

27 A 29 DE OUTUBRO DE 2020



ON LINE

7º Simpósio de  
Segurança Alimentar

Inovação com sustentabilidade

# NOVAS LINHAGENS DE FEIJÃO ANDINO BIOFORTIFICADAS PARA MICROMINERAIS E DE ALTA QUALIDADE TECNOLÓGICA

N.D. Ribeiro<sup>1</sup>, H.C. Mezzomo<sup>1</sup>, G.R. Kläsener<sup>1</sup>

1-Departamento de Fitotecnia – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais – CEP: 97105-900 – Santa Maria – RS – Brasil, Telefone: 55 (55) 3220-8357 – Fax: 55 (55) 3220-8899 – e-mail: nerineia@hotmail.com

**RESUMO** – Os objetivos desse trabalho foram desenvolver novas linhagens de feijão Andino biofortificadas para microminerais e de alta qualidade tecnológica e selecionar linhagens de feijão superiores. As linhagens de feijão avaliadas foram obtidas a partir do cruzamento entre as cultivares Hooter e Cal 96. As linhagens de feijão *cranberry* DFA 39-18 e DFA 01-18 possuem grãos muito claros ( $L^* \geq 52,18$ ), com tonalidades vermelho claro ( $a^* \leq 9,49$ ) e amarelo claro ( $b^* \leq 16,00$ ), grãos grandes ( $> 40$  g) e alta concentração de ferro ( $\geq 95,00$  mg  $kg^{-1}$  de matéria seca - MS), ou seja, tem alta qualidade tecnológica e são biofortificadas. As linhagens de feijão *red mottled* DFA 03-18, DFA 27-18 e DFA 44-18 mostram alta qualidade tecnológica: grãos escuros ( $33,11 < L^* < 37,28$ ), com tonalidades vermelho claro ( $16,24 < a^* < 18,72$ ) e amarelo muito claro ( $b^* \leq 9,45$ ) e grãos grandes ( $> 40$  g).

**ABSTRACT** – The objectives of this study were to develop new micromineral-biofortified Andean common bean lines and with high technological quality and to select superior common bean lines. The common bean lines evaluated were obtained for cross between cultivars Hooter and Cal 96. Grains of the cranberry bean lines DFA 39-18 and DFA 01-18 are very light ( $L^* \geq 52.18$ ), with light red ( $a^* \leq 9.49$ ) and light yellow ( $b^* \leq 16.00$ ) shades; large grains ( $> 40$  g); and have high iron concentrations ( $\geq 95.00$  mg  $kg^{-1}$  dry matter -DM), i.e., have high technological quality and are biofortified. Grains of the red mottled bean lines DFA 03-18, DFA 27-18 and DFA 44-18 exhibit high technological quality, i.e., are dark ( $33.11 < L^* < 37.28$ ), light red ( $16.24 < a^* < 18.72$ ) and very light yellow ( $b^* \leq 9.45$ ) shades, and large grains ( $> 40$  g).

**PALAVRAS-CHAVE:** *Phaseolus vulgaris*; distribuição de frequência; índice de seleção; padrão de cor.

**KEYWORDS:** *Phaseolus vulgaris*; frequency distribution; selection index; color pattern.

## 1. INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é cultivado em regiões tropicais, subtropicais e temperadas em vários países. A diversidade de condições em que se produz feijão nos diferentes continentes proporcionou que uma grande diversidade de cores e tamanhos de grãos tenha sido preservada por gerações de agricultores.

No Brasil, os tipos de grãos de feijão mais produzidos e consumidos são o carioca (tegumento bege e estrias marrons) e o preto. O cultivo de grãos de feijão Andino com grãos *cranberry* (tegumento creme claro com rajadas e manchas vermelhas) e *red mottled* (tegumento vermelho escuro com rajadas creme) ainda é realizado em pequena escala. Por isso, a produção destes tipos de grãos garante alta rentabilidade ao agricultor, contribuindo para a sustentabilidade da agricultura familiar. Esses tipos de grãos de feijão, também, apresentam grande demanda no mercado internacional, podendo aumentar a quantidade de feijão que é exportada. Além disso, grãos de feijão *cranberry* e *red mottled* apresentam alto valor nutricional (Ribeiro et al., 2014a).

O desenvolvimento de novas linhagens de feijão com grãos *cranberry* e *red mottled*, que sejam adaptadas às condições de cultivo no Brasil, representa avanços tecnológicos. Se essas linhagens forem biofortificadas para ferro e zinco poderão ser utilizadas na alimentação para resolver problemas de má nutrição que

REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO



www.officeeventos.com.br



afetam pessoas de todas as idades e classes sociais, especialmente em países da África, Ásia e América Latina. Adicionalmente, se as novas linhagens de feijão com grãos *cranberry* e *red mottled* possuírem grãos com alta qualidade tecnológica, ou seja, coloração e tamanho de grãos que atendam a preferência dos consumidores, a adoção dessas novas linhagens de feijão para o cultivo e consumo será imediata. Sendo assim, os objetivos desse trabalho foram desenvolver novas linhagens de feijão *cranberry* e *red mottled* biofortificadas para microminerais e de alta qualidade tecnológica e selecionar linhagens superiores para esses caracteres.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As 52 linhagens de feijão Andino em geração  $F_{5:7}$  foram obtidas a partir do cruzamento entre as cultivares Hooter  $\times$  Cal 96. A Hooter apresenta grãos *cranberry* e foi lançada em 2009 pela Seminis Seed Company para o cultivo nos Estados Unidos. A Cal 96 possui grãos *red mottled* e foi lançada em 1998 pela National Agricultural Research Organization para cultivo na Uganda. Essas cultivares mostraram-se adaptadas às condições de cultivo na região Sul do Brasil (Ribeiro et al., 2014b) e diferiram quanto as concentrações de ferro e de zinco (Ribeiro et al., 2014a).

O experimento foi instalado no dia 27 de fevereiro de 2018 na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa, Santa Maria, Rio Grande do Sul (RS), Brasil. O delineamento experimental usado foi o látice simples  $8 \times 8$ , com duas repetições. Um total de 64 genótipos de feijão Andino foram avaliados, sendo 52 linhagens  $F_{5:7}$ , duas cultivares parentais (Hooter e Cal 96) e 10 cultivares testemunhas (Iraí, BRS MG Realce, Pérola, Carioca, BRS Estilo, Fepagro Garapiá, IAC Imperador, IPR Tangará, IPR Siriri e SCS Riqueza). Apenas as cultivares Iraí e BRS MG Realce apresentam grãos *cranberry*, as demais cultivares testemunhas possuem grãos carioca. A parcela experimental foi constituída de uma linha de 1 m de comprimento, espaçada a 0,5 m, sendo semeadas 15 sementes por metro linear. As práticas de manejo empregadas seguiram as recomendações técnicas para a cultura do feijão no RS (Ctsbf, 2012).

A colheita e a trilha das plantas foram realizadas de forma manual na maturação para evitar danos mecânicos e contaminação dos grãos. Os grãos foram secos em estufa a 40°C até 13% de umidade e mantidos sob refrigeração (temperatura de 5°C e umidade relativa do ar de 75%) durante todo o período de avaliação.

A coloração dos grãos foi medida em um colorímetro, usando a escala da International Commission on Illumination (CIE) que compreende três eixos: (1)  $L^*$  indica a luminosidade, variando de 0 (escuro) a 100 (claro); (2) cromaticidade  $a^*$  determina o grau das cores verde e vermelho; e (3) cromaticidade  $b^*$  avalia o grau das cores azul e amarelo. A massa de 100 grãos foi determinada pela pesagem de três amostras aleatórias de 100 grãos. A concentração de microminerais foi avaliada por digestão com ácido nítrico e perclórico, seguindo a metodologia descrita por Miyazawa et al. (2009) e leitura em um espectrofotômetro de absorção atômica.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância. A distribuição de frequência para as médias dos caracteres avaliados foi testada para a normalidade pelo teste de Lilliefors (valor de  $p < 0,05$ ). Os histogramas de distribuição de frequência foram elaborados para cada caractere avaliado, sendo o número de classes definido pela expressão  $\sqrt{n}$ , sendo  $n$  = número de observações.

Para a seleção de linhagens de feijão Andino superiores para os caracteres da qualidade tecnológica e concentração de microminerais foi aplicado o índice multiplicativo (Subandi et al., 1973). A seleção foi efetuada no sentido de selecionar linhagens de feijão com grãos *cranberry* (padrão Hooter), ou seja, seleção direta para valor de  $L^*$ , massa de 100 grãos e concentração de ferro e seleção inversa para os valores de  $a^*$  e  $b^*$ . A seleção de linhagens de feijão com grãos *red mottled* (padrão Cal 96) também foi realizada, considerando seleção direta para massa de 100 grãos e concentração de ferro e seleção inversa para os valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . As análises estatísticas foram realizadas no programa Genes (Cruz, 2016).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

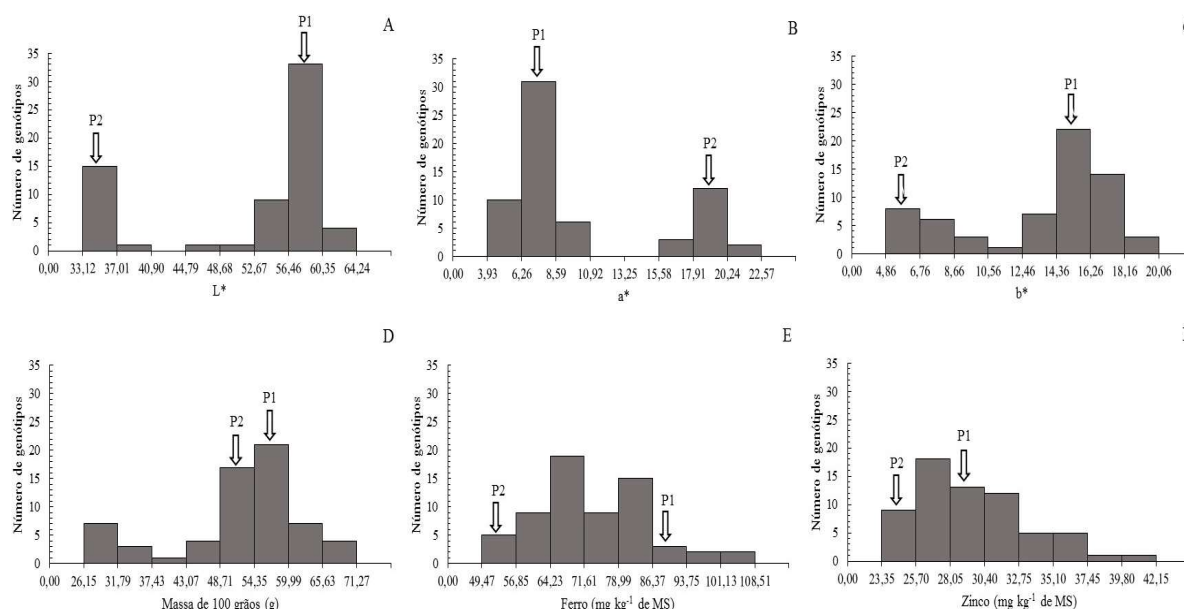
Efeito significativo para genótipo (valor de  $p < 0,05$ ) foi observado para todos os caracteres avaliados, exceto para a concentração de zinco. Portanto, há variabilidade genética para a coloração dos grãos (valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), massa de 100 grãos e concentração de ferro e isso possibilita a seleção de linhagens de feijão Andino com grãos *cranberry* e *red mottled* com alta qualidade tecnológica e biofortificadas para microminerais.

Os valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  não apresentaram uma distribuição normal pelo teste de Lilliefors (Figuras 1A, 1B e 1C). Valores de  $L^*$  de 33,12 a 45,65 foram observados para grãos de feijão *red mottled* e de 46,00 a 62,24 para grãos de feijão *cranberry* e carioca. Genótipos de feijão com grãos *cranberry* e carioca precisam ter grãos muito claros ( $>$  valor de  $L^*$ ) para serem aceitos pelos consumidores, que associam a maior claridade à grãos de colheita recente e de cozimento rápido. Para feijão carioca, Ribeiro et al. (2008) propuseram  $L^* \geq 55,00$  como padrão de claridade de grãos. Para feijão *cranberry* não se encontrou nenhuma proposta de padrão de  $L^*$  que atenda a preferência dos consumidores. No presente estudo, as linhagens de feijão *cranberry* e as três cultivares deste tipo de grão (Hooter, Iraí e BRS MG Realce) não diferiram para o valor de  $L^*$ . Por isso, propõem-se como padrão a ser utilizado na seleção de linhagens de feijão *cranberry*  $L^* \geq 52,18$ , que corresponde a claridade dos grãos das cultivares Hooter, Iraí e BRS MG Realce que já são comercializadas.

Genótipos de feijão *red mottled* apresentaram grãos mais escuros ( $<$  valor de  $L^*$ ) quando comparados com os genótipos de feijão carioca e *cranberry*. O valor de  $L^*$  da cultivar Cal 96 não diferiu das demais linhagens com esse tipo de grão, exceto a linhagem DFA 33-18 ( $L^* = 45,65$ ). Sendo assim, é possível afirmar que linhagens de feijão *red mottled* com  $L^*$  de 33,11 a 37,28 têm grandes chances de atenderem a demanda dos consumidores de feijão, pois apresentam claridade de grãos semelhante a cultivar Cal 96, que é amplamente utilizada na alimentação.

Para feijão *cranberry*, as linhagens que exibiram as tonalidades mais claras de vermelho ( $a^* \leq 9,49$ ) e de amarelo ( $b^* \leq 16,00$ ) não diferiram das cultivares testemunhas com esse tipo de grão: Hooter, Iraí e BRS MG Realce. Portanto, visando a seleção de linhagens de feijão *cranberry* com maior claridade de grãos, os seguintes padrões são recomendados:  $L^* \geq 52,18$ ,  $a^* \leq 9,49$  e  $b^* \leq 16,00$ . Todavia, para feijão *red mottled* a coloração dos grãos é mais escura, representada pelos menores valores de  $L^*$  e  $b^*$  e maior valor de  $a^*$ . As linhagens de feijão *red mottled* que não diferiram da cultivar testemunha Cal 96 exibiram:  $33,11 < L^* < 37,28$ ,  $16,24 < a^* < 18,72$  e  $b^* \leq 9,45$ , sendo esses os padrões de coloração de grãos indicados na seleção de linhagens superiores.

Figura 1 - Histogramas da coloração do tegumento dos grãos (valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), massa de 100 grãos e concentração de ferro e de zinco avaliados em linhagens de feijão Andino na geração  $F_{5;7}$  obtidos do cruzamento entre as cultivares Hooter (P1) e Cal 96 (P2).



Uma distribuição normal foi constatada para os valores de massa de 100 grãos, concentração de ferro e de zinco (Figuras 1D, 1E e 1F). Os genótipos de feijão foram agrupados em dois grupos de tamanho para a massa de 100 grãos: (1) médios (25 a 40 g): todas as cultivares de feijão carioca, as cultivares de grãos *cranberry* Iraí e



BRS MG Realce e a linhagem de feijão *red mottled* DFA 38-18; e (2) e grandes ( $> 40$  g): todos os demais genótipos de feijão avaliados (Figura 1D), considerando as classes de tamanho de grãos apresentadas por Blair et al. (2010).

Nas linhagens obtidas a partir do cruzamento entre as cultivares Hooter  $\times$  Cal 96, a concentração de ferro variou de 49,47 a 108,51 mg kg<sup>-1</sup> de MS (Figura 1E) e a concentração de zinco observada foi de 23,35 a 42,15 mg kg<sup>-1</sup> de MS (Figura 1F). Três linhagens de feijão *cranberry* DFA 01-18, DFA 39-18 e DFA 45-18 e uma linhagem de feijão *red mottled* DFA 12-18 apresentaram alta concentração de ferro, definida previamente por Ribeiro et al. (2013) como  $\geq 95,00$  mg kg<sup>-1</sup> de MS. Incluir cultivares de feijão biofortificadas para ferro na alimentação é importante para a prevenção de manifestações clínicas relacionadas a deficiência de ferro. Camaschella (2015) relacionou os principais sintomas decorrentes da deficiência de ferro no organismo humano, a citar: anemia, fraqueza, fadiga, dificuldade de concentração e baixa produtividade no trabalho.

Embora o efeito de genótipo não tenha sido significativo para a concentração de zinco foi possível obter 13 linhagens de feijão *cranberry* e quatro linhagens de feijão *red mottled* com concentração de zinco  $\geq 31,00$  mg kg<sup>-1</sup> de MS. Esse valor é referência para os programas de biofortificação de zinco, pois de acordo com Tryphone e Nchimbi-Msolla (2010) caracterizam alta concentração de zinco em feijão. A manifestação clínica da deficiência de zinco no organismo humano provoca atraso no crescimento, disfunção imune e comprometimento cognitivo (Prasad, 2014). Por isso, incluir cultivares de feijão biofortificadas para zinco na alimentação pode representar benefícios para a saúde.

O emprego do índice multiplicativo possibilitou a seleção dos seis genótipos superiores de feijão *cranberry* para todos os caracteres avaliados: DFA 39-18, DFA 32-18, DFA 05-18, DFA 01-18, Hooter e DFA 26-18 (Tabela 1). Todos os genótipos selecionados apresentaram alto valor de L\* ( $\geq 52,18$ ), que caracteriza grãos muito claros; baixo valor de a\* ( $\leq 9,49$ ), indicando uma tonalidade vermelho claro; baixo valor de b\* ( $\leq 16,00$ ), característico da tonalidade amarelo claro; e tamanho grande (massa de 100 grãos  $> 40$  g), ou seja, possuem alta qualidade tecnológica. Entretanto, apenas as linhagens DFA 39-18 e DFA 01-18 foram biofortificadas para ferro.

As linhagens de feijão *red mottled* superiores DFA 03-18, DFA 27-18 e DFA 44-18 se destacaram pela alta qualidade tecnológica: baixo valor de L\* ( $33,11 < L^* < 37,28$ ), que caracteriza grãos escuros; baixo valor de a\* ( $16,24 < a^* < 18,72$ ), indicando uma tonalidade vermelho claro; baixo valor de b\* ( $\leq 9,45$ ), característico do tom amarelo muito claro; e tamanho grande (massa de 100 grãos  $> 40$  g). Todavia nenhuma dessas linhagens foi biofortificada para ferro.

Tabela 1 – Genótipos superiores de feijão *cranberry* e *red mottled* selecionados pelo índice multiplicativo para os caracteres luminosidade (L\*), cromaticidade a\* (a\*), cromaticidade b\* (b\*), massa de 100 grãos (M100G) e concentração de ferro (Fe, mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca).

Caractere	Genótipos selecionados (feijão <i>cranberry</i> )					
	DFA 39-18	DFA 32-18	DFA 05-18	DFA 01-18	Hooter	DFA 26-18
L*	58.51	64.24	58.56	59.04	59.12	59.57
a*	6.99	5.98	5.78	7.31	6.80	7.11
b*	15.42	14.71	11.82	15.90	15.91	13.83
M100G	71.24	60.63	45.53	58.19	57.84	58.91
Fe	108.52	75.52	84.32	107.17	90.57	79.52
Caractere	Genótipos selecionados (feijão <i>red mottled</i> )					
	DFA 33-18	DFA 39-18	DFA 27-18	DFA 44-18	DFA 05-18	DFA 01-18
L*	35.47	58.51	33.11	33.23	58.56	59.04
a*	16.24	6.99	18.64	18.21	5.78	7.31
b*	5.07	15.42	5.77	5.54	11.82	15.90
M100G	69.31	71.24	54.18	51.62	45.53	58.19
Fe	52.77	108.52	70.77	66.62	84.32	107.17

#### 4. CONCLUSÕES

As linhagens de feijão *cranberry* DFA 39-18 e DFA 01-18 apresentam grãos muito claros (L\*  $\geq 52,18$ ), com tonalidades vermelho claro (a\*  $\leq 9,49$ ) e amarelo claro (b\*  $\leq 16,00$ ), de tamanho grande (massa de 100 grãos



> 40 g) e com alta concentração de ferro ( $\geq 95,00 \text{ mg kg}^{-1}$  de matéria seca). Essas linhagens têm alta qualidade tecnológica e são biofortificadas para ferro.

As linhagens de feijão *red mottled* DFA 03-18, DFA 27-18 e DFA 44-18 mostram alta qualidade tecnológica: grãos escuros ( $33,11 < L^* < 37,28$ ), com tonalidades vermelho claro ( $16,24 < a^* < 18,72$ ) e amarelo muito claro ( $b^* \leq 9,45$ ) e de tamanho grande (massa de 100 grãos >40 g).

## 5. AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro e bolsas concedidas. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blair, M. W., González, L. F., Kimani, P. M., & Butare, L. (2010). Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. *Theoretical and Applied Genetics*, 121(2), 237-248.
- Camaschella, C. (2015). Iron-deficiency anemia. *The New England Journal of Medicine*, 372(19), 1832-1843.
- Cruz, C. D. (2016). Software Genes – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 38(4), 547-552.
- Ctsbf, Comissão Técnica Sul Brasileira de Feijão. (2012). *Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira 2012*. Florianópolis: EPAGRI.
- Miyazawa, M., Pavan, M. A., Muraoka, T., do Carmo, C. A. F. S., & Melo, W. J. (2009). Análise química de tecido vegetal. In: Silva, F. C. ed. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes* (2.ed). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- Prasad, A. S. (2014). Impact of the discovery of human zinc deficiency on health. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 28, 357-363.
- Ribeiro, N. D., Storck, L., & Poersch, N. L. (2008). Classificação de lotes comerciais de feijão por meio da claridade do tegumento dos grãos. *Ciência Rural*, 38(7), 2042-2045.
- Ribeiro, N. D., Domingues, L. da S., Zemolin, A. E. M., & Possobom, M. T. D. F. (2013). Selection of common bean lines with high agronomic performance and high calcium and iron concentrations. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(10), 1368-1375.
- Ribeiro, N. D., Rodrigues, J. de A., Prigol, M., Nogueira, C. W., Storck, L., & Gruhn, E. M. ((2014a). Evaluation of special grains bean lines for grain yield, cooking time and mineral concentration. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 14(1), 15-22.
- Ribeiro, N. D., Domingues, L. da S., Gruhn, E. M., Zemolin, A. E. M., & Rodrigues, J. de A. (2014b). Desempenho agrônomo e qualidade de cozimento de linhagens de feijão de grãos especiais. *Revista Ciência Agronômica*, 45(1), 92-100.
- Subandi, W., Compton, A., & Empig, L. T. (1973). Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two variety crosses of corn. *Crop Science*, 13(2), 184-186.
- Tryphone, G. M., & Nchimbi-Msolla, S. (2010). Diversity of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes in iron and zinc contents under screenhouse conditions. *African Journal of Agricultural Research*, 5(8), 738-747.