

## Identificação de Linhagens Elite de Feijoeiro-comum com Altos Teores de Ferro e Zinco nos Grãos<sup>1</sup>

Saulo Muniz Martins<sup>2</sup>, Renata Cristina Alvares<sup>3</sup>, Helton Santos Pereira<sup>4</sup>, Leonardo Cunha Melo<sup>5</sup>, Patrícia Guimarães Santos Melo<sup>6</sup>, Luís Cláudio de Faria<sup>7</sup>, Thiago Lívio Pessoa Oliveira de Souza<sup>8</sup>, Adriane Wendland<sup>9</sup>, Maria José Del Peloso<sup>10</sup>.

### Resumo

Este trabalho teve por objetivo selecionar entre linhagens elite de feijão carioca, aquelas com maiores teores de ferro e zinco nos grãos para realização de novos cruzamentos visando o aumento dos teores desses minerais, bem como estimar parâmetros genéticos para esses caracteres. Para isto foram avaliadas 68 linhagens em campo em Santo Antônio de Goiás na época do inverno em 2011. As sementes obtidas foram analisadas para o teor de Ferro (TFe) e teor de Zinco (TZn) nos grãos. O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com duas repetições. Foram realizadas análises de variância para cada caráter e estimados parâmetros genéticos com a herdabilidade e o ganho esperado com a seleção. Para ambos os caracteres foram observadas diferenças entre as linhagens, evidenciando a existência de variabilidade genética no conjunto de linhagens. As estimativas de herdabilidade para TFe (52,54%) e TZn (26,34%) evidenciaram a possibilidade de ganhos com a seleção. O ganho esperado com a seleção (GS) das 10% melhores linhagens foi de 12,22% para TFe e 4,36% para TZn. Foram identificadas linhagens com maiores TFe e/ou TZn do que cultivares comerciais.

### Introdução

A ingestão insuficiente de alimentos, seja por razões econômicas, culturais ou religiosas, pode desencadear uma série de problemas de saúde, devido à deficiência de minerais. A deficiência de ferro causa anemia (Cunha and Cunha, 1998) e a de zinco prejudica o crescimento e o sistema imunológico (Hambidge, 2000). A subnutrição continua a ser uma das causas de morbidade e mortalidade mais comuns principalmente entre crianças de todo o mundo. No Brasil, cerca de 13 milhões de pessoas passam fome ou sofrem com desnutrição (FAO, 2012).

Considerando que grande parcela da população brasileira tem o hábito de consumir feijão diariamente, principalmente às classes menos favorecidas, a utilização de alimentos fortificados constitui-se uma alternativa promissora, pois não altera a rotina, é prática e não requer custos adicionais para administração da dieta (Ribeiro et al. 2008). Nesse sentido o melhoramento genético tem relevante importância no que tange ao aumento da concentração dos teores de ferro e zinco nos grãos, como forma de assegurar a biodisponibilidade desses microminerais. Assim a disponibilização de cultivares de feijão com qualidade culinária, nutricional e funcional, agregada às características agronômicas de interesse contribui para a sustentabilidade da cadeia produtiva.

Diversos trabalhos tem relatado a existência de variabilidade genética para os teores de ferro e zinco em grãos de feijão, indicando a possibilidade de seleção de genótipos com teores mais elevados desses minerais. Linhagens com altos teores de ferro e zinco já foram identificadas em alguns trabalhos como de Beebe et al. (2000).

<sup>1</sup> Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor

<sup>2</sup> Mestrando do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas – UFG/Goiânia. Bolsista da CAPES. E-mail: munizsaulo1990@hotmail.com

<sup>3</sup> Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas – UFG/Goiânia. Bolsista do CNPq. E-mail: renataalvares08@hotmail.com

<sup>4</sup> Eng. Agrôn., Dr., Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: helton.pereira@embrapa.br

<sup>5</sup> Eng. Agrôn., Dr., Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: leonardo.melo@embrapa.br

<sup>6</sup> Professora do Departamento de Melhoramento de Plantas - UFG/Goiânia. e-mail: pgsantos@gmail.com

<sup>7</sup> Eng. Agrôn., Dr., Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: luis.faria@embrapa.br

<sup>8</sup> Eng. Agrôn., Dr., Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: thiago.souza@embrapa.br

<sup>9</sup> Eng. Agrôn., Dr., Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: adriane.wendland@embrapa.br

<sup>10</sup> Eng. Agrôn., Dr., Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: mariajose.peloso@embrapa.br

Na condução de um programa de melhoramento por hibridação, um dos pontos mais importantes é estabelecer quais genitores deverão ser cruzados, já que o número de linhagens disponíveis para realização dos cruzamentos é muito grande. Existem diversas metodologias para a escolha de genitores e populações segregante mais promissoras que são amplamente utilizadas no melhoramento do feijoeiro-comum e classificadas em duas categorias: a primeira delas envolve os procedimentos que utilizam apenas as informações dos genitores, e a segunda utiliza informações das progênes oriundas do cruzamento (Ramalho et al., 1993). Entre os métodos de escolha dos genitores que utilizam o seu próprio desempenho, o mais empregado é a própria média do caráter em questão.

Sempre que possível, na escolha dos genitores para realização de cruzamentos para determinado caráter, é importante que sejam considerados outros caracteres de importância agrônômica, pois esses são fundamentais para aceitação comercial de uma nova cultivar. Assim, uma maneira de se identificar linhagens com altos teores de ferro e zinco e que reúnam vários caracteres favoráveis é a avaliação de linhagens elite dos programas de melhoramento. Aliado a isso, durante o processo de seleção de linhagens é importante conhecer alguns parâmetros genéticos do caráter avaliado, para que a seleção seja mais eficiente.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi selecionar entre linhagens elite de feijão carioca, aquelas com maiores teores de ferro e zinco para realização de novos cruzamentos visando o aumento dos teores desses minerais e a associação de caracteres desejáveis, bem como estimar parâmetros genéticos para os teores de ferro e zinco.

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido na safra de inverno de 2011 em Santo Antônio de Goiás, GO (Latitude: 16°28'; Longitude: 49°17'; Altitude: 823 metros). Foram avaliadas 63 linhagens de feijão carioca e cinco testemunhas comerciais, sendo elas Pérola, BRS Cometa, BRS Estilo, IAC Alvorada e BRS Notável. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com duas repetições. As parcelas foram constituídas por duas linhas com quatro metros de comprimento e espaçamento entre linhas de 45 cm.

De cada parcela, foram retiradas amostras para determinação de TFe (Teor de ferro nos grãos) e TZn (Teor de zinco nos grãos). A análise de micronutrientes foi feita em triplicata por digestão ácida da matéria orgânica (com mistura nitro-perclórica 2:1), conforme técnica de espectrofotometria de absorção atômica por chama adaptada da Association of Official Analytical Chemists (1995). Após colheita, os grãos foram submetidos à lavagem rápida com água deionizada e à secagem posterior em estufa à 60°C por 12 horas (até umidade 6%). Os grãos secos foram moídos ( $\leq 200$  mesh) em moinho de esferas de óxido de zircônio (Retsch MM200) e recipientes em PTFE (Politetrafluoretileno) para evitar a contaminação de elementos metálicos, sendo a amostra pesada um dia após a moagem para equilíbrio da umidade.

Foi realizada a pré-digestão da amostra com a mistura ácida (50 °C/ 30 min.), seguida da digestão propriamente dita (100 °C/ 30 min.; 170 °C/ 3 horas; resfriamento a temperatura ambiente e nova adição de 2 mL de mistura ácida e digestão à 170 °C/ 3 horas). O extrato obtido foi diluído adequadamente e lido em espectrofotômetro de absorção atômica (AGILENT/VARIAN modelo SpectrAA 50 B) previamente calibrado com curva padrão para ferro e zinco. Os dados médios foram expressos em base seca, com base no teor de umidade da amostra obtido por método gravimétrico a 105°C até peso constante (Instituto Adolfo Lutz, 1995). As vidrarias e materiais utilizados na análise passaram por processo de lavagem especial com uma etapa de descontaminação com solução de ácido nítrico ou clorídrico 5 % (V:V) para evitar fontes de contaminação.

Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o aplicativo Genes, versão 2006 (Cruz, 2006). Os dados dos teores de Ferro e Zinco foram submetidos à análise de variância individual e foi estimado a acurácia seletiva (Rezende e Duarte, 2007), para verificação da precisão experimental dos ensaios. Também foram obtidas estimativas de parâmetros genéticos como variância genética, herdabilidade e ganho esperado com a seleção, conforme apresentado por Ramalho et al. (1993).

### Resultados e Discussão

Verificou-se que os coeficientes de variação (CV) foram baixos, tanto para TFe como para TZn, com valores de 11,4% e 9,3% respectivamente (Tabelas 1). Esses valores indicam alta precisão experimental, conforme sugerido por Pimentel-Gomes (2000). Através da acuraria seletiva, confirmou-se a boa precisão

experimental, já que foram encontradas estimativas de 0,73 para TFe, indicando precisão experimental alta e 0,65 para TZn, indicando precisão experimental moderada, segundo Cargnelutti and Storck (2009).

Foi detectada diferença significativa entre as linhagens ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 1), revelando que pelo menos um contraste entre médias foi diferente de zero, existindo assim, variabilidade genética nesse conjunto de linhagens para TFe. Essa variabilidade pode ser comprovada observando-se a amplitude das médias das linhagens, que variou de 42,4 a 89,2 mg/kg.

A existência de variabilidade entre as linhagens, detectada na análise de variância, foi confirmada pela relevante estimativa de herdabilidade no sentido restrito (52,64%), que é indicativo de boa possibilidade de seleção de linhagens superiores (Tabela 1). O ganho esperado com a seleção (GS) das 10% melhores linhagens (sete melhores) foi de 12,22% demonstrando a possibilidade de ganhos genéticos com a seleção. A média das 10% melhores linhagens (72,38 mg/kg) foi 17% superior à média das testemunhas (60,42 mg/kg), indicando que essas linhagens são superiores as cultivares utilizadas hoje, para TFe.

Para TZn foi detectada diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ), indicando que também existe variabilidade genética nesse conjunto de linhagens para aumento do TZn (Tabela 1). A amplitude das médias para TZn não foi tão acentuada quanto para TFe. As médias das linhagens variaram de 22,2 a 49,8 mg/kg, confirmando a existência de variabilidade entre as linhagens.

A estimativa de herdabilidade no sentido restrito (26,34%) foi menor para o TZn, indicando menor chance de sucesso com a seleção. O ganho esperado com a seleção (GS) das 10% melhores linhagens (sete melhores) foi de 4,36%, inferior ao GS obtido para TFe. Mesmo assim, o GS obtido demonstrou possibilidade de sucesso com a seleção. A média das 10% melhores linhagens (34,05 mg/kg) foi 12% superior à médias das testemunhas (29,93 mg/kg), revelando que existem linhagens superiores as cultivares comerciais para o TZn.

Observando os resultados da Tabela 2, nota-se que seis linhagens apresentaram maior TFe do que a cultivar de maior média (Pérola). Já para o TZn, as sete melhores linhagens foram superiores a melhor cultivar (IAC Alvorada). Entre essas linhagens, merece destaque a CNFC 15852, pois apresenta maior TFe e maior TZn do que as melhores cultivares. Além dessa, as linhagens CNFC 15865, CNFC 15839 e CNFC 15833 também apresentaram médias de TFe superiores a melhor testemunha.

Essas linhagens devem ser testadas em mais ambientes, juntamente com outras linhagens que conhecidamente apresentam maiores TFe e TZn, para que possam ser comparadas e caso se mantenham com altos teores desses minerais, podem ser utilizadas como genitores para programas de desenvolvimento de novas cultivares com altos TFe e TZn.

### Agradecimentos

À Universidade Federal de Goiás pela oportunidade de estudo, a CAPES pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor, a Embrapa Arroz e Feijão e ao programa Harvest Plus pelo financiamento do trabalho e ao CNPq pela concessão de bolsa de produtividade em desenvolvimento tecnológico e extensão inovadora ao terceiro, quarto e quinto autores e pela concessão de bolsa de doutorado a segunda autora.

### Referências

- Beebe S, Gonzales AV and Rengifo, J (2000) Research on trace minerals in the common bean. **Food Nutr Bull**, v.21, p.387–391.
- Blair MW, Astudillo C, Grusak M, Graham R and Beebe S (2009). Inheritance of seed iron and zinc content in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Molecular Breeding**, v.23, p.197-207.
- Cruz CD (2006). Programa Genes: Biometria. **Editora UFV**. Viçosa (MG). 382p.
- Cunha DF and CUNHA SFC (1998). Microminerais In: Dutra de Oliveira JE; Marchini JS. (Ed.). **Ciências nutricionais**. São Paulo: Sarvier. Cap. 9, p. 141-165.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (**FAO**) (2013). ProdSTAT; Consumption; TradeSTAT. Disponível em: <<http://www.fao.org/publications/sofi/en/>>. Acesso em: Abril.
- Gomes FP (2000). **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.13. ed.
- Hambidge M (2000). Human zinc deficiency. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 130, n. 5, p. 1344-1349.
- Ramalho MAP, Santos JB and Zimmermann MJdeO (1993). **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 271p.

Rezende MDV and Duarte JB (2007). Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, p.182-194.

Ribeiro NF (2008). Composição de microminerais em cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.267-273.

Tabela1. Resumo da análise de variância e estimativa de parâmetros genéticos para teores ferro e zinco.

FV	GL	Ferro			Zinco		
		QM	F	P-valor	QM	F	P-valor
Blocos	1	898,68			12,00		
Linhagens	67	95,05	2,111	0,0013	12,73	1,715	0,0143
Resíduo	67	45,01			7,425		
Total	135				135		
Média geral (mg/kg)	58,74				29,21		
CV <sup>1</sup> (%)	11,4				9,32		
AS <sup>2</sup>	0,73				0,65		
h <sup>2</sup> <sup>3</sup> (%)	52,64				26,34		
GS <sup>4</sup> (%)	12,22				4,36		

<sup>1</sup>CV: coeficiente de variação.; <sup>2</sup>AS: acurácia seletiva (AS); <sup>3</sup>h<sup>2</sup>: herdabilidade; <sup>4</sup>GS: ganho estimado com a seleção.

Tabela 2. Médias das linhagens com maiores e menores teores de ferro e de zinco, classificadas inicialmente pelo teor de ferro e posteriormente pelo teor de zinco em mg/kg.

Classificação pelo teor de ferro				Classificação pelo teor de zinco			
Classificação	Linhagem	TFe	TZn	Classificação	Linhagem	TFe	TZn
1	CNFC 15852	78,30	40,74	1	CNFC 15852	78,30	40,74
2	CNFC 15865	78,06	32,40	2	CNFC 15839	74,27	33,86
3	CNFC 15839	74,27	33,86	3	CNFC 15833	73,78	33,24
4	CNFC 15833	73,78	33,24	4	CNFC 15812	60,89	33,08
5	CNFC 15705	69,73	29,32	5	CNFC 15750	65,13	32,72
6	CNFC 15822	66,30	29,60	6	CNFC 15865	78,06	32,40
8	CNFC 15714	66,19	24,20	7	CNFC 15719	65,47	32,28
7	Pérola	66,26	29,72	8	IAC Alvorada	56,03	32,26
14	BRS Estilo	64,55	29,30	15	BRS Cometa	62,02	30,93
22	BRS Cometa	62,02	30,93	27	Pérola	66,26	29,72
41	IAC Alvorada	56,03	32,26	30	BRS Estilo	64,55	29,30
55	BRS Notável	53,22	27,44	50	BRS Notável	53,22	27,44
62	CNFC 15857	49,60	27,90	62	CNFC 15710	48,45	26,45
63	CNFC 15712	49,50	27,20	63	CNFC 15775	58,59	26,35
64	CNFC 15850	49,10	28,80	64	CNFC 15802	59,53	26,27
65	CNFC 15836	48,80	26,10	65	CNFC 15836	48,84	26,12
66	CNFC 15710	48,50	26,50	66	CNFC 15743	58,23	25,45
67	CNFC 15828	47,10	25,30	67	CNFC 15828	47,13	25,28
68	CNFC 15731	46,80	27,40	68	CNFC 15714	66,19	24,20