

## POTENCIAL DE POPULAÇÕES SEGREGANTES DE FEIJÃO-CAUPI PARA BIOFORTIFICAÇÃO DE GRÃOS

*Jeane de Oliveira Moura<sup>(1)</sup>; Maurisrael de Moura Rocha<sup>(3)</sup>; Regina Lúcia Ferreira Gomes<sup>(2)</sup>; Kaesel Jackson Damasceno e Silva<sup>(3)</sup>; Francisco Rodrigues Freire Filho<sup>(3)</sup>; Luis José Duarte Franco<sup>(4)</sup>; Carlos Mizael Bezerra de Souza<sup>(5)</sup> e Laíze Raphaella Lemos Lima<sup>(6)</sup>*

<sup>(1)</sup>Mestranda do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí-UFPI, Teresina, PI, jeaneprofessora@hotmail.com; <sup>(2)</sup>Professora do departamento de Fitotecnia da UFPI, Teresina, PI, rlfgomes@ufpi.edu.br; <sup>(3)</sup>Pesquisadores da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, mmrocha@cpamn.embrapa.br, kaesel@cpamn.embrapa.br, freire@cpamn.embrapa.br; <sup>(4)</sup>Analista da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, duarte@cpamn.embrapa.br; <sup>(5)</sup>Graduando em Ciências Agrárias da UFPI, Teresina, PI, misael\_onex@hotmail.com; <sup>(6)</sup>Graduando em Biologia da UFPI, Teresina, PI, dra\_lemos@hotmail.com

**Resumo** – O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma excelente fonte de proteínas, vitaminas e minerais e representa o alimento básico, principalmente, da população carente do nordeste brasileiro. A biofortificação do feijão-caupi representa uma das estratégias de combate à desnutrição dessas populações, por meio do aumento dos teores de nutrientes nos grãos, via melhoramento genético. Este trabalho objetivou avaliar populações segregantes de feijão-caupi para a biofortificação dos teores de proteína, ferro e zinco nos grãos. Realizaram-se cruzamentos entre os genótipos parentais BRS Xiquexique (P<sub>1</sub>), IT-98K-205-8 (P<sub>2</sub>) e IT-97K-1042-3 (P<sub>3</sub>), incluindo os seus recíprocos (P<sub>1</sub> x P<sub>2</sub>, P<sub>2</sub> x P<sub>1</sub>, P<sub>1</sub> x P<sub>3</sub> e P<sub>3</sub> x P<sub>1</sub>) e retrocruzamentos das gerações F<sub>1</sub> com P<sub>1</sub>. As gerações F<sub>1</sub>, resultantes dos cruzamentos e dos retrocruzamentos, foram avançadas para as gerações F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>. Os genótipos parentais e as populações F<sub>3</sub> foram avaliados no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI, em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Avaliaram-se os seguintes caracteres: teor de proteína, teor de ferro e teor de zinco. Os caracteres nutricionais apresentam baixo componente genético na expressão do fenótipo, exceto o teor de proteína, em que a seleção fenotípica é mais eficiente. Maior sucesso na biofortificação dos teores de proteína poderá ser obtido por meio da seleção dentro da população F<sub>3</sub>RC<sub>4</sub>. A população F<sub>3</sub>RC<sub>4</sub> apresenta maior potencial para o desenvolvimento de cultivares biofortificadas para os teores de ferro e zinco nos grãos de feijão-caupi.

**Abstract** – Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) is an excellent source of proteins, vitamins and minerals and represents the staple food, mainly, of the poor population in northeastern Brazil. The biofortification of cowpea is one of the strategies to combat malnutrition of these populations, by increasing the nutrients in the grains through breeding. This work aimed to evaluate cowpea segregating populations for biofortification of iron, zinc and protein contents in the grains. Crosses between BRS Xiquexique (P<sub>1</sub>), IT-98K-205-8 (P<sub>2</sub>) and IT-97K-1042-3 (P<sub>3</sub>) parents genotypes, including its reciprocal (P<sub>1</sub> x P<sub>2</sub>, P<sub>2</sub> x P<sub>1</sub>, P<sub>1</sub> x P<sub>3</sub> and P<sub>3</sub> x P<sub>1</sub>) and backcrosses of the F<sub>1</sub> generations with P<sub>1</sub>, were implemented. F<sub>1</sub> generation resulting from crossings and backcrosses were advanced to F<sub>2</sub> and F<sub>3</sub> generations. Parent's genotypes and F<sub>3</sub> generation were evaluated at Embrapa Mid-North, in Teresina, PI, in a randomized block design with four replications. The following traits were measured: crude protein content, iron content and zinc content. Nutritional traits presented low genetic component in the expression of the phenotype, except for protein content, in which phenotypic selection is efficient. The F<sub>2</sub>RC<sub>4</sub> population presents higher potential for development of biofortified cultivars for iron and zinc content in the grains of cowpea.

## Introdução

Para solucionar o problema da deficiência em micronutrientes, os países vêm adotando políticas públicas como programas de fortificação dos alimentos e/ou suplementação medicamentosas (NUTTI; CARVALHO; WATANABE, 2006). Para complementar as intervenções em andamento surge como proposta a biofortificação, que consiste no desenvolvimento de cultivares que apresentem maiores teores de minerais e vitaminas (BRS..., 2008).

No Brasil, a biofortificação do feijão-caupi tem sido implementada por meio de alguns programas, destacando-se o HarvestPlus e o BioFORT, sob a coordenação da Embrapa. Esses programas têm concentrado esforços inicialmente no *screening* do germoplasma existente na coleção de trabalho e depois em acessos do banco ativo de germoplasma da Embrapa Meio-Norte, com ênfase nos teores de ferro e zinco nos grãos, aliado à produtividade e adaptabilidade às regiões de cultivo. O feijão-caupi tem mostrado bastante variabilidade para os teores de proteína, ferro e zinco (CARVALHO, 2011; ROCHA et al., 2008). Cerca de 200 genótipos já foram avaliados (NUTTI et al., 2009). No entanto, torna-se necessário um trabalho de melhoramento via hibridações entre genótipos parentais ricos em ferro e zinco e altamente produtivos, objetivando a seleção de genótipos biofortificados e adaptados às regiões de cultivo.

## Material e Métodos

Utilizaram-se nesse trabalho, como parentais, os genótipos: BRS Xiquexique ( $P_1$ ), cultivar rica em Ferro e Zinco, procedente do Programa de Melhoramento da Embrapa Meio-Norte; IT-98K-205-8 ( $P_2$ ), linhagem rica em Ferro; e IT-97K-1042-3 ( $P_3$ ), linhagem rica em Zinco, ambas provenientes do International Institute of Tropical Agriculture (IITA), em Ibadan, Nigéria. Os cruzamentos entre os genótipos parentais ( $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ ), incluindo os recíprocos, foram realizados em condições de telado na Embrapa Meio-Norte, durante o segundo semestre de 2009. Realizaram-se quatro cruzamentos:  $C_1$  - BRS Xiquexique x IT-98K-205-8,  $C_2$  - IT-98K-205-8 x BRS Xiquexique,  $C_3$  - BRS Xiquexique x IT-97K-1042-3, e  $C_4$  - IT-97K-1042-3 x BRS Xiquexique; quatro retrocruzamentos, utilizando a BRS Xiquexique como parental feminino, e obtidas as gerações  $F_1$ ,  $F_2$  e  $F_3$ .

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos completos casualizados, com quatro repetições. A parcela experimental teve as dimensões de 3,2 m x 5,0 m e constou de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, tendo como área útil as duas fileiras centrais. Adotou-se o espaçamento de 0,80 m entre fileiras e de 0,25 m entre covas dentro da fileira, o que resultou em 20 covas por fileira. Avaliaram-se os caracteres nutricionais teor de proteína (TP), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn). As análises foram realizadas no Laboratório CAMPO, em Paracatu – MG. O TP foi determinado pelo método de Kjeldahl (ASSOCIATION..., 1990) e os TFe e TZn, por digestão nítrico-perclórica e leitura em espectrofotômetro de absorção atômica, segundo Sarruge e Haag (1974). Analisaram-se os dados das populações  $F_3$  resultantes dos cruzamentos e retrocruzamentos e considerou-se como fixos os efeitos de tratamentos. As médias das populações foram agrupadas pelo teste de Scott-knott ( $P < 0,05$ ). Todas as análises foram realizadas por meio do programa GENES (CRUZ, 2006).

## Resultados e Discussão

O efeito de tratamentos foi não significativo para todos os caracteres avaliados, exceto para o (TP) ( $P < 0,01$ ) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para os caracteres nutricionais e culinário<sup>1</sup> avaliados em 11 populações de feijão-caupi. Teresina, PI, 2010.

F.V.	G. L.	Quadrado Médio		
		TP (%)	TFe (mg kg <sup>-1</sup> )	TZn (mg kg <sup>-1</sup> )
Blocos	3	12,44	42,60	17,46
Tratamentos	10	10,31**	112,08 <sup>ns</sup>	13,10 <sup>ns</sup>
Populações segregantes	7	0,88 <sup>ns</sup>	79,09 <sup>ns</sup>	9,77 <sup>ns</sup>
Parentais	2	23,03**	145,66 <sup>ns</sup>	2,30 <sup>ns</sup>
Pop. seg vs Parental(s)	1	50,89**	270,15 <sup>ns</sup>	58,03*
Resíduo	30	1,47	117,56	11,51
CV%		4,79	14,62	7,04

<sup>ns</sup> não-significativo; \* e \*\* significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; <sup>(1)</sup> Teor de proteína (TP), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn).

A decomposição do efeito de tratamentos em genótipos parentais e populações segregantes mostrou que não houve diferenças significativas entre as populações segregantes para todos os caracteres, evidenciando que elas não apresentaram variabilidade genética significativa e as diferenças observadas para o efeito de tratamentos em relação ao caráter TP ( $P < 0.01$ ) foi decorrente das diferenças entre os genótipos parentais. Diferenças significativas para o contraste parentais vs populações segregantes foram observadas para os TP e TZn, sendo que para o caráter TFe, as populações segregantes apresentaram comportamento semelhante aos parentais. Com relação à precisão experimental dos caracteres, em geral foi alta, com baixos coeficientes de variação (CV's) para TP (4,79%) e TZn (7,04%). O caráter TFe (14,61%) foi o mais afetado pelos fatores ambientais. Os valores de CV obtidos nesse trabalho estão de acordo com os obtidos por Rocha et al. (2009) para os TFe e TZn; e Carvalho (2011) para o TP, TFe e TZn.

O TP variou de 23,59% (F<sub>3</sub>RC<sub>4</sub>) a 29,02% (IT-97K-1042-3), com média de 25,32% (Tabela 2). Essa média foi similar à obtida por Silva et al. (2002) e superior às médias encontradas por Carvalho (2011), Iqbal et al. (2006) e Rocha et al. (2008). Os resultados mostram que maior sucesso no desenvolvimento de cultivares com maior TP poderá ser obtido por meio da seleção dentro da população F<sub>3</sub>C<sub>4</sub> (25,13%).

**Tabela 2.** Estimativas de médias e parâmetros genéticos dos caracteres nutricionais e culinário<sup>1</sup>, obtidas a partir da avaliação de 11 populações F<sub>3</sub> de feijão-caupi. Teresina, PI, 2010.

Genótipos	TP (%)	TFe (mg kg <sup>-1</sup> )	TZn (mg kg <sup>-1</sup> )
BRS Xiquexique	24,39	71,63	50,55
IT-98K-205-8	27,81	83,48	50,55
IT-97K-1042-3	29,02	79,55	49,23
MP <sup>2</sup>	27,07	78,22	50,11
F <sub>3</sub> C <sub>1</sub>	24,93	73,97	47,50
F <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	24,71	73,00	44,80
F <sub>3</sub> C <sub>3</sub>	24,50	74,46	49,40
F <sub>3</sub> C <sub>4</sub>	25,13	73,83	48,10
MF <sub>3</sub> C <sup>3</sup>	24,82	73,82	47,45
F <sub>3</sub> RC <sub>1</sub>	24,89	69,00	47,70
F <sub>3</sub> RC <sub>2</sub>	24,74	65,10	47,19
F <sub>3</sub> RC <sub>3</sub>	24,79	71,48	46,08
F <sub>3</sub> RC <sub>4</sub>	23,59	80,45	49,42
MF <sub>3</sub> RC <sup>4</sup>	24,50	71,51	47,60
Média geral	25,32	74,17	48,23
Variância genética	2,21	-1,37	0,39
Variância ambiental	1,47	117,55	11,52
Herdabilidade (%)	85,72	-	12,11

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, pertencem a uma mesma classe, de acordo com o teste de Scott-Knott (P<0,05); <sup>(1)</sup>Teor de proteína (TP), teor de ferro (TFe), teor de zinco (TZn) e tempo de cocção (TC); <sup>(2)</sup> Média dos parentais; <sup>(3)</sup> Média de F<sub>3</sub> dos cruzamentos; <sup>(4)</sup> Média de F<sub>3</sub> dos retrocruzamentos.

As estimativas de médias do TFe variaram de 65,10 mgkg<sup>-1</sup> (F<sub>3</sub>RC<sub>2</sub>) a 83,48 mgkg<sup>-1</sup> (IT-98K-205-8), com média de 74,17 mgkg<sup>-1</sup>. Essa média é similar à obtida por Carvalho (2011); inferior às obtidas por Iqbal et al. (2006), Neves et al. (2008) e Singh (2006); e superior às médias encontradas Rocha et al. (2008, 2009). As estimativas de médias do TZn variaram de 44,80 mg kg<sup>-1</sup> (F<sub>3</sub>C<sub>2</sub>) a 50,55 mgkg<sup>-1</sup> (BRS Xiquexique e IT-98K-205-8), com média de 48,23 mg kg<sup>-1</sup>. Essa média é inferior à obtida por Iqbal et al. (2006); similar à obtida por Neves et al. (2008), Rocha et al. (2008) e Singh (2006); e superior às médias encontradas por Carvalho (2011). Conforme os resultados maior sucesso no desenvolvimento de cultivares com maior TFe e TZn poderá ser obtido por meio da seleção dentro da população F<sub>3</sub>RC<sub>4</sub> (80,45 kgmg<sup>-1</sup>).

As estimativas de variâncias genéticas e ambientais mostraram que a probabilidade de ganhos com seleção será maior para o TP, que apresentou estimativa de variância genética maior que a variância ambiental, logo, alta herdabilidade (Tabela 2). Contrariamente, o TFe e TZn foram muito afetados pelo ambiente, apresentando baixo coeficiente de herdabilidade e, portanto, a seleção será pouco eficiente para esses caracteres.

### Conclusão

Os caracteres nutricionais apresentam baixo componente genético na expressão do fenótipo, exceto o teor de proteína, no qual a seleção fenotípica é mais eficiente. Maior sucesso na biofortificação dos teores de proteína poderá ser obtido por meio da seleção dentro da população F<sub>3</sub>C<sub>4</sub>. A população F<sub>3</sub>RC<sub>4</sub> apresenta maior potencial para o desenvolvimento de cultivares biofortificadas para os teores de ferro e zinco nos grãos de feijão-caupi.

## Agradecimentos

Ao Fundo de Pesquisa Embrapa-Monsanto pelo apoio financeiro ao projeto BioFORT, ao HarvestPlus e AgroSalud.

## Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 15th ed. Arlington, 1990.

BRS Xiquexique: primeira cultivar de feijão-caupi biofortificada (23/9/2008). Disponível em: [http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2008/setembro/4a-semana/brs-xiquexique-primeira-cultivar-de-feijao-caupi-biofortificada/?searchterm=brs\\_xiquexique\\_primeira\\_cultivar\\_biofortificada](http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2008/setembro/4a-semana/brs-xiquexique-primeira-cultivar-de-feijao-caupi-biofortificada/?searchterm=brs_xiquexique_primeira_cultivar_biofortificada). Acesso em: 09 mar. 2011.

CARVALHO, L. C. B. **Potencial de cruzamentos dialélicos visando a obtenção de populações biofortificadas para teores de ferro, zinco e proteína em feijão-caupi**. 2011. 111 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: estatística experimental e matrizes. Viçosa, MG: UFV, 2006. 285 p.

IQBAL, A. et al. Nutritional quality of important food legumes. **Food Chemistry**, London, v. 97, n. 2, p. 331-335, 2006.

NEVES, A. L. R. et al. Tamanho e composição mineral de sementes de feijão-de-corda irrigado com água salina. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 4, p. 569-574, 2008.

NUTTI, M. et al. Biofortificação de feijão-caupi no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009, Belém, PA. **Da agricultura de subsistência ao agronegócio**: anais. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 26-38. 1 CD-ROM.

NUTTI, M.; CARVALHO, J. L. V.; WATANABE, E. A biofortificação como ferramenta para combate a deficiências em micronutrientes. In: SILVA, C. R. da et al. (Ed.). **Geologia médica no Brasil**: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2006. Cap. 7, p. 43-47. Textos do 2005 - Workshop Internacional de Geologia Médica, Rio de Janeiro, 3 jun. 2005. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/publique/media/geo\\_med7.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/geo_med7.pdf). Acesso em: 18 dez. 2010.

ROCHA, M. de M. et al. **Avaliação dos conteúdos de proteína, ferro e zinco em germoplasma elite de feijão-caupi**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008. 4 p. (Embrapa Meio-Norte. Comunicado Técnico, 212).

ROCHA, M. de M. et al. Estimativas de parâmetros genéticos (g), ambientais (a) e da interação G x A para os conteúdos de ferro e zinco em germoplasma elite de feijão-caupi. In: REUNIÃO ANUAL DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 3., 2009, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. 1 CD-ROM. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 148).

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 57 p.

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

SINGH, B. B. Cowpea breeding at IITA: highlights of advances and impacts. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006, Teresina. **Tecnologias para o agronegócio**: anais. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 121).