

## ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI PARA OS TEORES DE FERRO E ZINCO NOS GRÃOS

Maurisrael de Moura Rocha<sup>(1)</sup>, Kaesel Jackson Damasceno e Silva<sup>(1)</sup>, Francisco Rodrigues Freire Filho<sup>(1)</sup>, Hélio Wilson Lemos de Carvalho<sup>(2)</sup>, Aloisio Alcantara Vilarinho<sup>(3)</sup>, Adelana Maria Freitas Santos<sup>(4)</sup> e Luis José Duarte Franco<sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup>Pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, mmrocha@cpamn.embrapa.br, kaesel@cpamn.embrapa.br, freire@cpamn.embrapa.br; <sup>(2)</sup>Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, helio@cpatc.embrapa.br; <sup>(3)</sup>Pesquisador da Embrapa Roraima, Boa Vista, RR, alosio@cpafrr.embrapa.br; <sup>(4)</sup>Técnica da AGERP, São Luis, MA, adelanamariafs@yahoo.com.br; <sup>(5)</sup>Analista da Embrapa Meio-Norte, Teresina, duarte@cpamn.embrapa.br

**Resumo** – O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma espécie de grande importância para as populações das regiões Norte e Nordeste do Brasil, por ser um alimento rico em proteínas, vitaminas e minerais. A biofortificação do feijão-caupi representa uma das estratégias de combate à desnutrição. Uma das etapas finais de um programa de biofortificação é a validação dos genótipos com altos teores de nutrientes em vários ambientes para verificar o efeito da interação genótipo x ambientes e subsidiar a seleção de genótipos com alta adaptabilidade e estabilidade. Este trabalho objetivou avaliar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão-caupi para os teores de ferro e zinco. Avaliaram-se oito genótipos em três ambientes (Arari-MA, Boa Vista-RR e Teresina-PI), no ano de 2009, em um delineamento de blocos ao caso com três repetições. Os teores de ferro e zinco foram analisados por meio de digestão nítrica-perclórica e leitura em espectrofotômetro de absorção atômica. A adaptabilidade e a estabilidade foi avaliada por meio da metodologia de efeitos aditivos principais e interação multiplicativa-AMMI. O primeiro componente principal explicou mais de 85% da interação para ambos os caracteres. As cultivares BRS Xiquexique, BRS Tumucumaque e Pretinho apresentam genes para alta estabilidade e média adaptabilidade para o teor de zinco; já as linhagens IT-97K-1042-3 e IT-98K-205-8 apresentam alta adaptabilidade e baixa estabilidade. A cultivar BRS Tumucumaque apresenta genes para alta estabilidade do teor de ferro, porém, baixa adaptabilidade; a cultivar BRS Xiquexique apresenta alta adaptabilidade e média estabilidade.

**Abstract** – Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) is a species of great importance for the populations of the North and Northeast regions of Brazil, being a rich food in proteins, vitamins and minerals. The biofortification of cowpea is one of the strategies to combat the malnutrition. One of the final stages of a biofortification program is the validation of genotypes with high contents of nutrients in several environments to determine the effect of genotype by environment interaction and supports the selection of genotypes with high adaptability and stability. This work aimed to evaluate the adaptability and stability of cowpea genotypes for iron and zinc contents. Eight genotypes were evaluated in three environments (Arari-MA, Boa Vista-RR and Teresina-PI), in 2009, in a randomized block design with three replications. Iron and zinc contents were analyzed through nitric-perchloric digestion and reading in atomic absorption spectrophotometer. The adaptability and stability was evaluated by mean of the additive main effects and multiplicative interaction analysis-AMMI. The first principal component analysis accounted for more than 85% of the interaction for both traits. BRS Xiquexique, BRS Tumucumaque and Pretinho cultivars have genes for high stability and medium adaptability for zinc content; whereas IT-97K-1042-3 e IT-98K-205-8 lines show high adaptability and low stability. BRS Tumucumaque cultivar show genes for high stability

of the iron content, however, low adaptability; BRS Xiquexique cultivar show high adaptability and medium stability.

### **Introdução**

Para solucionar o problema da deficiência em micronutrientes, os países vêm adotando políticas públicas como programas de fortificação dos alimentos e/ou suplementação medicamentosa. Para complementar as intervenções em andamento surge como proposta a biofortificação, que consiste no desenvolvimento de cultivares que apresentem altos teores de minerais e vitaminas (NUTTI et al., 2010).

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. Neste sentido, na etapa final de seleção de genótipos com altos teores de nutrientes nos grãos, a validação dos teores em vários ambientes e a identificação de genótipos com alta adaptabilidade e estabilidade às variações ambientais é de suma importância para o sucesso na recomendação de cultivares. Neste sentido, estudos verificando o efeito da interação genótipos x ambientes tem sido pouco explorado em feijão-caupi (Rocha et al., 2009; Singh et al., 2009), sendo mais investigado em outros feijões, principalmente o feijão comum (Ribeiro et al., 2008). Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão-caupi para os teores de ferro e zinco nos grãos.

### **Material e Métodos**

Avaliaram-se oito genótipos de feijão-caupi ricos em ferro e zinco em três ambientes (Teresina-PI, Arari-MA e Boa Vista-RR). Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições. A parcela experimental constou de três fileiras de 5,0 m de comprimento, sendo adotada como área útil a fileira central. Adotou-se um espaçamento entre fileiras de 0,80 m e 0,25 m entre plantas, dentro da fileira. Os caracteres avaliados foram: teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn). As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte. Os TFe e TZn foram determinados por digestão nítrico-perclórica e leitura em espectrofotômetro de absorção atômica, segundo Sarruge e Haag (1974). Os dados foram submetidos a uma análise de variância e a adaptabilidade e estabilidade dos genótipos foram avaliadas por meio da metodologia de efeitos aditivos principais e interação multiplicativa-AMMI (Gauch & Zobel, 1990) e a interpretação foi realizada por meio gráfico em biplot. Todas as análises foram realizadas por meio do programa SAS (SAS INSTITUTE, 1997).

### **Resultados e Discussão**

Os efeitos de genótipos, ambientes e da interação genótipos x ambientes (GxA) foram significativos para os teores de ferro e zinco ( $P < 0,01$ ), evidenciando a existência de diferenças entre genótipos e ambientes e um comportamento diferencial dos genótipos frente aos fatores ambientais (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância de efeitos aditivos principais de genótipos e ambientes e da interação multiplicativa para os teores de ferro (TFe) e zinco (TZn) avaliados em 50 acessos de feijão-caupi. Teresina, PI, 2010.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		TFe (mg kg <sup>-1</sup> )	TZn (mg kg <sup>-1</sup> )
Genótipos (G)	7	103,44**	99,75**
Ambientes (A)	2	2682,44**	49,08**
G x A	14	336,81**	54,07**
CPII	8	517,32**	90,28**
Resíduo AMMI1	6	96,13 <sup>ns</sup>	5,79 <sup>ns</sup>
Resíduo	42	10,98	4,18

<sup>ns</sup>Não significativo; \* e \*\* Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

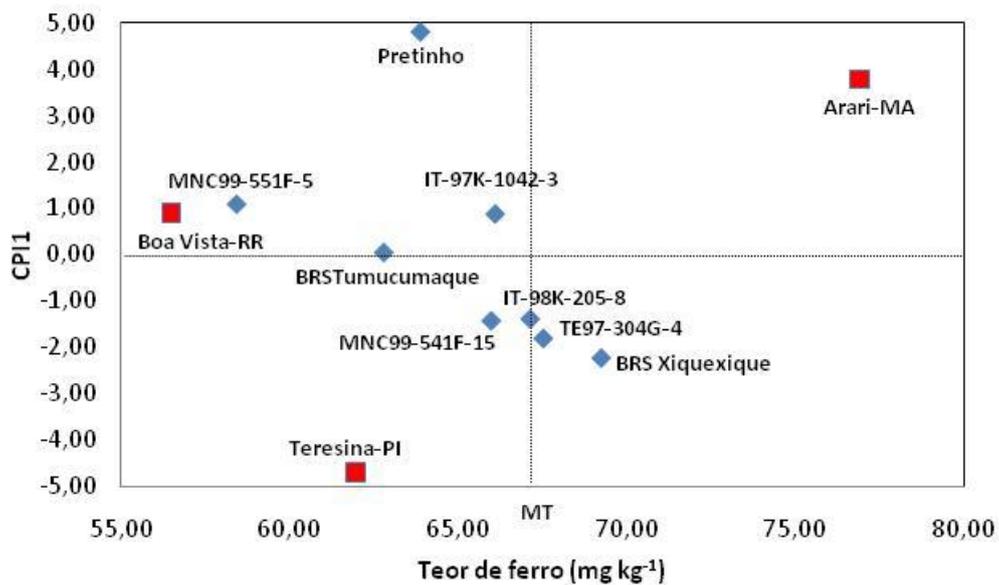
Ribeiro et al. (2008), estudaram os teores de ferro e zinco em genótipos de feijão comum em dois locais e, diferentemente, encontraram ausência de interação GxA para o teor de ferro, no entanto, para o teor de zinco, os resultados foram semelhantes aos obtidos neste trabalho. No caso do presente trabalho, provavelmente as diferenças na composição dos solos entre ambientes, notadamente quanto aos teores de ferro e zinco, foram muito marcantes.

O efeito da interação GxA foi decomposto pela análise de componentes principais em dois componentes, para ambos os caracteres, sendo que o primeiro componente principal da interação (CPII) explicou 87,76 % da interação para o teor de ferro e 95,41% da interação para o teor de zinco (Tabela 2). Como pouca variação foi explicada pelo segundo componente e o resíduo AMMI1 foi não significativo, a interpretação da adaptabilidade e estabilidade foi realizada com base no modelo AMMI1 via biplot AMMI1.

**Tabela 2.** Porcentagem da interação genótipos x ambientes explicada por componente principal para os teores de ferro e zinco, obtida a partir da avaliação de oito genótipos em três ambientes: Arari-MA, Boa Vista-RR e Teresina-PI, 2009.

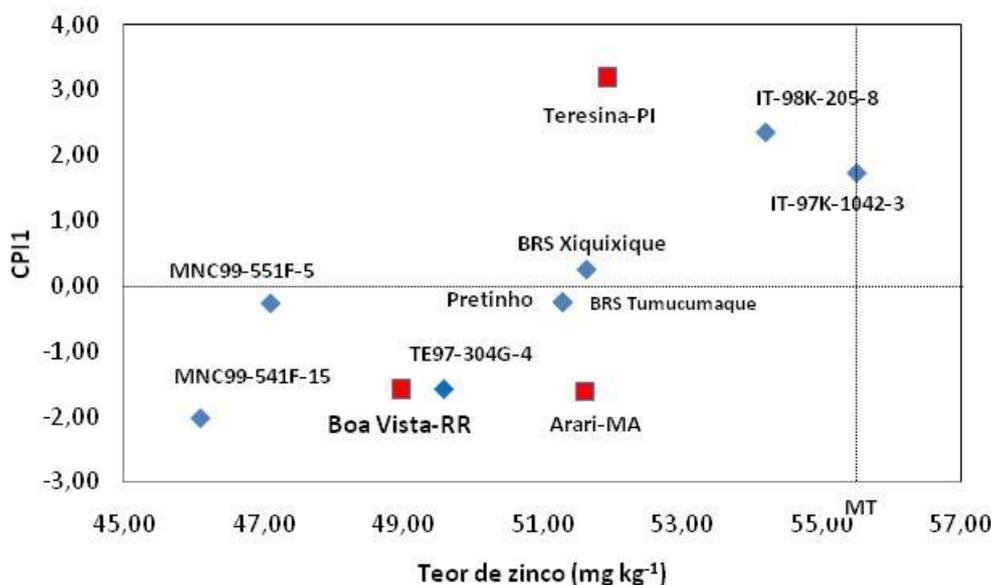
CPI/Eixo	Teor de ferro (mg kg <sup>-1</sup> )		Teor de zinco (mg kg <sup>-1</sup> )	
	Proporção/CPI	% Acumulada	Proporção/CPI	% Acumulada
1	0,88	87,76	0,95	95,41
2	0,12	100	0,05	100

Os escores estimados pelo modelo AMMI1 foram plotados em função dos teores de ferro via biplot AMMI1 (Figura 1). Observa-se que a cultivar BRS Tumucumaque foi a que apresentou menor interação genótipos x ambiente (escore próximo de zero, sentido vertical do biplot), portanto, alta estabilidade para o teor de ferro, relativamente aos demais genótipos. Por outro lado, a cultivar Pretinho apresentou alta interação genótipo x ambiente, portanto, baixa estabilidade. Maior adaptabilidade foi apresentada pela cultivar BRS Xiquexique (maior média, sentido horizontal do biplot), superando a testemunha IT-98K-205-8. O ambiente Arari-MA foi mais favorável para o teor de ferro e Boa Vista-RR, o menos favorável, no entanto, o mais estável.



**Figura 1** -. Biplot AMMI1: Componente principal da interação 1(CPI1) x teor de ferro de oito genótipos de feijão-caupi avaliados em três ambientes. Arari, MA; Boa Vista, RR; Teresina, PI; 2009. MT: média da testemunha.

Os escores estimados pelo modelo AMMI1 foram plotados em função dos teores de zinco por meio do biplot AMMI1 (Figura 2). Observa-se que os genótipos MNC99-551F-5, Pretinho, BRS Tumucumaque e BRS Xiquexique apresentaram menor interação genótipos x ambiente (escores próximo de zero, sentido vertical do biplot), portanto, alta estabilidade para o teor de ferro, relativamente aos demais genótipos. Por outro lado, as linhagens IT-98K-205-8 e MNC99-541F-15 apresentaram alta interação genótipo x ambiente, portanto, baixa estabilidade. Maior adaptabilidade foi apresentada pela linhagem (testemunha) IT-97K-1042-3 (maior média). O ambiente Teresina-PI foi mais favorável para o teor de zinco, no entanto, o mais instável, e Boa Vista-RR, o menos favorável. Arari-MA e Boa Vista-RR foram mais estáveis que Teresina-PI.



**Figura 2.** Biplot AMMI1: Componente principal da interação 1(CPI1) x teor de zinco de oito genótipos de feijão-caupi avaliados em três ambientes. Arari, MA; Boa Vista, RR; Teresina, PI; 2009. MT: média da testemunha.

### Conclusões

As cultivares BRS Xiquexique, BRS Tumucumaque e Pretinho apresentam genes para alta estabilidade e média adaptabilidade para o teor de zinco; já as linhagens IT-97K-1042-3 e IT-98K-205-8 apresentam alta adaptabilidade e baixa estabilidade. A cultivar BRS Tumucumaque apresenta genes para alta estabilidade para o teor de ferro, porém, baixa adaptabilidade; a cultivar BRS Xiquexique apresenta alta adaptabilidade, no entanto, média estabilidade.

### Agradecimentos

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

### Referências

- AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis**. 15.ed. Washington: AOAC, 1990.
- GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. AMMI analysis of yield trials. In: KANG, M. S.; GAUCH, H. G. **Genotype by environment interaction**. Boca Raton: CRS Press. 1990. p.85-122,
- NUTTI, M.; CARVALHO, J. L. V.; WATANABE, E. **A biofortificação como ferramenta para combater as deficiências em micronutrientes**. 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. M.; SANTOS, A. M. F.; VILARINHO, A. A.; BARRETO, A. L. H.; FRANCO, L. J. D.; SILVA, A. B.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; FREIRE FILHO, F. R.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. 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**. Rio de Janeiro/Aracaju: Embrapa Agroindústria de Alimentos/Embrapa Tabuleiros Costeiros. 1 CD-ROM.
- RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; CERUTTI, T.; MAZIERO, S. D.; POERSCH, N. L. Composição de microminerais em cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 267-273, 2008.
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análise química em plantas**. Piracicaba: ESALQ. 1974. 54p.
- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT software**: changes and enhancements through release 6.12. Cary: SAS Institute, 1997. 1116p.
- SING, B. B.; AJEIGBE, H. A.; SINGH, Y. V. Breeding high yielding cowpea varieties enhanced quality and nutritional traits. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009, Belém. **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p.39-47.