaram das amostras, ou seja, foram aceitas. No entanto, as demais amostras obtiveram em média nota 5, demonstrando indiferença dos assessores sensoriais em relação às mesmas. Pode-se inferir por estes resultados a ocorrência de baixa frequência ou hábito de consumo de vagem pela maioria dos assessores que participaram da análise, bem como a forma de preparo, pois geralmente é consumida em saladas, influenciando na aceitação das vagens do feijão-de-metro.

Na Figura 9 está indicado o resultado do teste de aceitação usando escala hedônica de nove pontos, com a resposta dos assessores sensoriais para a aceitação em relação às linhagens e a cultivar “De metro” para o processamento cozido no vapor. Observou-se que a linhagem 3943 teve melhor aceitação, tanto em relação à linhagem 3966 como em relação à cultivar testemunha “De Metro”. Do total dos 102 assessores, a maioria (61,8%) gostaram das amostras da linhagem 3943, 29,4% não gostaram e 8,8% foram indiferentes. Em relação aos assessores que gostaram da linhagem 3943, houve uma porcentagem maior em relação à cultivar testemunha “De Metro” de 10,9. Isso demonstra que a linhagem 3966 tem potencial para ser recomendada como cultivar pela sua boa aceitação, superando a cultivar comercial “De Metro”.

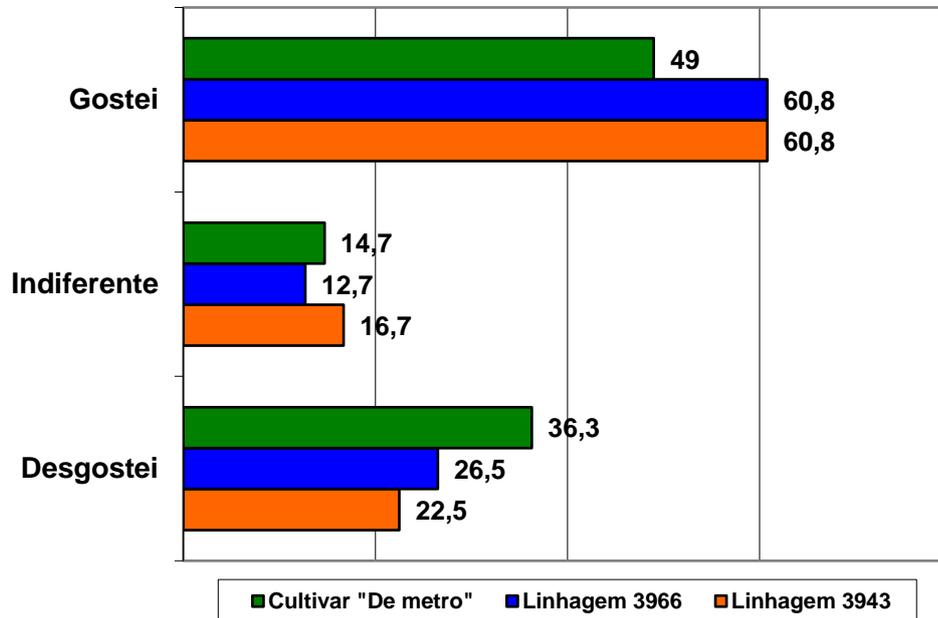
Figura 9 – Aceitação de duas linhagens e uma cultivar de feijão-de-metro para o processamento cozidas no vapor.



Do total de assessores sensoriais, 16,7 % foram indiferentes para a cultivar “De metro” e para a linhagem 3966, e 8,8% para a linhagem 3943. A cultivar “De metro” foi a que demonstrou maior porcentagem de rejeição com 32,4% de assessores que desgostaram da amostra. Para a linhagem 3966 essa porcentagem foi de 23,5 e para a linhagem 3943 foi de 29,4. Ou seja, a menor porcentagem de rejeição foi da linhagem 3966, porém ao avaliar a porcentagem de assessores que atribuíram conceito “indiferente”, observa-se que a linhagem 3943 foi a que teve maior aceitação e para a rejeição não houve diferença significativa.

Na Figura 10 são apresentados os resultados do Teste de aceitação usando a Escala Hedônica e 10 relação às linhagens e a testemunha (“De metro”) para o processamento cozido e refogado em óleo de soja. As linhagens 3943 e 3966 tiveram melhor aceitação em relação à cultivar testemunha “De Metro”. Do total dos 102 assessores, a maioria (60,8%) gostou das linhagens, com uma porcentagem maior em relação à cultivar testemunha “De Metro” (11,8%). Isso demonstra que as linhagens 3966 e 3943 têm potencial para serem recomendadas como cultivares por serem bem aceitas, superando a cultivar comercial “De Metro”.

Figura 10 – Aceitação de duas linhagens e uma cultivar (“De metro”) de feijão-de-metro para o processamento cozido e refogado.



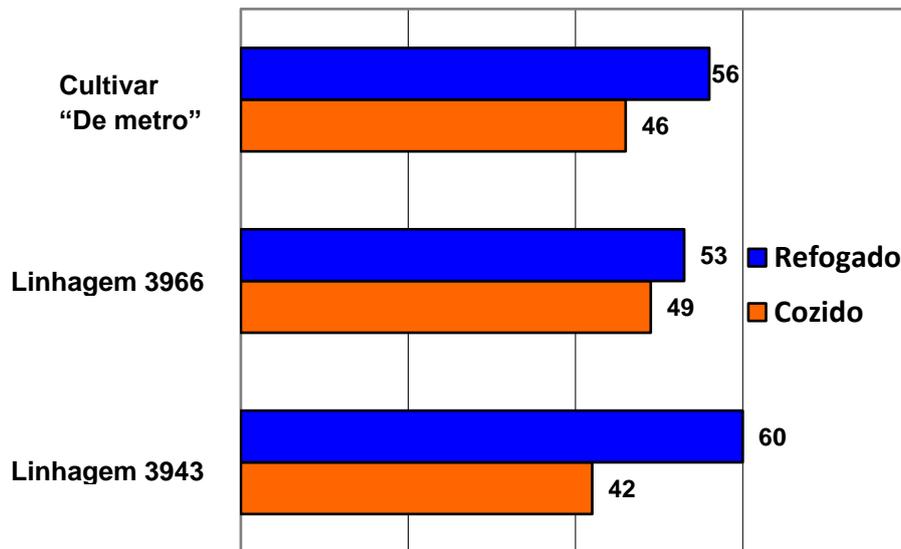
A cultivar “De metro” teve 14,7% de provadores indiferentes às amostras de vagens, a linhagem 3966 teve 12,7%, enquanto a linhagem 3943 teve 16,7%. A porcentagem de assessores que desgostaram das amostras refogadas foi semelhante ao mesmo nas amostras cozidas, sem diferença significativa. A porcentagem que desgostou foi maior na cultivar “De metro” com 36,3%, seguida da linhagem 3966 (26,5%) e menor na linhagem 3943 (22,5%).

Esses resultados demonstram que, apesar de não haver diferença significativa entre as amostras de vagens que obtiveram conceito “gostei”, a linhagem 3943 foi a que obteve maior porcentagem de aceitação (61,8%) na forma cozida, e com relação ao processamento cozido e refogado, a linhagem 3943 foi igualmente aceita em relação à linhagem 3966 (60,8%). A cultivar “De metro” foi a que obteve maior porcentual de rejeição (conceito “desgostei”) em ambas as formas de processamento.

O Teste Pareado de Preferência é apresentado na Figura 11. Este mostrou diferença significativa ($p \leq 0,05$) na linhagem 3943 em relação à preferência dos assessores de acordo com as formas de processamento, sendo esta maior no processamento cozido e refogado. Para a linhagem 3966 e cultivar “De metro”, apesar de não apresentarem diferença do ponto de vista estatístico ($p > 0,05$),

numericamente, observou-se que em ambas a preferência foi em relação à forma de processamento cozido e refogado.

Figura 11 - Preferência de duas linhagens e uma cultivar de feijão-de-metro de acordo com o processamento.

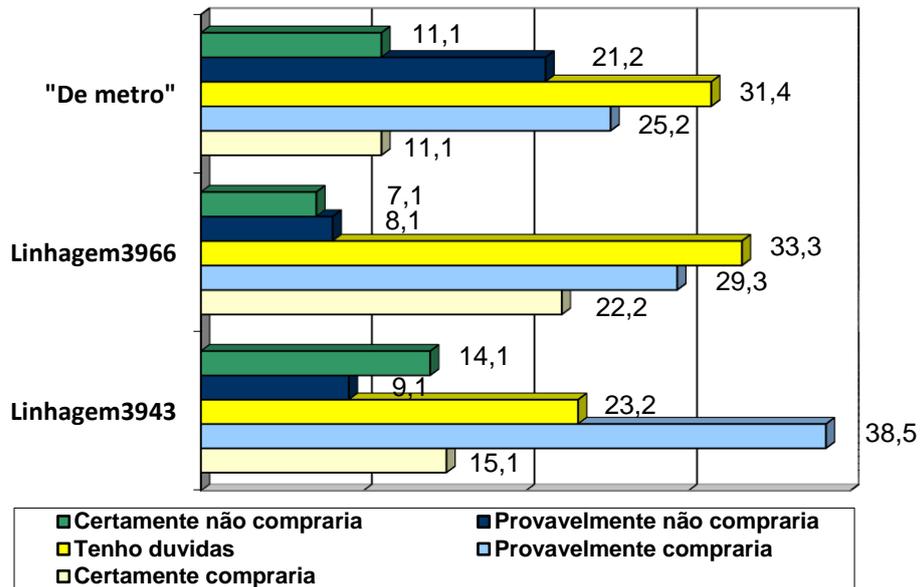


*Cozido no vapor; Refogado - cozido no vapor e refogado em óleo de soja.

Verificou-se que para os três genótipos de feijão-de-metro, os assessores sensoriais preferiram a forma de preparo cozido e depois refogado. Apesar do óleo de soja transferir pouco sabor às amostras de vagens, este melhorou a palatabilidade, o que garantiu a preferência dos provadores.

As Figuras 12 e 13 demonstram os resultados do teste de intenção de compra das amostras cozidas e cozidas e refogadas. No teste de intenção de compra das amostras cozidas (Figura 12), o maior percentual de assessores que certamente comprariam foi para a linhagem 3966 (22,2%), seguida da linhagem 3943 (15,1%). A linhagem 3943 teve maior percentual de assessores que provavelmente comprariam essa amostra (38,5%) e na cultivar "De metro" o maior percentual foi de assessores que tem dúvidas se comprariam a amostra (31,4%). No entanto, a amostra 3943 apresentou menor intenção de compra ("certamente não comprariam") (14,1%) seguida da cultivar "De metro" que obteve 11,1%.

Figura 12 - Porcentagem das respostas dos assessores sensoriais em relação às linhagens e cultivar “De metro” para o preparo cozido.

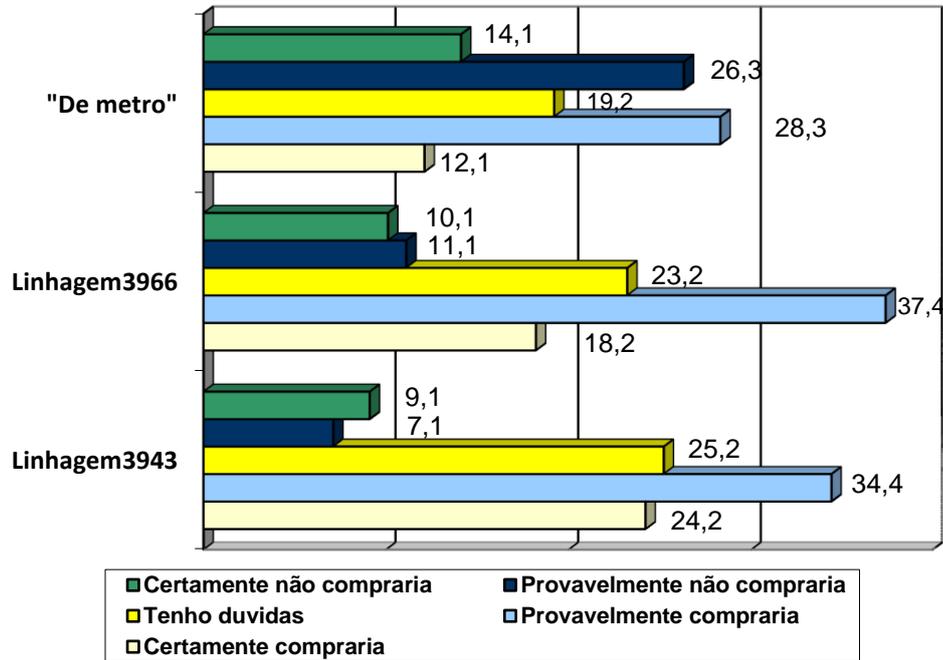


No geral, a linhagem 3966 foi a melhor dos três genótipos em relação à intenção de compra dos assessores sensoriais, pois foi o que apresentou maior percentual de “certamente compraria” e menor percentual de “certamente não compraria” essa amostra.

Verifica-se que dentre as amostras cozidas e depois refogadas (Figura 13), a linhagem 3943 apresentou maior intenção de compra, com maior percentual de assessores que “certamente comprariam” (24,2%), seguida da linhagem 3966 (18,2%) e da cultivar “De metro” (12,1%). Esses valores foram maiores aos das amostras cozidas, sugerindo que as vagens cozidas e depois refogadas apresentaram melhores atributos sensoriais.

A menor intenção de compra (certamente não compraria) foi verificada na cultivar “De metro”, com 14,1%, seguida da linhagem 3966 (10,1%) e o menor na linhagem 3943 (9,1%).

Figura 13 - Porcentagem das respostas dos assessores sensoriais em relação às linhagens e cultivar “De metro” para o preparo cozido e refogado.



Dessa forma, pode-se afirmar que a linhagem 3943 se destacou no teste de aceitação na forma cozida e refogada, pois apesar de não apresentar diferença significativa, demonstrou maior porcentagem de aceitação e menor de rejeição em relação aos demais genótipos, principalmente em relação à cultivar testemunha “De Metro”.

No teste pareado de preferência, os assessores preferiram as amostras que foram refogadas em óleo de soja, havendo diferença significativa apenas na linhagem 3943. No teste de intenção de compra, a linhagem 3966 se destacou na forma de preparo cozida, enquanto a linhagem 3943 obteve maior intenção de compra quando refogada.

6 CONCLUSÕES

As linhagens de feijão-de-metro apresentaram bons atributos nutricionais relacionado a composição centesimal e alguns minerais, com destaque para as linhagens 3943 (proteínas, fósforo e potássio), 3943 (sódio), 3952 (magnésio), 3958 (ferro e zinco), 3966 (cálcio), 3979 (manganês), enquanto a cultivar “De Metro” sobressaiu-se apenas quanto ao teor de cobre.

As linhagens 3943 e 3966 apresentaram melhor aceitação de consumo como vagem para salada, relativamente à cultivar testemunha “De Metro”, tanto no processamento cozido a vapor quanto no preparo cozido a vapor e depois refogado.

As amostras de feijão-de-metro cozidas a vapor e depois refogadas em óleo de soja obtiveram maior preferência em relação às que foram apenas cozidas no vapor, com maior porcentagem de assessores do que a linhagem 3943.

As linhagens 3966 e 3943 sobressaíram-se quanto à intenção de compra, relativamente à cultivar testemunha “De Metro”, sendo a primeira na forma de preparo cozida a vapor e a segunda quando cozida a vapor e depois refogada em óleo de soja.

As linhagens de feijão-de-metro avaliadas nesta pesquisa apresentam excelentes características nutritivas e boas características sensoriais, com baixo teor de lipídeos e conteúdo significativo de proteínas, demonstrando que uma grande proporção das necessidades diárias de proteínas e de minerais de um indivíduo pode ser satisfeita por meio da inserção das vagens do feijão-de-metro na alimentação diária, na forma de salada.

REFERÊNCIAS

- ALAGBAOSO, S. O.; IHEDIOHANMA, N. C.; ENWEREUZOH, R. O.; OKAFOR, D. C.; NWAKUDU, A. A; AGUNWA, I. M. Effect of pH and temperature on functional physico-chemical properties of asparagus bean (*Vigna Sesquipedalis*) flours and moin-moin production from the flour. **European Journal of Food Science and Technology**, v. 3, n. 2, p.85-105, 2015.
- ANO, A. O; UBOCHI, C. I. Nutrient composition of climbing and prostrate vegetable cowpea accessions. **African Journal of Biotechnology**, v. 7, n. 20, p. 3795-3798, 2008.
- AOAC, ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18 ed. Gaithersburg: AOAC International, 2005.
- BOEN, T. R.; SOEIRO, B. T.; PEREIRA-FILHO, E. R.; LIMA-PALLONE, J. A. Avaliação do teor de ferro e zinco e composição centesimal de farinhas de trigo e milho enriquecidas. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 43, n. 4, p. 589-596, 2007.
- BRASIL. Ministério da saúde. Agência Nacional de Vigilância sanitária. **Resolução – RDC, nº 54, de 12 de novembro de 2012**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre informação nutricional complementar. Disponível em:<http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0054_12_11_2012.html> Acesso em: 03 Abr. 2017.
- BRASIL. Ministério da saúde. **Resolução 466/12**. Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos. Brasília, 2012. Publicada no DOU nº 12, 13 de Junho de 2013, seção 1, página 59.
- BRUNE, S.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; SANTOS, A. A. **Comportamento de cultivares de feijão de metro (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*) em Teresina**. Teresina: UEPAE, 1982. 3 p. (UEPAE. Pesquisa em Andamento, 19.)
- CARDOSO, M. O. **Hortaliças não-convencionais da Amazônia**. Manaus: Embrapa-CPAA. 1. ed. Brasília: Embrapa SPI, 152p. 1997.
- CANTWELL, M.; T. SUSLOW. 1998. Snap Bean Produce Facts. Recommendations for maintaining postharvest quality. Disponível em: <<http://postharvest.ucdavis.edu/produce>>. Acesso em março/2017.
- CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2.ed. Campinas: Editora UNICAMP, 2003. 207 p.
- COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 5.ed. Barueri: Manole, 2016. 1478 p.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes - Estatística Experimental e Matrizes**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, v. 1, 2004. 285 p.

CULTIVARWEB. 2017. Registro Nacional de Cultivares. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>. Acesso em: Set/2016.

DUTCOSKI, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 2ª edição. Curitiba: Champagnat, 2007. p. 239.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 1996. 123p.

ERSHOW, A. G.; WONG-CHEN, K. Chinese food composition tables. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 3, n. 19, p. 191-434, 1990.

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

FEITOSA, F. R.; GÁRITAS, S. A.; ARAÚJO, R. B.; GUIMARÃES, M. M. Feijão-de-metro é uma hortaliça leguminosa indicada para climas quentes. **Campo e Negócios: grãos**, n.3, p. __-__, 2015.

FERREIRA, V. L. P. et al. **Análise Sensorial: testes discriminativos e afetivos**. 1ª edição – Campinas: SBCTA, 127 p. 2000.

FLYMAN, M. V.; AFOLAYAN, A. J. Effect of plant maturity on the mineral content of the leaves of *Momordica balsamina* L. and *Vigna unguiculata* Subsp. *Sesquipedalis* (L.) Verdc. **Journal of Food Quality**, v. 31, p. 661-671, 2008.

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

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; FERNANDES, J. E. R.; VIEIRA, P. F. M. J. A cultura: aspectos socioeconômicos. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2017. p. 9-34.

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

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

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

HA, T. J.; LEE, M-H.; PARK, C-H.; PAE, S-B.; SHIM, K-B.; KO, J-M.; SHIN, S-O.; BAEK, I-Y.; PARK, K-Y. Identification and characterization of anthocyanins in yard-long beans (*Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis* L.) by high performance liquid chromatography with diode array detection and electrospray ionization/mass spectrometry (HPLC-DAD-ESI/MS) Analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 4, p. 2571-2576, 2010.

IOM - Institute of Medicine. **Dietary reference intakes; the essential guide to nutrient requirements**. Washington: National Academy Press; 2006. Disponível em: <http://www.nap.edu/catalog/11537.html>. Acesso em: 12 mai. 2017.

ISLAM, M. A.; BOYCE, A. N.; RAHMAN, M. M.; AZIRUN, M. S.; ASHRAF, M. A. Effects of organic fertilizers on the growth and yield of bush bean, winged bean and yard long bean. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 59, p. 1-9, 2016.

KAMALA, V.; AGHORA, T. S.; SIVARAJ, N.; RAO, T.; PANDRAVADA, S. R.; SUNIL, N.; MOHAN, N.; VARAPRASAD, K. S.; CHAKRABARTY, S. K. Germplasm collection and diversity analysis in yardlong bean (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*) from coastal Andhra Pradesh and Odisha. **Indian Journal of Plant Genetic Resources**. v. 27, n. 2, p. 171-177, 2014.

KONGJAIMUN, A.; KAGA, A.; TOMOOKA, N.; SOMTA, P.; SHIMIZU, T.; SHU, Y.; ISEMURA, T.; VAUGHAN, D. A.; SRINIVES, P. An SSR-based linkage map of yardlong bean (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *Unguiculata Sesquipedalis* Group) and QTL analysis of pod length. **Genome**, v. 55, p. 81-92, 2012.

KONGJAIMUN, A.; SOMTA, P.; TOMOOKA, N.; KAGA, A.; VAUGHAN, D. A.; SRINIVES, P. QTL mapping of pod tenderness and total soluble solid in yardlong bean [*Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *unguiculata* cv.-gr. *Sesquipedalis*]. **Euphytica**, v. 189, p. 217-223, 2013.

KRAMER, A.; TWIGG, B. A. **Quality control for the food industry**, 3rd ed., New York: AVI Publishing, 1970.

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

MARTÍNEZ, C.; ROS, G.; PERIAGO, M. J.; ORTUÑO, J.; LÓPEZ, G.; RINCÓN, F. *In vitro* protein digestibility and mineral availability of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as influenced by variety and pod size. **Journal of Science Food and Agriculture**, v. 77, p. 414-420, 1998.

MARTINS, R. C.; SILVA, C. L. M. Green beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) quality loss upon thawing. **Journal of Food Engineering**, v. 65, p. 37-48, 2004.

MIRANDA, R. M.; CARDOSO, M. O.; FALCÃO, P. T. Industrialização do feijão-de-metro (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Embrapa-CPAA**, n. 29, p. 1-2, 1997.

MURADIAN, L. B. A.; FIORINI, F. Composição e valor pró-vitamínico A das vagens macarrão e manteiga, comercializadas em São Paulo, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 17, n. 1, p. 49-52, 1996.

NRC. National Research Council. Vegetables. In: **Lost crops of Africa**, v. 2, Washington: The National Academies Press, 2006. 226 p. Disponível em: <<https://www.nap.edu/catalog/11763/lost-crops-of-africa-volume-ii-vegetables>>. Acesso em: 30 maio 2017.

NG, N.Q.; MARÉCHAL, R. Cowpea taxonomy, origin and germplasm. In: SINGH, S. R.; RACHIE, K. O. **Cowpea research, production and utilization**. New York: John Wiley and Sons, p.11-21, 1985.

NIE, P.; WU, D.; YANG, Y.; HE, Y. Fast determination of boiling time of yardlong bean using visible and near infrared spectroscopy and chemometrics. **Journal of Food Engineering**, v. 109, p. 155–161, 2012.

NOOPROM, K.; SANTIPRACHA, Q. Effect of varieties on growth and yield of yard long bean under songkhla conditions, Southern Thailand. **Modern Applied Science**, v. 9, n. 13, 2015.

NWOSU, J. N.; OGUEKE, C. C.; OWUAMANAM, C. L.; IWOUNO, J. O. Functional properties and proximate composition of asparagus bean (*Vigna Sesquipedalis*) as influenced by malting. **Journal of American Science**, v. 6, n. 9, p. 376-382, 2010.

NZEWI, D.; EGBUONU, A. C. C. Effect of boiling and roasting on the proximate properties of asparagus bean (*Vigna Sesquipedalis*). **African Journal of Biotechnology**, v.10, n. 54, p. 11239-11244, 2011.

OFORI, K.; KLOGO, P. Y. Optimum time for harvesting yardlong bean (*Vigna sesquipedalis*) for high yield and quality of pods and seeds. **Journal of Agriculture and Social Sciences**, v. 1, n. 2, p. 86-88, 2005.

OLIVEIRA, J. E. D.; MARCHINI, J. S. **Ciências nutricionais**. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 1998. 760 p.

OLIVEIRA, V. R.; RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; LONDERO, P. M. G. Qualidade nutricional e microbiológica de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido com ou sem água de maceração. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1912-1918, 2008.

PADOVANI, R. M.; AMAYA-FARFÁN, J.; COLUGNATI, F. A. B.; DOMENE, S. M. A. Dietary reference intakes: aplicabilidade das tabelas em estudos nutricionais. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 6, p. 741-760, 2006.

PASQUET, R. S. Morphological study of cultivated cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Importance of ovule number and definition of cv gr Melanophthalmus. **Agronomie**, v. 18, n. 1, p. 61-70, 1998.

PEDRAZA, D. F.; SALES, M. C. Deficiência de zinco: diagnóstico, estimativas do Brasil e prevenção. **Nutrire**, v. 40, n. 3, p. 397-408, 2015.

PIMENTEL, A. A. M. P. **Olericultura no trópico úmido: hortaliças na Amazônia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 322 p.

RAHMAN, M. A.; SAAD, M. S. Inheritance of protein content in long bean (*Vigna sesquipedalis* Fruw.). **Breeding Science**, v. 49, p. 239- 243, 1999.

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.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A. J.; COSTA, N. M. B.; REIS, F. P. Zinc bioavailability in different beans as affected by cultivar type and cooking conditions. **Food Research International**, v. 43, n. 2, p. 573-581, 2010.

RESMI, R.; GOPALAKRISHNAN, T. R. Effect of plant growth regulators on the performance of yard long bean (*Vigna unguiculata* var. *sesquipedalis* (L.) Verdc.). **Journal of Tropical Agriculture**, v. 42, n. 1, p. 55-57, 2004.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. 2010. 26p. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8).

SALLES, B. S.; RODRIGUES, B. L.; COELHO, S. C. A importância do zinco na desnutrição humana e seus benefícios na infância. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 28, n.3, p. 245-50, 2013.

SARUTAYOPHAT, T.; NUALSRI, C.; SANTIPRACHA, Q.; SAEREEPRASERT, V. Characterization and genetic relatedness among 37 yard long bean and cowpea accessions based on morphological characters and RAPD analysis. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, v. 29, n. 3, 2007.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT User's guide**, version 8, Cary NC: SAS Institute Inc., 1999.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos**. 6. ed. Guaíba: Agropecuária, 1997. 342 p.

SILVA, W. G.; CARVALHO, J. A.; OLIVEIRA, E. C.; REZENDA, F. C.; LIMA-JÚNIOR, J. A.; RIOS, G. F. A. Manejo de irrigação para o feijão-de-metro, nas fases vegetativa e produtiva, em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. '6, n. 9. p. 978-984, 2012.

SILVA, A. G.; ROCHA, L. C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Caracterização físico-química, digestibilidade protéica e atividade antioxidante de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 4, p. 591-598, 2009.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVA, G. S. Galhas em caule de feijão-de-metro causadas por *Meloydogine incógnita*. **Nematologia Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 227-228, 2003.

SPSS - **Statistical Package for Social Sciences**. Chicago: IBM, 2008.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 2^o ed. San Diego: Academic Press, Inc., 1993. 338 p.

THOMPSON, M. D.; THOMPSON, H. J.; BRICK, M. A.; MCGINLEY J. N.; JIANG, W.; ZHU, Z.; WOLFE.; P. Mechanisms associated with dose-dependent inhibition of rat mammary carcinogenesis by dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Nutrition**, v. 138, n. 11, p. 2091-2097, 2008.

UDENSI, E. A.; EKWU, F. C.; ISINGUZO, J. N. Antinutrient factors of vegetable cowpea (*Sesquipedalis*) seeds during thermal processing. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 6, n. 2, p. 194-197, 2007.

USAID - United States Agency for International Development. **Bora (Yard Long Bean) postharvest care and market preparation**, 2004. 17 p. (Technical Bulletin, 20). Disponível em: <http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNACY836.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2015.

USDA - United State Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 2010. **USDA national nutrient database for standard reference, release 23. Nutrient data laboratory home page**. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>>. Acesso em: 30 mai. 2017.

USDA - United State Department of Agriculture. Basic Report 11200. **Yardlong bean, cooked, boiled, drained, without salt**. National Nutrient Database for Standard Reference Release 28 slightly revised May, 2016A. Disponível em: <<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2953>>. Acesso em: 30 maio 2017.

USDA - United State Department of Agriculture. Basic Report 16133. **Yardlong bean, mature seeds, raw**. National Nutrient Database for Standard Reference Release 28 slightly revised May, 2016B. Disponível em: <<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/4869>>. Acesso em: 30 maio 2017.

USDA - United State Department of Agriculture. Basic Report 11199. **Yardlong bean, raw**. National Nutrient Database for Standard Reference Release 28 slightly revised May, 2016C. Disponível em: <<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2952>>. Acesso em: 30 maio 2017.

USDA - United States Department of Agriculture, Natural resources conservation service, 2007. **Plant guide for plants: yard-long bean**. Disponível em: <https://plants.usda.gov/plantguide/pdf/pg_viuns2.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2017.

VELLOZO, E. P.; FISBERG, M. The impact of food fortification on the prevention of iron deficiency. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v. 32, supp. 2, p. 134-139, 2010.

WATT, B.; MERRILL, A.L. **Composition of foods: raw, processed, prepared**. Washington: Agricultural Research Service, 1963. 198p. (Agriculture Handbook, 8).

WESTPHAL, E. **Pulses in Ethiopia, their taxonomy and agricultural significance**. Wageningen: Centre Publishing and Documentations, 1974. 279 p.

WILLS, R. B. H.; WONG, A. W. K.; SCRIVEN, F. M.; GREENFIELD, H. Nutrient composition of Chinese vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 32, n. 2, p. 413-416, 1984.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guideline: Use of multiple micronutrient powders for home fortification of foods consumed by infants and children 6-23 months of age**. Geneva: WHO, 2011.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Guidelines on food fortification with micronutrients**. Geneva: WHO, 2006.

WVC. World Vegetable Center. **Know your IVs: Yard-long bean**. Taiwan: WVC, 2012. 6p.

XU, P.; WU, X.; WANG, B.; HU, T.; LU, Z.; LIU, Y.; QIN, Z.; WANG, S.; LI, G. QTL mapping and epistatic interaction analysis in asparagus bean for several characterized and novel horticulturally important traits. **BMC Genetics**, v. 14, n. 4, p. 1-10, 2013.

XU, P.; WU, X.; WANG, B.; LIU, Y.; EHLERS, J. D. A SNP and SSR based genetic map of asparagus bean (*Vigna. unguiculata* ssp. *sesquipedalis*) and comparison with the broader species. **Plos One**, v. 6, n. 1, p. 1-8. 2011.

YUANITA, L. The effect of pectic substances, hemicelluloses, lignin and cellulose content to the percentage of bound iron by dietary fiber macromolecules: Acidity and length boiling time variation. **Indonesian Journal of Chemistry**, v. 6, p. 225-340, 2006.

ANEXOS



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

Nome: _____ Idade: _____
Data: ___/___/___

ANEXO I - TESTE DE ESCALA HEDÔNICA

Avalie cada amostra usando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou:

1. Desgostei muitíssimo
2. Desgostei muito
3. Desgostei regularmente
4. Desgostei ligeiramente
5. Indiferente
6. Gostei ligeiramente
7. Gostei regularmente
8. Gostei muito
9. Gostei muitíssimo

AMOSTRA	VALOR

Comentários:



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

Nome: _____ Idade: _____
Data: ___/___/___

ANEXO II - TESTE PAREADO – PREFERÊNCIA

Descreva os números dos 3 pares das amostras que você está recebendo, e dentro de cada par, faça um círculo na amostra que você prefere.

1. _____
2. _____
3. _____

Comentários:



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

Nome: _____ Idade: _____

Data: ___/___/___

ANEXO III - TESTE - INTENÇÃO DE COMPRA

Avalie cada amostra usando as notas abaixo para descrever a sua intenção de compra.

1. Certamente compraria
2. Provavelmente compraria
3. Tenho dúvidas se compraria
4. Provavelmente não compraria
5. Certamente não compraria

AMOSTRA	VALOR

Comentários:



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

ANEXO IV - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

Título do estudo: Caracterização físico-química e aceitação de genótipos de feijão-de-metro (*Vigna unguiculata ssp sesquipedalis*) – Dissertação de mestrado.

Pesquisadores responsáveis: Lunna Paula de Alencar Carnib (lunnapaula@hotmail.com), Maurisrael de Moura Rocha (maurisrael.rocha@embrapa.br), Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo (regilda@ufpi.edu.br).

Instituição/Departamento: Universidade Federal do Piauí – UFPI / Departamento de Nutrição

Local da coleta de dados: LASA (Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos).

Prezado(a) Senhor(a):

Você está sendo convidado (a) a responder às perguntas deste questionário de forma totalmente voluntária. Antes de concordar em participar desta pesquisa e responder este questionário, é muito importante que você compreenda as informações e instruções contidas neste documento. Os pesquisadores deverão responder todas as suas dúvidas antes que você se decida a participar. Você tem o direito de desistir de participar da pesquisa a qualquer momento, sem nenhuma penalidade.

Objetivo do estudo: Determinar sensorialmente a aceitação de genótipos de feijão-de-metro (*Vigna unguiculata spp. sesquipedalis*) para o consumo como vagem para salada.

Procedimentos: Sua participação nesta pesquisa consistirá apenas no preenchimento deste questionário, respondendo às perguntas formuladas que abordam análise do produto e preferência do mesmo.

Benefícios: Esta pesquisa trará maior conhecimento sobre o tema abordado, sem benefício direto para você.

Riscos: Os riscos inerentes à esta pesquisa referem-se a uma possível aversão ao sabor da amostra que será analisada sensorialmente, alergia a alguma substância presente no feijão-de-metro ou indigestibilidade da amostra devido aos fatores antinutricionais presentes na mesma. No entanto, não será necessária a deglutição da amostra, podendo ser desprezada a qualquer momento. Ademais, o preenchimento deste questionário não representará qualquer risco de ordem física ou psicológica para você.

Sigilo: As informações fornecidas por você terão sua privacidade garantida pelos pesquisadores responsáveis. Os sujeitos da pesquisa não serão identificados em nenhum momento, mesmo quando os resultados desta pesquisa forem divulgados em qualquer forma.

- O Comitê de Ética pode ser consultado para esclarecimento de dúvidas sobre aspectos éticos da pesquisa. Endereço: Campus Universitário Ministro Petrônio Portella - Pró-Reitoria de Pesquisa, Bairro Ininga, CEP: 64.049-550, Tel: (86)3237-2332, e-mail: cep.ufpi@ufpi.edu.br.

Ciente e de acordo com o que foi anteriormente exposto, eu _____, estou de acordo em participar desta pesquisa, assinando este consentimento em duas vias, ficando com a posse de uma delas.

Teresina, _____ de 2017.

Assinatura

N° identidade / CPF

Pesquisador responsável