

# Estabilidade dos Teores de Minerais em Grãos de Variedades de Milho

Marcus Reis Sena<sup>1</sup>, Paulo Evaristo de Oliveira Guimarães<sup>2</sup>, João Cândido Souza<sup>3</sup>, Lígia Palheiros Costa<sup>4</sup>, Robert Eugene Schafert<sup>2</sup>, Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro<sup>2</sup>, Cleso Antônio Patto Pacheco<sup>2</sup>.

## Introdução

Uma grande parcela da população mundial, por consumir dietas pobres em micronutrientes essenciais - particularmente ferro, zinco, vitamina A e iodo, sofre de morte prematura e de deterioração de sua capacidade cognitiva. A introdução de produtos agrícolas biofortificados - variedades melhoradas que apresentam um conteúdo maior de minerais e vitaminas - complementar as intervenções em nutrição já existentes. O programa Harvest Plus ([www.harvestplus.org](http://www.harvestplus.org)), com a integração de diversas instituições, vem buscando a geração de tecnologia e conhecimento para o desenvolvimento de cultivares com maiores teores de carotenóides precursores da Vitamina A, ferro e zinco e que sejam aceitos tanto por agricultores como pelos consumidores em países em desenvolvimento.

Tais cultivares, para atingir o objetivo esperado, devem possuir estabilidade do teor de minerais e vitaminas. O objetivo foi o de estimar a variabilidade, a interação genótipos x ambientes e a estabilidade do teor de minerais em variedades comerciais de milho de polinização aberta.

## Material e Métodos

Foram utilizados materiais avaliados no Ensaio Nacional de Variedades conduzido pela Embrapa Milho e Sorgo na safra de 2004/2005. Foram utilizadas 36 variedades: AL Alvorada (1); AL Bandeirante (2); AL Bianco (3); AL Ipiranga (4); AL Piratininga (5); AL 34 (6); BR 106 (7); BR 473 (8); BR 5011-Sertanejo (9); BR 5039 - São Vicente (10); BRS 2020 (11); BRS 4150 (12); BRS 4154 - Saracura (13); BRS Eldorado (14); BRS Planalto (15); Sindentado (16); Encapa 202 (17); Missões (18); SHS 3031 (19); UFVM 100 (20); UFVM 200 (21); BR 473 cIII (22); Fundacep 34 (23); Fundacep 35 (24); Sintético Nacional (25); Sintético Elite (26); BR 451 (27); BR São Francisco (28); BR 5033 - Asa Branca (29); BRS Assum Preto (30); BRS Caatingueiro (31); BRS Sol da Manhã (32); CMS 101 (33); CMS 102 (34); CMS 103 (35) e CMS 104 (36).

Foram coletadas amostras de grãos (obtidas da mistura balanceada de todas as espigas de cada parcela) em cinco ambientes: Sete Lagoas - MG com alto nível de fertilizantes (300 kg/ha de 828-16 NPK), com baixo nitrogênio (sem aplicação de nitrogênio em cobertura) e alto nitrogênio (200 kg em cobertura), Planaltina-DF e Santo Antônio de Goiás-GO. As adubações foram de acordo com a análise química do solo de cada local, exceto para aquelas onde houve variação no nível de nitrogênio aplicado. Os demais tratamentos culturais foram os normalmente recomendados para a cultura em cada região.

A análise dos grãos de milho por espectrometria de plasma, seguindo procedimentos de Silva [1], foi utilizada para a determinação das concentrações de ferro (Fe) e zinco (Zn), minerais-alvo do programa Harvest Plus. Esta mesma análise também determina simultaneamente as concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), manganês (Mn), alumínio (Al), cobre (Cu) e bário (Ba). Para melhor elucidar a ocorrência da interação genótipos x ambientes no teor de minerais em grãos, foi utilizado o método multivariado AMMI (Additive Multiplicative Models Interactions) desenvolvido por Gauch e Zobel [2], segundo Duarte e Vencosky [3].

## Resultados e Discussão

Constatou-se diferença significativa entre as variedades para cinco dos elementos analisados (Tabela 1). Dentre os elementos que não apresentaram significância, é importante ressaltar a falta de variabilidade para o Fe, pois este elemento é um dos alvos do programa Harvest Plus. Com relação ao ambiente, todos apresentaram diferenças significativas, indicando efeito ambiental sobre estes elementos devido, provavelmente, aos diferentes níveis de nutrientes presentes no solo e às diferentes adubações aplicadas. Os demais minerais Al, Cu e Ba apresentaram coeficientes de variação de grande magnitude (resultados não apresentados), provavelmente devido à contaminação, comprometendo as estimativas de suas concentrações e as inferências a respeito dos efeitos genéticos, ambientais e interações.

Para Ca, Mg, K e Fe a interação genótipos x ambientes

1. Doutorando em Genética e Melhoramento de Plantas Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras, sala 214, Lavras, MG, CEP 37200-000. E-mail: mreissena@yahoo.com.br.

2. Pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo. Rodovia MG 424 - Km 65 Caixa Postal 151 35701-970, Sete Lagoas. E-mail: evaristo@cnpmc.embrapa.br; schaffer@cnpmc.embrapa.br; pauloedu@cnpmc.embrapa.br; cleso@cnpmc.embrapa.br

3. Professor Titular do Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras, sala 214, Lavras, MG, CEP 37200-000. E-mail: cansouza@ufla.br

4. Graduanda em Biologia/PUC-MG. Rodovia MG 424 - Km 65 Caixa Postal 151 35701-970, Sete Lagoas. E-mail: ligia\_cm@yahoo.com.br.

Apoio financeiro: Harvest Plus e CNPq.

não foi significativa, indicando que não houve mudança significativa na posição relativa das variedades quanto as concentrações desses minerais nos diversos ambientes testados. Para P, Mn e Zn esta interação foi significativa, indicando que para esses minerais será mais difícil o desenvolvimento de cultivares que apresentem altos teores em diversas condições ambientais.

Em geral a amplitude de variação foi em torno de 40% sendo as maiores apresentadas por Ca, K e Mn (Tabela 1).

Com a utilização do método AMMI, os dois primeiros componentes principais (CPA's), para os três elementos onde a interação genótipos x ambientes foi significativa, explicaram mais de 70% da variação atribuída à interação (Tabela 2). Essa condição é favorável à interpretação dos resultados utilizando esse método.

Constatou-se que o primeiro CPA, para P e Zn, explicou mais de 50% da variação e no Mn 41,59%. Por essa razão, os resultados foram interpretados utilizando apenas esse componente principal (Tabela 3). Por essa metodologia é possível verificar quais variedades contribuíram menos para a interação, ou seja, aquelas cujo escore do CPA apresenta menor magnitude.

O P apresentou variação de 2084,9 a 2637,2 mg/kg e as variedades mais estáveis foram: Caatingueiro (31), BR 473 cIII (22) e BR 106 (7) por apresentarem escore do CPA de -0,14; 0,87 e -0,99 respectivamente (Tabela 3). As de menor estabilidade foram as AL Bandeirante (2), AL Ipiranga (4) e Fundacep 34 (23) com escore do CPA de 10,02; 10,64 e -15,09, respectivamente. Com relação ao Mn as mais estáveis foram AL Alvorada (1), Fundacep 34 (23), BR 451 (27) e BRS Planalto (15) apresentando as três primeiras, escores de 0,02 e a última -0,03. A BR 5039 – São Vicente (10) e AL 34 (6) foram as mais instáveis por apresentarem escores de 0,81 e 1,00 respectivamente. O teor de zinco variou de 16,1 a 20,6 mg/kg, sendo que a variedade BRS Assum Preto (30), acompanhada pela BRS Sol da Manhã (32) e BRS 4154 – Saracura (13), atingiram os valores médios mais altos dentre as variedades testadas. Para o teor de Zn, geralmente os genótipos de maior média apresentaram CPA's de maior magnitude o que mostra a maior contribuição das cultivares de maiores teores para a interação, isso pode ser explicado pelo fato de que estas variedades mantiveram elevados teores nos ambientes em que foram avaliadas. As variedades mais estáveis foram as BR 106 (7), BRS Sol da manhã (32) e CMS 102 (34) com escores do PCA de 0,01; -0,04; e 0,06. Já as Variedades Missões (18), BRS 4154

- Saracura(13) e AL Ipiranga (4) integraram o grupo das mais instáveis com escores de 0,91; -0,99; e -1,14, respectivamente.

Em geral, observa-se que apesar da significância do efeito de tratamentos para cinco minerais, foi pequena a variação dos seus teores, o que seria limitante para utilizar essas variedades como populações-base para

programas de seleção recorrente. As médias apresentadas pelas variedades para Fe e Zn ficaram muito abaixo dos valores-alvo (70 mg/kg para Fe e 40 mg/kg para Zn) estabelecidos pelo Harvest Plus. O desenvolvimento de variedades sintéticas, baseado em linhagens parentais com maior capacidade combinatória para os teores de Fe e Zn, poderá ser alternativa viável para o desenvolvimento de variedades biofortificadas.

#### Agradecimentos

Agradecimento ao Harvest Plus pelo financiamento do projeto e ao CNPq pelo e pelo fornecimento de bolsa.

#### Referências

- [1] SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370 p.
- [2] GAUCH, H. C. J.; ZOBEL, R. W. Predictive and postdictive success of statistical analysis of yield trials. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v. 76, n. 1, p. 1-10, 1988.
- [3] DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R. Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise "AMMI". Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60 p. (Série Monografias, 9).

**Tabela 1:** Resumo da análise de variância conjunta.

F.V.	Ca	Mg	P	K	Fe	Mn	Zn
Trat (T)	**	**	**	ns	ns	**	**
Amb (A)	**	**	**	**	**	**	**
T x A	ns	ns	*	ns	ns	**	*
CV médio (%)	15.3	10.4	9.6	18.8	17.6	9.9	8.14
Média (mg/kg)	60.5	984.4	2316.7	2425.2	17.25	6.08	18.31
Máximo (mg/kg)	71.1	1138.1	2637.2	2808.6	19,2	7.3	20.6
Mínimo (mg/kg)	48.8	886.8	2084.9	1998.3	14.8	5.3	16.1

**Tabela 2:** Proporção (%) da explicação acumulada pelos componentes principais (PCA's).

PCA	P	Mn	Zn
1	51.06	41.59	52.30
2	75.88	70.94	71.76
3	91.03	88.22	86.92

**Tabela 3:** Médias dos teores/cultivar (C). Para aqueles minerais que apresentaram interação genótipos por ambientes significativa, são apresentados os valores dos escores do CPA 1.

C	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	P (mg/kg)	P (Escore)	Mn (mg/kg)	Mn (escore)	Zn (mg/kg)	Zn (escore)
1	62.3a	998.0b	2210.0b	9.19	6.4b	0.02	18.9a	0.82
2	60.4a	1005.7a	2186.9b	10.02	6.3b	0.57	17.7b	0.64
3	54.1b	970.1b	2280.8b	7.95	5.9b	0.25	17.4b	0.79
4	50.1b	886.8b	2121.4b	10.64	5.8b	0.17	17.0b	0.91
5	54.3b	931.7b	2322.7b	1.79	5.9b	0.31	17.7b	0.28
6	59.2b	910.1b	2226.1b	-2.83	5.7b	0.81	17.7b	0.32
7	69.0a	961.0b	2328.4b	-0.99	6.2b	-0.28	17.1b	0.01
8	68.3a	1027.4 a	2416.6a	-4.49	6.2b	0.06	19.2a	-0.83
9	71.1a	1057.2 a	2490.1a	6.78	5.6b	-0.29	18.7a	0.56
10	65.6a	1033.6 a	2563.1a	1.70	6.2b	1.00	19.6a	0.15
11	55.3b	989.8b	2477.9a	5.87	7.2a	0.18	18.4b	0.32
12	56.3b	979.7b	2277.4b	4.34	6.1b	0.12	18.2b	0.31
13	62.7a	1049.1a	2533.3b	-7.82	6.1b	-0.57	19.8a	-0.99
14	64.2a	941.8b	2087.2b	4.08	6.3b	-0.40	18.1b	0.16
15	62.6a	965.9b	2208.6b	6.48	5.9b	-0.03	18.2b	0.46
16	57.4b	901.6b	2228.7b	-8.89	5.8b	-0.54	18.2b	-0.76
17	59.1b	955.9b	2201.0b	-1.35	5.9b	-0.06	17.7b	0.15
18	60.9a	926.8b	2170.6b	-7.41	5.8b	-0.03	17.7b	-1.14
19	56.9b	971.8b	2350.7b	-3.07	6.1b	-0.21	19.0a	-0.17
20	57.9b	934.7b	2155.6b	-3.10	5.8b	-0.05	18.0b	-0.21
21	62.1a	942.1b	2179.0b	1.28	5.9b	0.14	18.3b	0.45
22	48.8b	971.9b	2289.5b	0.87	5.8b	-0.08	18.6b	0.11
23	66.2a	1037.3a	2274.1b	-15.09	6.2b	0.02	18.8a	-0.60
24	58.9b	929.3b	2139.6b	-8.57	6.1b	-0.51	17.7b	-0.42
25	65.0a	967.3b	2136.7b	-8.42	6.1b	-0.24	17.7b	-0.70
26	61.0a	917.4b	2084.9b	6.83	6.0b	0.47	16.1b	0.45
27	64.2a	1128.6a	2444.7a	8.99	7.3a	0.02	19.1a	0.25
28	61.9a	953.9b	2316.6b	7.31	6.4b	0.31	18.3b	0.73
29	56.6b	1011.4a	2486.0a	-7.10	6.3b	-0.26	19.1a	-0.76
30	58.8b	1099.3a	2637.2a	-2.72	5.7b	-0.31	20.6a	-0.54
31	66.5a	1138.1a	2595.0a	-0.14	6.1b	-0.36	18.3b	0.10
32	62.6a	1085.9a	2535.5a	1.22	6.7a	0.28	20.2a	-0.04
33	62.1a	1044.9a	2304.8b	4.86	6.1b	0.15	17.9b	0.23
34	56.4b	940.2b	2361.6b	-2.07	5.7b	-0.08	17.4b	0.06

---

35	50.3b	909.7b	2317.4b	-9.27	5.9b	-0.30	18.2b	-0.62
36	67.2a	962.6b	2461.3a	-6.86	5.3b	-0.30	18.5b	-0.46

---

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott (1974) ao nível de 1 ou 5% de probabilidade (ver Tabela 1).