

## **CARACTERIZAÇÃO MULTIVARIADA DE COMPONENTES QUÍMICO-BROMATOLÓGICOS DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* WALP.) NO SEMIÁRIDO**

Francisco Cleilson Lopes Costa<sup>1</sup>; Paulo Henrique Melo Gadelha<sup>1</sup>; D.Sc. Ana Raquel de Oliveira Mano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido – cllsncosta@gmail.com, phmeloagronomia@yahoo.com.br;

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – raquelmano@yahoo.com.br

**Resumo:** O feijão-caupi, um componente importante da dieta, especialmente no Nordeste e Norte do Brasil, e tem germoplasma amplamente variável. As análises multivariadas permitem compreender os padrões existentes entre os elementos nutricionais, indicadores de variabilidade genética dos grãos, transferindo a variância de variáveis nutricionais de difícil interpretação conjuntamente, representando-as em menor número de variáveis. O objetivo foi estudar os padrões existentes entre os teores nutricionais dos grãos a partir de métodos multivariados. Cultivares de feijão-caupi foram obtidos de produtores da agricultura familiar dos municípios de Limoeiro do Norte, Morada Nova e Tabuleiro do Norte, Ceará. Avaliaram-se os teores nutricionais dos grãos e elementos minerais, em três repetições. As análises estatísticas foram a correlação de Pearson, a análise de agrupamento hierárquico e a análise fatorial. Três fatores foram significativos explicando 77,85% da variância total. O zinco (0,89) foi o mineral que mais contribuiu para a variabilidade das cultivares, capturando seu máximo efeito o primeiro fator, seguido do cobre (0,78). O teor de carboidrato apresentou maior comunalidade, responsável pela máxima distância entre as cultivares. As cultivares mais distantes foram Azulão e Pujante.

**Palavras-chave:** composição nutricional, diversidade genética, feijão-de-corda, modelagem estrutural.

### **Introdução**

O feijão-caupi é um dos itens mais importantes da dieta nas regiões Nordeste e Norte, como fonte de proteínas de 20 a 30% em média para os genótipos brasileiros (CARVALHO *et al.*, 2012), com até 34,1% já observado (COSTA; SANTOS; SOUZA, 2011), produzindo os aminoácidos essenciais, carboidratos, vitaminas e importante fonte de minerais (FREIRE FILHO *et al.*, 2011), além disso, possui fibras dietéticas em teores elevados, e até 2% de lipídios (BEZERRA NETO; BARRETO; COELHO, 2014). Seu germoplasma encontra-se amplamente distribuído em diversos países de clima tropical e sub-tropical (TEODORO *et al.*, 2015; MAFAKHERI; BIHAMTA; ABBASI, 2017). Sua ampla variabilidade genética se desenvolve a partir de seleção natural a longo prazo e certo nível de seleção artificial. A estrutura de populações de cultivares da agricultura familiar merece atenção diante da alta eficiência de seleção que gradualmente vem eliminando tais cultivares, o que reduz a diversidade genética da espécie (XIONG *et al.*, 2016). Assim, um enfoque multivariado permite compreender como se definem tais variáveis nutricionais em termos de diversidade genética, para que estratégias de combate à desnutrição humana possam ser elaboradas a partir do conhecimento da forma com que esses minerais se acumulam nos grãos. Estudar os padrões existentes entre os teores nutricionais dos grãos por meio de métodos multivariados foi o objetivo deste trabalho.

## Metodologia

As sementes das cultivares foram obtidas de produtores e comerciantes das cidades de Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte e Morada Nova, Ceará, sendo elas: Azulão, Branco, Corujinha, Epace-10, Feijão-da-Bahia, Paulistinha, Pingo-de-ouro, Pujante, Rabo-de-cobra e Sempre-verde. Foram avaliados os teores nutricionais de proteína bruta, lipídios, fibra bruta, carboidratos conforme AOAC (1997) e cálcio, ferro, zinco, cobre e manganês conforme Malavolta *et al.* (1997). Os dados foram analisados com o *software* STATISTICA 7, foram padronizados para evitar interferência das unidades de medida. As análises estatísticas foram correlação de Pearson, análise de agrupamento e análise fatorial. Os dados foram agrupados por *cases* (cultivares), como regra de ligação utilizou-se o método Ward, e a medida de dissimilaridade foi a distância euclidiana (%). A extração dos fatores foi feita pela regra dos componentes principais, extraindo-se 3 fatores com *eigenvalues* > 1,0. A análise fatorial foi feita com o método de entrada de dados brutos (*raw data*). Utilizou-se a Varimax normalizada para rotação dos eixos fatoriais. Foram consideradas significantes as cargas fatoriais de pelo menos 0,65.

## Resultados e Discussão

A correlação de Pearson (Tabela 1) ressaltou duas correlações significativas ( $\geq 0,65$ ) negativas. O teor de lipídios e de fibra bruta, e teor de fibra bruta e de manganês. A síntese de lipídios em termos energéticos, segue em direção contrária ao acúmulo de fibra bruta, o que permite inferir que a partir da função estrutural da fibra bruta, que a planta acumula fibra bruta até um certo teor mínimo necessário, a partir do qual cessa seu acúmulo, prevalecendo a síntese e acúmulo de lipídios no grão de feijão-caupi. Comportamento semelhante acontece entre os teores de fibra bruta e manganês, indicando que processos metabólicos envolvendo a síntese de lipídios e acúmulo de manganês no grão são pausados quando ocorre a síntese de fibra bruta.

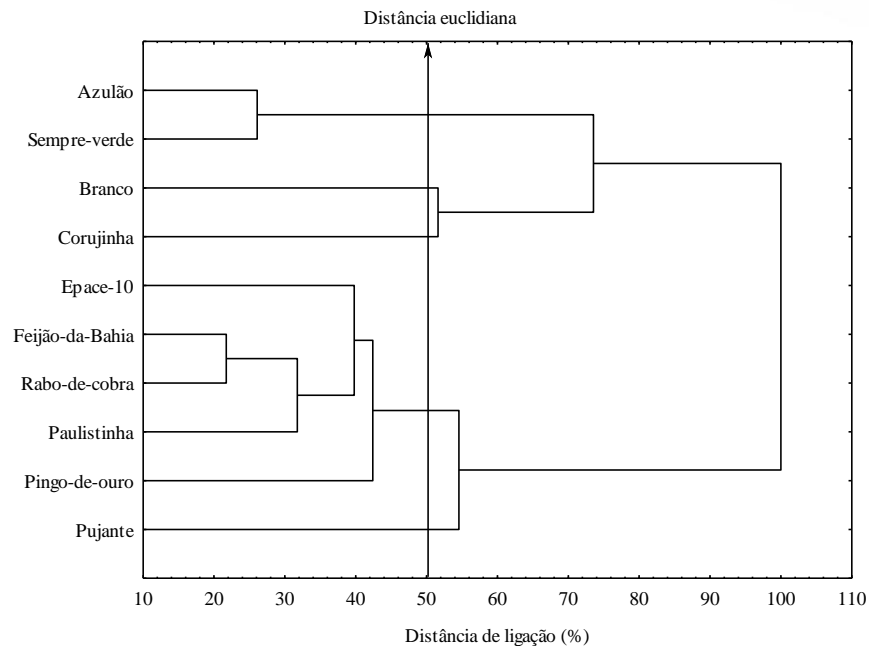
**Tabela 1.** Correlação de Pearson entre valores de componentes nutricionais e minerais dos grãos em 10 cultivares de feijão-caupi produzidos em Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte e Morada Nova CE, 2018.

	Proteína	Lipídio	Fibra bruta	Carboidrato	Cálcio	Ferro	Zinco	Cobre	Manganês
Proteína	1,00	0,18	-0,09	-0,62	0,36	0,30	0,21	0,10	-0,10
Lipídio		1,00	<b>-0,72</b>	0,20	0,45	0,00	0,59	0,59	0,60
Fibra bruta			1,00	-0,60	-0,54	0,16	-0,10	-0,28	<b>-0,67</b>
Carboidrato				1,00	0,05	-0,38	-0,32	-0,18	0,50
Cálcio					1,00	0,49	0,00	0,08	0,06
Ferro						1,00	0,14	0,10	0,06
Zinco							1,00	0,50	0,41
Cobre								1,00	0,29
Manganês									1,00

A análise de agrupamento hierárquico agrupa os *cases* (cultivares) ou variáveis de acordo com sua estrutura natural. Considerando a maior amplitude para formação dos grupos, distância de ligação de 50%, formaram-se cinco grupos, sendo o grupo 1 formado pelas cultivares Azulão e Sempre-verde; o grupo 2 formado pela cultivar Branco; o grupo 3 formado pela cultivar Corujinha; o grupo 4, pelas

cultivares Epace-10, Feijão-da-Bahia, Rabo-de-cobra, Paulistinha e Pingo-de-ouro; e o grupo 5, pela cultivar Pujante. As cultivares mais distantes (contrastantes) foram Azulão e Pujante, sendo indicados para cruzamentos para melhoramento desses nutrientes.

**Figura 1.** Dendograma de classificação de cultivares de feijão-caupi em quatro grupos, em função dos teores de proteínas brutas, lipídios, carboidratos, fibra bruta, cálcio, ferro, zinco, cobre e manganês em 10 cultivares de feijão-caupi produzidos em Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte e Morada Nova CE, 2018.



A análise fatorial descreve padrões simples entre as variáveis observadas interferindo no comportamento de variáveis não-observadas (SAED-MOUCHESHI *et al.*, 2013). A variabilidade total dos dados foi de 77,86% explicada por apenas três fatores (Tabela 2). O fator F1 permitiu inferir sobre as variáveis Zinco e Cobre na diferenciação das cultivares. Os diferentes tipos de controle genético da acumulação de zinco em feijão-caupi (ROSA, 2009; CARVALHO, 2011) corroboram com a ampla contribuição deste mineral como mais importante na variabilidade das cultivares. O fator F2 capturou o efeito dos teores de lipídios, fibra bruta, carboidratos e manganês. O fator F3, proteínas, cálcio e ferro. Os maiores valores de comunalidades foram encontrados nas variáveis carboidratos e fibra bruta, ainda que o teor de zinco tenha prevalecido no F1.

Os teores de fibra bruta e carboidratos são os principais responsáveis pela variabilidade das cultivares apresentando os maiores valores de comunalidade. A comunalidade representa a variabilidade de cada variável representada em cada fator. Zinco e cobre estão entre os minerais mais deficientes na dieta humana no mundo inteiro, além desses, ferro, cálcio, magnésio, iodo e selênio. Zinco e cobre têm funções imprescindíveis para o metabolismo humano e desenvolvimento. Sua deficiência leva ao desenvolvimento de doenças de pele, perda de apetite e perda de funções cognitivas (OLIVEIRA *et al.*, 2017), sendo que de 7,5% em classes sociais mais altas a 30% em populações mais pobres têm dietas insuficientes em zinco (WESSELLS; BROWN, 2012). Os diferentes tipos de controle genético da acumulação de zinco em feijão-caupi (ROSA, 2009; CARVALHO, 2011) corroboram com a ampla contribuição deste mineral na variabilidade das cultivares.

**Tabela 2.** Análise fatorial evidenciando três eixos representativos de teores de proteínas brutas, lipídios, carboidratos, fibra bruta, cálcio, ferro, zinco, cobre e manganês em 10 cultivares de feijão-caupi produzidos em Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte e Morada Nova CE, 2018.

Variável	Eixos fatoriais			Comunalidade
	F1	F2	F3	
Proteínas	0,22	-0,13	<b>0,76</b>	0,64
Lipídios	0,64	<b>0,67</b>	0,17	0,89
Fibra bruta	-0,15	<b>-0,95</b>	-0,08	<b>0,92</b>
Carboidratos	-0,33	<b>0,76</b>	-0,53	<b>0,97</b>
Cálcio	-0,13	0,54	<b>0,77</b>	0,90
Ferro	0,04	-0,08	<b>0,73</b>	0,54
Zinco	<b>0,89</b>	0,00	0,10	0,80
Cobre	<b>0,78</b>	0,15	0,08	0,64
Manganês	0,43	<b>0,70</b>	-0,17	0,70
Autovalor	3,20	2,34	1,47	-
Var. total	35,55	25,96	16,35	-
Var. acumulada	35,55	61,51	77,86	-

A biofortificação é uma importante ferramenta para o combate à desnutrição humana. Associada ao melhoramento genético do feijão-caupi, é possível identificar genótipos promissores e recomendar cultivares estratégicas a partir de informações sobre a estrutura e variabilidade dos componentes dos grãos concentrada em poucos fatores, facilitando a tomada de decisão. A partir destes resultados, modelagens lineares podem ser feitas a fim de prever o comportamento de determinado nutriente ou mineral no grão em função de outros secundários. Essas informações são úteis para recomendação de cultivares para atender determinado problema nutricional, e para projetar plantas com características específicas, com finalidades nutracêuticas, concentrando nutrientes e aminoácidos na concentração ideal específica para determinadas fases da vida de uma pessoa, por exemplo. Assim, alguns esforços ainda são necessários, como formação de grupos de pesquisa multidisciplinares para o desenvolvimento destas cultivares, envolvendo áreas como melhoramento vegetal e nutrição humana. No futuro próximo, os consumidores comprarão o feijão-caupi com base na cultivar e nos benefícios alimentícios que ela proporciona, determinando, portanto, para sua compra não mais o preço ou a preferência.

### Conclusões

1. As cultivares Azulão e Pujante são as mais promissoras para exploração da heterose para os teores nutricionais avaliados.
2. Os teores de carboidratos, Zinco e Cobre são as variáveis mais importantes para a diversidade dessas cultivares.

## Referências Bibliográficas

- AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16th ed. Gaitheersburgh, 1997.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P.; COELHO, J. B. M. Considerações sobre nutrição mineral e o caso do feijão Vigna. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 11, p. 85-120, 2016.
- CARVALHO, A. F. U.; SOUSA, N. M. de S.; FARIAS, D. F.; ROCHA-BEZERRA, L. C. B. da; SILVA, R. M. P. da; VIANA, M. P. *et al.* Nutritional ranking of 30 Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 26, n. 1 - 2, p. 81 - 88, 2012.
- CARVALHO, L. C. B. **Cruzamentos dialélicos visando à obtenção de populações produtivas e biofortificadas para os teores de ferro, zinco e proteína em feijão-caupi**. 2011.92 f. Dissertação (Mestrado) Pós-Graduação em Genética e Melhoramento. Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.
- COSTA, D. C. C. da; SANTOS, C. A. F.; SOUZA, S. S. da S. Estimativas de parâmetros genéticos clássicos para proteínas totais em feijão-caupi. *In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. *In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO*, 6., 2011, Petrolina. *Anais...* Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. do S. da R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi**: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina: Embrapa-Meio-Norte, 84p. 2011.
- MAFAKHERI, K.; BIHAMTA, M. R.; ABBASI, A. R. Assessment of genetic diversity in cowpea (*Vigna unguiculata* L.) germplasm using morphological and molecular characterisation. **Cogent Food & Agriculture**, v. 3, n. 1, p. 1327092, 2017.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed., Piracicaba: POTAFOS, 1997.
- OLIVEIRA, D. S. V. de; FRANCO, L. J. D.; MENEZES-JÚNIOR, J. A.N. de; DAMASCENO-SILVA, K. J.; ROCHA, M de M.; NEVES, A. C. das; *et al.* Adaptability and tability of the zinc density in cowpea genotypes through GGE-Biplot method. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 5 (Especial), p. 783-791, 2017.
- ROSA, S.S. **Genética dos teores de fósforo e de zinco em sementes de feijão**. 2009. 45 f. Dissertação (Mestrado) Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.
- SAED-MOUCHESHI, A.; FASIHFAR, E.; HASHEMINASAB, H.; RAHMANI, A.; AHMADI, A. A review on applied multivariate statistical techniques in agriculture and plant Science. **International jornal of Agronomy and Plant Production**, v. 4, n. 1, p. 127 – 141, 2013.
- TEODORO, P. E.; TORRES, F. E.; SANTOS, A. D.; CORRÊA, A. M.; NASCIMENTO, M.; BARROSO, L. M. A. Measurements of experimental precision for trials with cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) genotypes. **Genetics and Moleceular Research**, v. 15, n. 2, p. 1-8, 2015.

XIONG, H.; SHI, A.; MOU, B.; QIN, J.; MOTES, D.; LU, W. et al. Genetic Diversity and Population Structure of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **PLoS ONE**, v. 11, n. 8, p. e0160941, 2016.