

## **METODOLOGIAS DE SELEÇÃO DE CULTIVARES DE MILHO PARA EFICIÊNCIA NA ABSORÇÃO E UTILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO<sup>1</sup>**

Rodrigo Ribeiro Fidelis<sup>2</sup>  
Glauco Vieira Miranda  
Izabel Cristina dos Santos<sup>4</sup>  
João Carlos Cardoso Galvão<sup>3</sup>

### **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi comparar metodologias de seleção para a discriminação de cultivares de milho eficientes na absorção e utilização de nitrogênio, aplicáveis em rotina de programas de melhoramento. Foram avaliadas três metodologias para seleção dos cultivares. A primeira seguiu a rotina do melhoramento de plantas, em que as médias são utilizadas para discriminar os cultivares pela diferença mínima significativa e apontou os cultivares UFVM3, BR106, AL25, AG122, BR201, B3 e B11 como adaptados. A segunda foi a da eficiência e resposta, que classificou os cultivares BR106, UFVM3, AG122, BR201, B12, B6 e B3 como eficientes e responsivos à utilização do nitrogênio. A terceira, baseada no índice de estresse de nitrogênio, classificou os cultivares AL25, AG405, B13, BR205, B15, B7, B4, Sol da Manhã, Dente de Burro e B11 como responsivos à aplicação de nitrogênio. Conclui-se que existe a necessidade de adaptar metodologias à rotina dos programas de melhoramento para que haja a identificação de genótipos eficientes na absorção e utilização de nitrogênio; a metodologia da eficiência e resposta é adequada para discriminação de genótipos eficientes na absorção e utilização de nitrogênio; e a metodologia de índice de estresse classifica somente os cultivares responsivos à aplicação de nitrogênio.

Palavras chave: *Zea mays*, germoplasma, estresse mineral.

---

<sup>1</sup> Extraído da Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, para obtenção do título de Magister Scientiae em Fitotecnia. Aceito para publicação em 18.04.2005.

<sup>2</sup> Estudante de Doutorado em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. 36570-000 Viçosa, MG. E-mail: fidelisrr@yahoo.com.br (Autor para correspondência).

## ABSTRACT

### METHODOLOGIES OF SELECTION OF MAIZE CULTIVARS TO EFFICIENT IN NITROGEN ABSORPTION AND UTILIZATION

This work aimed to compare methods of selection to discriminate maize cultivars, efficient in nitrogen absorption and utilization, applicable to breeding programs. Three methodologies were evaluated. The first one followed the routine of plant breeding, which averages are used to discriminate the cultivars by minimum significant difference and pointed out the UFVM3, BR106, AL25, AG122, BR201, B3 and B11 as adapted ones. The second methodology was the efficiency and response, which arranged the BR106, UFVM3, AG122, BR201, B12, B6, and B3 cultivars as efficient and responsive to nitrogen utilization. The third one based on nitrogen stress index, classified the AL25, AG405, B13, BR205, B15, B7, B4, Sol da Manhã, Dente de Burro and B11 cultivars as responsive to nitrogen application. It was concluded that it is necessary to adapt methodologies to the routine of breeding programs to identify efficient genotypes for absorption and utilization of nitrogen. The efficiency and responsive methodology is appropriate to discriminate efficient genotypes for absorption and utilization of nitrogen. The stress index methodology only classifies the responsive cultivars to nitrogen application.

Key words: *Zea mays*, germplasm, mineral stress.

## INTRODUÇÃO

O milho no Brasil tem grande importância social, econômica e cultural. É cultivado em larga escala, em aproximadamente 13.750 milhões de hectares, em sua maioria por pequenos e médios agricultores (1, 7). As áreas utilizadas por esses agricultores estão freqüentemente sujeitas a problemas de estresse ambiental, dentre eles a baixa fertilidade natural dos solos, já que mais de 80% dos solos de regiões tropicais apresentam deficiência de nitrogênio e fósforo (8). O alto custo da adubação tem dificultado uma aplicação adequada pela maioria dos produtores, resultando em baixa suplementação com nitrogênio na cultura do milho. Segundo Santos et al. (14), a média de aplicação é de somente 36 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

Em relação aos elementos minerais, o nitrogênio é um dos nutrientes cuja aplicação promove os maiores incrementos na produção de grãos (2, 16). Dessa forma, assume importância no metabolismo, principalmente na síntese de proteínas e na elevação do teor protéico. É o elemento que mais onera a cultura e os fertilizantes nitrogenados são considerados uma das maiores fontes de poluição ambiental dos sistemas agrícolas (13).

No enfoque agroecológico da produção agrícola, a identificação de populações de plantas que possuem capacidade de absorver e utilizar o nitrogênio de forma eficiente e a redução do efeito prejudicial no meio ambiente são extremamente importantes, pois possibilitam a redução dos custos de produção, a utilização de menor quantidade de nutrientes e a conservação do agroecossistema. As variedades locais, por terem sido

cultivadas por pequenos agricultores em áreas e situações de estresse ambiental por vários anos, podem apresentar características favoráveis para eficiência no uso de N; muitas já foram caracterizadas (9, 10, 11).

Os melhores critérios para avaliar cultivares mais eficientes na absorção e utilização do nutriente têm sido aqueles que utilizam o crescimento e o desenvolvimento das plantas em solo com baixo nível do nutriente, verificando se a resposta ao nutriente é devida ao mecanismo de absorção e/ou de utilização do nutriente para produção de matéria seca (6). No entanto, esta resposta não é aplicável ao melhoramento de plantas.

Para a identificação de cultivares eficientes na absorção e utilização do nutriente, é necessário estabelecer metodologias rápidas, de baixo custo e que permitam discriminar germoplasmas com alta repetibilidade dos resultados e avaliar grande quantidade de plantas, famílias ou populações.

A metodologia que segue a rotina do melhoramento de plantas utiliza as médias de produtividade em ambientes simulados com alto e baixo níveis de nitrogênio, para discriminar os cultivares através da diferença mínima significativa, após a realização de um teste de média qualquer. Nesse caso, os cultivares são classificados quanto a sua adaptação nos ambientes simulados e não quanto à eficiência de absorção e utilização do nitrogênio.

Fageria e Kluthcouski (3) e Fageria e Baligar (4) desenvolveram metodologia específica para verificar o índice de estresse mineral aplicável ao melhoramento para a seleção de plantas eficientes quanto ao uso dos nutrientes e responsivas à sua aplicação. Assim, a eficiência na utilização do nutriente é definida pela média da produtividade de grãos em baixo nível do nutriente, sendo a resposta à sua utilização obtida pela diferença entre a produtividade de grãos nos dois níveis do nutriente, dividida pela diferença entre as doses. Esta metodologia é adequada, pois os ensaios de campo fazem parte da rotina dos programas de melhoramento e têm-se mostrado eficientes em casa de vegetação.

Gama et al. (7) utilizaram metodologia que avalia o desempenho dos genótipos usando o índice de estresse de nitrogênio, definido pela diferença entre a produção de cada genótipo nos dois níveis de nitrogênio, dividida pela diferença da média geral da produção de todos os genótipos, nos dois níveis de nitrogênio.

Assim, o objetivo deste trabalho foi comparar metodologias de seleção para a discriminação de cultivares de milho, eficientes na absorção e utilização de nitrogênio, aplicáveis em rotina de programas de melhoramento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio de avaliação dos cultivares foi conduzido na Estação Experimental do Aeroporto, Viçosa, MG, situada a 20° 45' 20'' de latitude sul e

42° 52' 40'' de longitude oeste, numa altitude de 640 m, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. O plantio foi realizado em novembro do ano agrícola 2001/2002, época mais indicada para a semeadura na região da Zona da Mata de Minas Gerais.

Os cultivares avaliados foram os híbridos AG122, BR205, BR201, CX533 e AG405; as populações melhoradas de polinização aberta foram UFVM3 e UFVM4, pertencentes ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, AL25, pertencente à CATI - SP, BR106 e Sol da Manhã, pertencentes à EMBRAPA, que serão chamadas de populações melhoradas (PM). Foram utilizadas ainda as populações locais de polinização aberta B1, B3, B4, B5, B6, B7, B9, B10, B11, B12, B13, B14, B15, B16, B17, B 21, B22, B23, B24 e B25, que serão chamadas de populações locais (PL). As populações antigas de polinização aberta Sabugo Fino, Dente de Burro, Maia, Maia Antigo, Cravo e Asteca serão chamadas de populações antigas (PA).

Foram consideradas populações locais os cultivares coletados na microrregião de Viçosa-MG, cultivados por agricultores por um período mínimo de cinco anos. As populações denominadas antigas foram melhoradas e lançadas no mercado por volta da década de 60, sendo multiplicadas por pequenos agricultores.

Utilizou-se o delineamento experimental em látice 6 x 6, com três repetições. Cada parcela foi constituída de três fileiras de 5 metros, espaçadas 0,90 m entre si e 0,20 m entre plantas, com estande final estimado em 55.555 plantas por hectare. Neste estudo, foram utilizadas a produção de grãos da fileira central da parcela e a produtividade de grãos estimada em  $\text{kg ha}^{-1}$ , com correção para 13% de umidade e o estande médio (17).

A semeadura foi realizada diretamente sobre a palhada. A adubação de plantio foi feita com base nos resultados da análise química e física do solo, de pH 5,5 e sem Al tóxico, utilizando a fórmula 04-14-08 como fonte de N-P-K, na proporção de  $250 \text{ kg ha}^{-1}$ . Os materiais foram avaliados nas mesmas condições, porém em dois ambientes distintos quanto à adubação de N em cobertura. Para simular ambientes com baixo e alto níveis de nitrogênio, foram utilizadas as doses 20 e  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em cobertura, respectivamente, aplicadas durante o estágio fenológico 2, correspondente a quatro folhas completamente desenvolvidas. Estas duas doses contrastantes de nitrogênio, que perfazem os ambientes distintos, foram identificadas em experimentos anteriores, para discriminar os cultivares de milho quanto ao uso de nitrogênio.

Os tratos culturais foram realizados sempre que necessário e de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho. Não houve incidência de doenças e pragas acima do nível de dano econômico.

Para identificar os cultivares adequados aos ambientes, utilizaram-se três metodologias.

A primeira metodologia segue a rotina do melhoramento de plantas (RMP), em que as médias são utilizadas para discriminar os cultivares

através da diferença mínima significativa, após a realização de um teste de média qualquer. Nesse caso, os cultivares são classificados quanto a sua adaptação nos ambientes simulados, de alto e baixo níveis de nitrogênio. Nessa metodologia, não ocorre a classificação dos cultivares quanto à eficiência e resposta ao nitrogênio.

A segunda metodologia utilizada foi proposta por Fageria e Kluthcouski (3) e Fageria e Baligar (4), que sugerem a classificação dos cultivares quanto à eficiência no uso e quanto a resposta à aplicação do nitrogênio (eficiência e resposta - ER). A utilização do nutriente foi definida pela média de produtividade de grãos em baixo nível e a resposta foi obtida pela diferença entre a produtividade de grãos nos dois níveis dividida pela diferença entre as doses. Utilizou-se a representação gráfica no plano cartesiano para classificar os cultivares. No eixo das abscissas, encontra-se a eficiência na utilização do nitrogênio, e no eixo das ordenadas, a resposta à sua utilização. O ponto de origem dos eixos é a eficiência média e a resposta média dos cultivares. No primeiro quadrante, são representados os cultivares eficientes e responsivos; no segundo, os não-eficientes e responsivos; no terceiro, os não-eficientes e não-responsivos e no quarto, os eficientes e não-responsivos.

A terceira metodologia (índice de estresse de nitrogênio - IEN), utilizada por Gama et al. (7), impõe dois critérios para a avaliação do desempenho dos genótipos: produção em ambiente sob estresse de nitrogênio e desempenho relativo em ambientes sem e com estresse de nitrogênio. O desempenho é avaliado usando o índice de estresse de nitrogênio, definido pela diferença entre a produção de cada genótipo nos dois níveis de nitrogênio, dividida pela diferença da média geral da produção de todos os genótipos, nos dois níveis de nitrogênio ( $IEN = (Y_{n1} - Y_{n0}) / (Y_{\bar{n}1} - Y_{\bar{n}0})$ ). Baixos valores ( $< 0,8$ ) desse índice indicam superioridade de genótipos quanto à tolerância para estresse de N. Valores aproximados de 1,0 indicam tolerância média e valores elevados ( $> 1,2$ ) associam-se à baixa tolerância ao estresse de N. Utilizou-se a representação gráfica no plano cartesiano para classificar os cultivares. No eixo das abscissas, encontra-se o índice ambiental, e no eixo das ordenadas, a produtividade de grãos ( $kg\ ha^{-1}$ ) sob estresse de N.

A análise de variância da produtividade de grãos e os testes de F e t (DMS) foram feitos pelo programa estatístico SAS (15).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou que não houve significância da interação nas características, ou seja, cultivares e níveis de nitrogênio foram independentes (Quadro 1). Como o comportamento dos cultivares independe dos níveis de nitrogênio, os fatores foram estudados isoladamente.

QUADRO 1 - Resumo das análises de variância das médias de produtividade de grãos (PG), peso da espiga (PE), altura da planta (AP), altura da espiga (AE) e número de espiga por parcela (NE)						
FV	GL	Quadrado Médio				
		PG (kg ha <sup>-1</sup> )	PE (kg ha <sup>-1</sup> )	AP (cm)	AE (cm)	NE
Rep./Nit	4	3699147**	10971163,8**	2484,3**	1840,0**	13,7 <sup>ns</sup>
Cultivar	(30)	(1615165**)	2673886**	8931,0**	7279,3**	29,8**
H°	3	1408616 <sup>ns</sup>	3361430 <sup>ns</sup>	2302,8**	2021,7**	40,8*
PM°	4	2034814*	3517858 <sup>ns</sup>	1184,9*	782,6*	76,1**
PA°	4	747749,4 <sup>ns</sup>	1154778 <sup>ns</sup>	1101,8 <sup>ns</sup>	1400,6**	7,1 <sup>ns</sup>
PL°	16	1015202 <sup>ns</sup>	2400072 <sup>ns</sup>	8948,34**	6462,5**	26,0**
H° vs Pop°	1	5047303*	918355,8 <sup>ns</sup>	17632,4**	21427,6**	2,6 <sup>ns</sup>
PM vs(PA+PL)	1	7934578**	5557181 <sup>ns</sup>	54060,5**	47792,2**	2,5 <sup>ns</sup>
PA vs PL	1	3873908*	6564665*	37067,6**	30968,3**	16,6 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (Nit)	1	165200000**	306333000**	38915,3**	30000,0**	194,1**
Cult° x Nit°	(30)	(1088223 <sup>ns</sup> )	2123439 <sup>ns</sup>	337,91 <sup>ns</sup>	295,1 <sup>ns</sup>	14,0 <sup>ns</sup>
H x Nit	3	731767,8 <sup>ns</sup>	1276333 <sup>ns</sup>	228,1 <sup>ns</sup>	220,2 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>
PM x Nit	4	1277387 <sup>ns</sup>	1347008 <sup>ns</sup>	506,7 <sup>ns</sup>	164,7 <sup>ns</sup>	22,2 <sup>ns</sup>
PA x Nit	4	308777,1 <sup>ns</sup>	906144,8 <sup>ns</sup>	460,9 <sup>ns</sup>	245,6 <sup>ns</sup>	8,6 <sup>ns</sup>
PL x Nit	16	1087729 <sup>ns</sup>	2293260 <sup>ns</sup>	290,3 <sup>ns</sup>	290,0 <sup>ns</sup>	8,0 <sup>ns</sup>
(HvsPop)x Nit	1	1911922 <sup>ns</sup>	4164597 <sup>ns</sup>	187,2 <sup>ns</sup>	747,5 <sup>ns</sup>	14,7 <sup>ns</sup>
(PM vs (PA+PL)) x Nit	1	3737796*	7130119*	646,6 <sup>ns</sup>	1107,7 <sup>ns</sup>	151,7**
PA vs PL x Nit	1	1053453 <sup>ns</sup>	2875675 <sup>ns</sup>	104,0 <sup>ns</sup>	56,7 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
Resíduo	120	754605,2	1548360,1	463,2	305,1	12,5
Média geral		3598,4	5586,2	252,6	152,0	16,5
CVgeral %		24,4	23,2	8,9	11,9	21,5

<sup>ns</sup> não-significativo; \*\* significativo para P < 0,01; \* significativo para P < 0,05 pelo teste F.° H = Híbridos; PM = Populações melhoradas; PA = Populações antigas; PL = Populações locais; Pop = populações de polinização aberta; Cult = Cultivares.

Ainda no Quadro 1, pode-se observar que os coeficientes de variação nas características produtividade de grãos, peso da espiga e número de espigas foram elevados, porém considerados adequados por causa do estresse. De acordo com Blum (1988), em ambiente de estresse, valores dessa natureza são normais. Gama *et al.* (2002) encontraram coeficiente de variação de 27,5% na característica peso de espiga sob ambiente de estresse (10 kg ha<sup>-1</sup>). Santos *et al.* (14) constataram em peso de espiga coeficiente de variação de 22,3% e 23,4% nos ambientes de N<sup>+</sup> (100 kg ha<sup>-1</sup> de N) e N<sup>-</sup> (sem adubação), respectivamente. Como foi realizada análise de variância conjunta, os maiores valores de coeficiente de variação no ambiente de intenso estresse, elevaram os valores no ambiente de médio estresse.

Os cultivares UFVM3, AL25, BR106, AG122, BR201, B3, B11, B12, B6, B9 e B22 apresentaram maior produtividade de grãos e também compuseram o grupo estatístico que apresentou maior peso da espiga.

Pode-se constatar que a maioria dos cultivares que constituiu o grupo estatístico de maior produtividade de grãos e peso da espiga apresentou altura de planta (2,00 e 2,40 m) e espiga (1,00 e 1,40 m) intermediária, o que é altamente desejável no sistema produtivo moderno, pois diminuem os riscos principalmente de acamamento e quebra de plantas.

Os cultivares que apresentaram maior número de espigas foram AG122, UFVM3, B6, B22, B12, B3, B17, B23, B10, B16, B9 e B11.

**QUADRO 2 - Médias das características produtividade de grãos (PG), peso da espiga (PE), altura da planta (AP), altura da espiga (AE) e número de espiga por parcela (NE) em quatro tipos de cultivares distintos de milho coletadas na região de Viçosa, MG, safra 2001/2002**

Cultivar	Características				
	PG (kg ha <sup>-1</sup> )	PE (kg ha <sup>-1</sup> )	AP (cm)	AE (cm)	NE
Populações melhoradas					
UFVM3	4673 A	6859 A	231 C	130 C	22 A
AL25	4280 A	6117 A	217 D	121 D	13 B
BR106	4267 A	6430 A	234 C	132 C	16 B
Sol da Manhã	3437 B	5295 B	203 D	105 D	15 B
UFVM4	3339 B	5037 B	206 D	113 D	15 B
Média	3999	5948	218	120	16
Híbridos					
AG122	4636 A	6745 A	225 C	123 D	20 A
BR201	4196 A	5963 A	219 D	114 D	16 B
BR205	3642 B	5239 B	210 D	109 D	13 B
CX533	3631 B	5128 B	255 B	150 C	16 B
Média	4026	5762	227	124	16
Populações antigas					
Maia	3553 B	5633 A	314 A	215 A	15 B
Maia Antigo	3324 B	5340 B	290 A	183 B	16 B
Sabugo Fino	3142 B	4757 B	289 A	176 B	15 B
Dente de Burro	2898 B	5028 B	281 B	189 A	16 B
Asteca	2651 B	4540 B	306 A	200 A	18 A
Média	3114	5060	296	193	16
Populações locais					
B3	4184 A	6616 A	245 C	137 C	18 A
B11	4061 A	5821 A	215 D	109 D	17 A
B12	4042 A	5900 A	251 C	145 C	18 A
B6	3905 A	6436 A	291 A	177 B	21 A
B9	3790 A	6087 A	273 B	170 B	17 A
B22	3789 A	6097 A	272 B	169 B	19 A
B17	3646 B	5969 A	281 B	176 B	19 A
B14	3594 B	5723 A	305 A	198 A	15 B
B4	3463 B	5560 B	228 C	128 C	15 B
B25	3433 B	5310 B	213 D	119 D	16 B
B1	3366 B	5744 A	194 D	135 C	16 B
B21	3358 B	5443 B	295 A	189 A	15 B
B16	3332 B	5194 B	224 C	124 D	17 A
B23	3227 B	5455 B	294 A	197 A	18 A
B24	3051 B	4909 B	288 A	182 B	14 B
B10	2841 B	4727 B	292 A	196 A	18 A
B5	2798 B	4071 B	189 D	102 D	12 B
Média	3522	5560	256	156	17
Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas colunas pertencem ao mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade					

O ambiente em que foi empregada a maior dose de nitrogênio proporcionou maior produtividade de grãos, espigas com maior peso,



plantas mais altas e maior número de espigas em relação ao ambiente em que foi empregado a menor dose (Quadro 3).

QUADRO 3 - Médias de produtividade de grãos (PG), peso da espiga (PE), altura da planta (AP), altura da espiga (AE) e número de espiga por parcela (NE) de milho em função de nível alto (120 kg ha<sup>-1</sup>) e baixo (20 kg ha<sup>-1</sup>) de nitrogênio. Viçosa, MG, safra 2001/2002

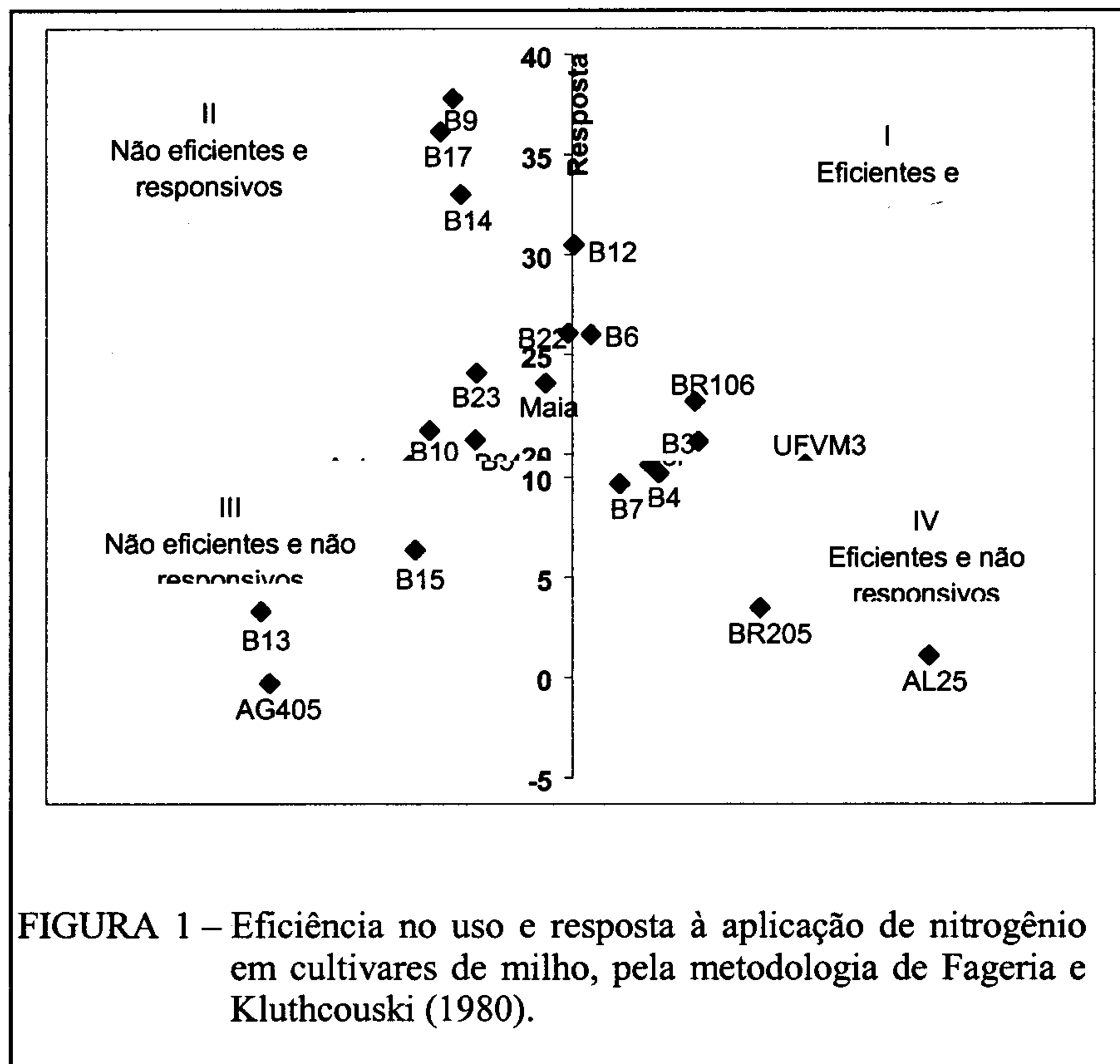
Nível de nitrogênio	Características				
	PG (kg ha <sup>-1</sup> )	PE (kg ha <sup>-1</sup> )	AP (cm)	AE (cm)	NE
Alto	4.451 A	6.870 A	267 A	165 A	18 A
Baixo	2.656 B	4.303 B	238 B	139 B	15 B

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas colunas não diferem, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

A metodologia proposta por Fageria e Kluthcouski (3), específica para estresse mineral, identificou maior eficiência do uso de nitrogênio nos cultivares AL25, UFVM3, AG122, B11, BR205, BR201, B3, B4, BR106, B1, UFVM4, CX533, B12, B6, B7, Sol da Manhã, B25 e B16, pois apresentaram as maiores médias de produtividade de grãos baixa dose desse elemento (Figura 1). A eficiência desses cultivares, na absorção e utilização de N na produção de grãos permite inferir que os processos associados à absorção, translocação, assimilação e redistribuição de N são mais eficientes do que nos demais cultivares. Nota-se que entre esses cultivares encontram-se diversas populações locais de milho, híbridos e cultivares melhorados. Machado (9) também identificou o cultivar Sol da Manhã com potencial de tolerância, e/ou de eficiência, a diferentes tipos de estresses, podendo ser utilizado como importante fonte genética pelos agricultores e também em programas de seleção genética. Gama et al. (7) identificaram vários híbridos eficientes no uso de nitrogênio.

Neste estudo, a média geral de produtividade de grãos em baixo nível de nitrogênio foi de 2.510 kg ha<sup>-1</sup>, caracterizando a severidade do estresse ao qual foram submetidos. Machado et al. (12), com a aplicação de 20 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, obtiveram média geral da produtividade de grãos na região de Coimbra, MG, correspondente a 4.684 kg ha<sup>-1</sup>.





Quanto à resposta à aplicação de nitrogênio, os maiores índices foram obtidos pelos cultivares B9, B17, B14, B12, B22, BR106, Maia, B6, B23, B3, UFVM3, AG122, BR201, Maia Antigo, B24, B10, Asteca, Cravo e B21 (Figura 1). Desses, somente os cultivares B9, B17, B14 e B12 apresentaram índice de resposta acima de 30, enquanto os demais cultivares, apresentaram índice acima de 17,34.

Machado et al. (12), trabalhando com  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio aplicados em cobertura, em Coimbra, MG, obtiveram média geral de produtividade de grãos em seu experimento, de  $4.661 \text{ kg ha}^{-1}$ , com destaque para as variedades Eldorado, BR106 e Caiano de Sobrália, com rendimentos de 6.152, 6.118 e  $5.781 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente. Os valores encontrados neste trabalho foram inferiores aos desses autores (Quadro 4).

QUADRO 4 - Classificação dos cultivares de milho quanto à produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> ) em dois níveis de nitrogênio (baixo e alto), nos ensaios conduzidos na Estação Experimental do Aeroporto, Viçosa, na safra agrícola 2001/2002						
Cultivares	Metodologia de rotina nos programas de melhoramento			Metodologia de índice de	Metodologia de eficiência e resposta ao	
	Baixo N	Alto N	Média	Índice de estresse	Eficiência	Resposta
UFVM3	3699,9	5645,7	4672,8	1,13	3699,9	19,46
B4	2953,6	3972,1	3462,9	0,59	2953,6	10,19
B15	1707,7	2344,0	2025,9	0,37	1707,7	6,36
BR205	3469,5	3816,2	3642,9	0,20	3469,5	3,47
B9	1901,6	5679,2	3790,4	2,18	1901,6	37,78
B17	1839,3	5453,0	3646,2	2,09	1839,3	36,13
B14	1942,7	5244,6	3593,7	1,91	1942,7	33,02
B12	2518,7	5567,1	4042,9	1,76	2518,7	30,48
B22	2486,8	5091,5	3789,2	1,51	2486,8	26,05
BR106	3135,6	5399,1	4267,4	1,31	3135,6	22,64
Maia	2374,1	4730,9	3552,5	1,36	2374,1	23,57
B6	2605,8	5205,2	3905,5	1,50	2605,8	25,99
B23	2022,9	4430,8	3226,9	1,39	2022,9	24,08
B10	1782,2	3900,2	2841,2	1,22	1782,2	21,18
Asteca	1677,9	3623,7	2650,8	1,13	1677,9	19,46
Maia Antigo	2355,3	4293,7	3324,5	1,12	2355,3	19,38
B24	2015,8	4086,6	3051,2	1,20	2015,8	20,71
B3	3152,7	5215,3	4184,0	1,19	3152,7	20,63
Cravo	1689,9	3578,0	2634,0	1,09	1689,9	18,88
AG122	3700,2	5571,9	4636,1	1,08	3700,2	18,72
B25	2654,0	4212,6	3426,3	0,90	2654,0	15,59
BR201	3311,4	5081,1	4196,3	1,02	3311,4	17,70
B21	2477,7	4237,9	3357,8	1,02	2477,7	17,60
CX533	2908,5	4352,6	3630,6	0,84	2908,5	14,44
B16	2554,4	4108,7	3331,6	0,90	2554,4	15,54
Sol da Manhã	2906,3	3968,2	3437,3	0,61	2906,3	10,62

Continua...

QUADRO 4 - Continuação;						
Cultivares	Metodologia de rotina nos programas de melhoramento			Metodologia de índice de	Metodologia de eficiência e resposta ao	
	Baixo N	Alto N	Média	Índice de estresse	Eficiência	Resposta
B1	2612,1	4120,1	3366,1	0,87	2612,1	15,08
B11	3391,4	4731,1	4061,3	0,77	3391,4	13,40
UFVM4	2606,5	4071,0	3338,8	0,85	2606,5	14,65
B5	2230,5	4364,9	2797,7	1,23	2230,5	11,34
Sabugo Fino	2424,5	3859,9	3142,2	0,83	2424,5	14,35
Dente de Burro	2290,8	3505,8	2898,3	0,70	2290,8	12,15
B7	2752,3	3719,0	3235,7	0,56	2752,3	9,67
AL25	4333,9	4226,7	4280,3	-0,06	4333,9	1,07
B13	918,2	1247,0	1082,6	0,19	918,2	3,29
AG405	962,5	934,0	948,3	-0,02	962,5	-0,29
Média	2.510,2	4.239	3.372	1,02	2.510,2	17,34
DMS 5%	1.231	1.531	1381	-	-	-

Desta forma, os cultivares eficientes quanto ao uso do nitrogênio e responsivos à sua aplicação foram as populações melhoradas BR106 e UFVM3, os híbridos AG122 e BR201 e as populações locais B12, B6 e B3.

A metodologia de Fageria e Kluthcouski (3), específica para estresse mineral, foi adequada, pois identificou cultivares eficientes quanto ao uso do nitrogênio e responsivos à sua aplicação, já que a média geral da produtividade de grãos no ambiente de baixo nível de N foi aproximadamente 60% inferior à do ambiente com alto nível de N (Quadro 4). Os ensaios de competição de cultivares fazem parte da rotina, são de baixo custo e permitem a avaliação de grande número de cultivares. No entanto, foi necessário dobrar o número de parcelas em avaliação e quantificar as doses de N que discriminassem os cultivares para o local em que foram instalados os ensaios.

Na metodologia que segue a rotina do melhoramento de plantas, as médias são utilizadas para discriminar os cultivares através da diferença mínima significativa pelo teste t (Tabela 4). As maiores produtividade de grãos, em baixo nível de nitrogênio, foram do AL25, de 4.333,9 kg ha<sup>-1</sup>, e do UFVM3, de 3.699,9 kg ha<sup>-1</sup>, que, não diferiram estatisticamente dos cultivares que produziram acima de 3.102,9 kg ha<sup>-1</sup>, como AG122, BR205, B11, BR201, B3 e BR106. Observa-se que, neste ambiente,

encontravam-se, entre os cultivares mais produtivos, as populações locais B11 e B3, as populações melhoradas UFVM3, AL25 e BR106 e os híbridos AG122, BR205 e BR201. Portanto, não é o tipo de estrutura genética, híbrido ou população de polinização aberta de espécie alógama, que proporciona alta produtividade e sim os alelos efetivos do germoplasma quando é submetido ao estresse.

No ensaio sob alto nível de nitrogênio, os cultivares mais produtivos foram B9, com 5.679,2 kg ha<sup>-1</sup> e UFVM3, com 5.645,7 kg ha<sup>-1</sup>, que não diferiram estatisticamente dos cultivares que produziram mais de 4.148,2 kg ha<sup>-1</sup>, como AG122, B12, B17, BR106, B14, B3, B6, B22, BR201, B11, Maia, B23, CX533, Maia Antigo, B21, AL25, B5 e B25. Novamente, foram encontrados cultivares com diferentes estruturas genéticas entre os mais produtivos.

Essa metodologia classificou, portanto, como adaptados aos ambientes testados, os cultivares UFVM3, AG122, AL25, BR106, BR201, B3 e B11.

A metodologia de índice de estresse de nitrogênio identificou como tolerantes ao estresse de nitrogênio, os cultivares AL25, AG405, B13, BR205, B15, B7, B4, Sol da Manhã, Dente de Burro e B11, pois apresentaram índice de estresse inferiores a 0,8, como pode ser observado na Figura 2. Os cultivares CX533, Sabugo Fino, UFVM4, B1, B16, B25, B21, BR201, AG122, Cravo, Asteca, Maia Antigo, UFVM3, B24 e B3 foram considerados de média tolerância ao estresse de nitrogênio, pois apresentaram índice ambiental em torno de 1,0; por último, os cultivares B10, B5, BR106, B23, Maia, B6, B22, B12, B14, B17 e B9, de baixa tolerância, que apresentaram índice ambiental superior a 1,2. Os cultivares AL25, BR205, B11, B4, Sol da Manhã e B7 apresentaram índice inferior a 0,8, sendo considerados eficientes quanto ao uso de nitrogênio e tendo médias de produtividade de grãos superiores à média geral dos cultivares sob estresse de nitrogênio (2.510 kg ha<sup>-1</sup>), portanto estão representados no segundo quadrante da Figura 2. Nota-se que, entre esses cultivares, se encontram as populações locais de milho B11, B4 e B7, o híbrido BR205 e os cultivares melhorados AL25 e Sol da Manhã. Machado (9) também identificou o cultivar Sol da Manhã com potencial de tolerância, e/ou de eficiência, a diferentes tipos de estresses, podendo

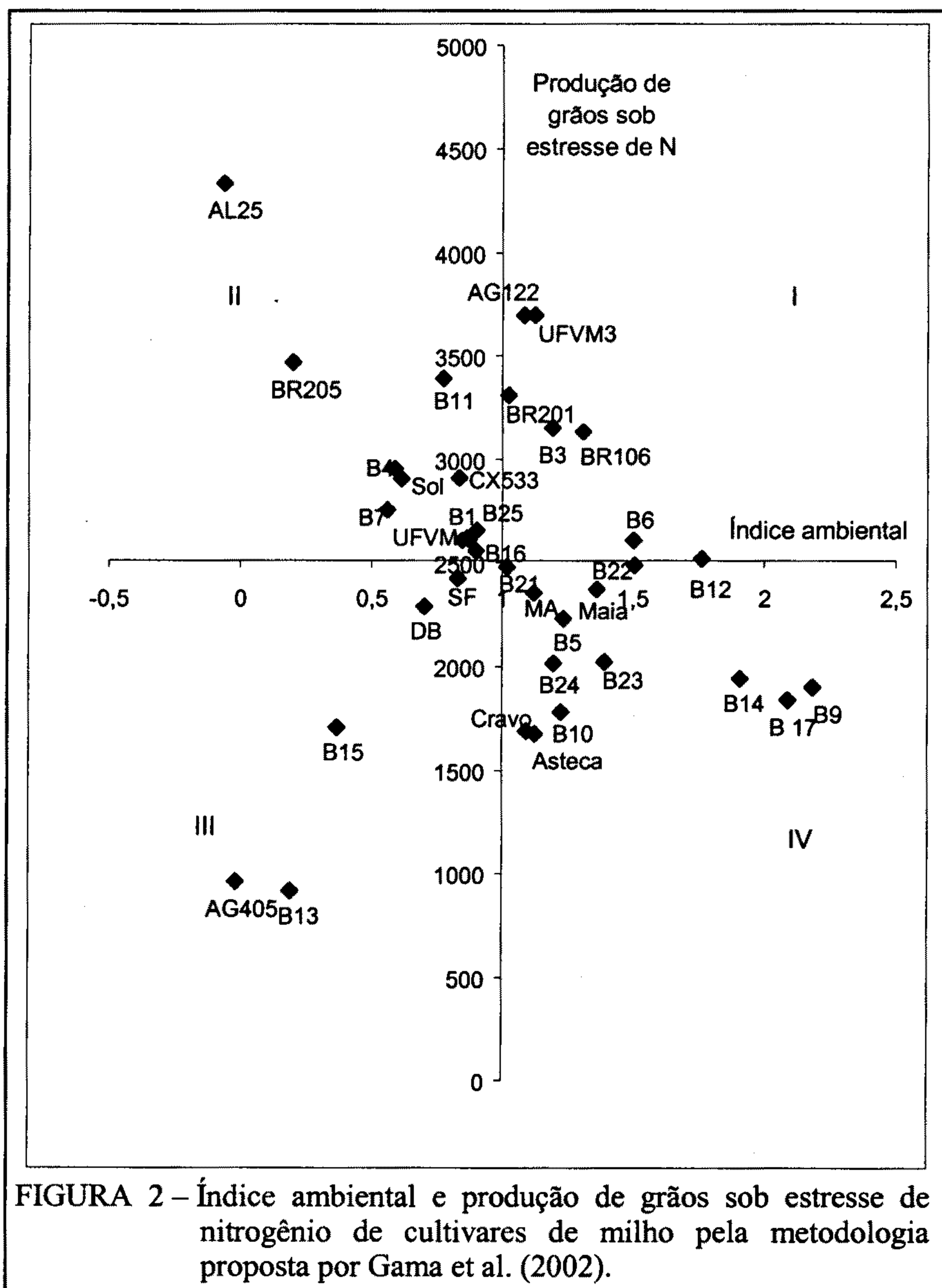
ser utilizado como importante fonte genética pelos agricultores e também em programas de seleção genética.

Comparando as metodologias de verificação do índice de estresse de nitrogênio, utilizadas por Gama et al. (7) com a específica para estresse mineral, proposta por Fageria e Kluthcouski (3), verificou-se uma correlação positiva de 0,98 entre o índice de estresse e a resposta dos cultivares. Isto permite inferir que o índice de estresse de nitrogênio é a resposta de cultivares à melhoria do ambiente. Dessa forma, até mesmo as interpretações dos resultados deveriam ser realizadas de forma diferente. Valores elevados de índice de estresse acusariam cultivares responsivos à melhoria do ambiente e médias elevadas em ambientes de estresse de nitrogênio detectariam cultivares eficientes quanto ao uso do nitrogênio. Valores médios por volta de 1 são de ampla adaptabilidade, e valores abaixo de 1, de adaptabilidade específica para ambiente de estresse.

Pode-se observar ainda que a metodologia do índice de estresse, de Gama et al. (7) classifica como tolerantes aqueles cultivares que não respondem ao acréscimo de nitrogênio, já que o numerador da equação usada para chegar ao índice leva em conta a diferença dos cultivares em cada ambiente e não os valores absolutos. Isto é facilmente constatado analisando as médias dos dois ambientes (alto e baixo nitrogênio) dos cultivares AL25, AG405, B13, BR205, B15, B7, B4, Sol da Manhã, Dente de Burro e B11 (Quadro 4). Desta maneira, essa metodologia restringe a seleção de germoplasmas eficientes para estresse abiótico e responsivos à melhoria do ambiente.

Comparando os resultados das três metodologias, verifica-se que não houve cultivares comuns, devido aos diferentes critérios de eficiência no uso e na resposta à aplicação de nitrogênio.

Os resultados da metodologia de eficiência do Ne da resposta à aplicação de nitrogênio, comparados aos da metodologia que segue a rotina do melhoramento de plantas, evidenciam que os cultivares comuns foram UFVM3, BR106, AG122, BR201 e B3. Estes resultados mostraram que, quando houve a seleção de populações ou cultivares de sob estresse, foram identificados genótipos adaptados. No entanto, segundo a metodologia de Fageria e Kluthcouski (3), as razões desta maior produtividade são a maior eficiência no uso do nitrogênio e maior respostas à sua aplicação.



## CONCLUSÕES

1) Existe a necessidade de adaptar metodologias à rotina dos programas de melhoramento para que haja a identificação de genótipos eficientes na absorção e utilização de nitrogênio.

2) A metodologia da eficiência e resposta é adequada para discriminação de genótipos eficientes na absorção e utilização de nitrogênio.

3) A metodologia de verificação do índice de estresse classifica somente os cultivares responsivos à aplicação de nitrogênio.

## REFERÊNCIAS

1. AGRIANUAL 2003. Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio; M&S Mendes & Scotoni. Editora Argos. , 2003. 544p.
2. BISBAL, E.C.; NUÑEZ, M.C. & SAN VICENTE, F. Caracterización Fisiológica de Cultivares Tropicales de Maíz en Venezuela. In: Developing drought and low N-tolerant maize. Proceedings of a Symposium. 1996, CIMMYT, El Batán, Mexico. México, D.F.: CIMMYT, 1996. p. 249-53.
3. FAGERIA, N.D. & KLUTHCOUSKI, J. Metodologia para avaliação de cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo. Brasília: EMBRAPA/CNPAP, 1980. 22p.
4. FAGERIA, N.K. & BALIGAR, V.C. Screening crop genotypes for mineral stresses. In: Proceedings of the workshop on adaptation of plants to soil stresses. INTSORMIL. Publication n. 94-2. University of Nebraska, Lincoln, NE. 1993.
5. FANCELLI, A. L. & NETO, D.D., Produção de Milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.
6. FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C.; LIMA, M. Eficiência de linhagens de milho na absorção e utilização de fósforo em solução nutritiva. *Bragantia*, 44: 129-47, 1985.
7. GAMA, E.E.G.; MARRIEL, I.E.; GUIMARÃES, P.E.O.; PARENTONI, S.N.; SANTOS, M.X.; PACHECO, C.A.P.; MEIRELES, W.F.; RIBEIRO, P.H.E.; OLIVEIRA, A.C.; Combining ability for nitrogen use in a selected set of inbred lines from a tropical maize population. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas*, 1:68-77, 2002.
8. HAAG, H.P. A Nutrição Mineral e o Ecosistema. In: CASTRO, P.R.C. (Ed). *Ecofisiologia da Produção Agrícola*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potássio e do Fosfato, 1987. 249 p.
9. MACHADO, A. T. Perspectiva do melhoramento genético em milho (*Zea mays* L.) visando eficiência na utilização do nitrogênio. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1997. 219p. (Tese de Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
10. MACHADO, A.T.; PEREIRA, M.B.; PEREIRA, M.E., MACHADO, C.T.T.; MÉDICE, L.O. Avaliação de variedades locais e melhoradas de milho em diferentes regiões do Brasil. In: SOARES, A.C.; MACHADO, A.T.; SILVA, B.M.; WEID, von der, J.M. (Eds). *Milho crioulo: conservação e uso da biodiversidade*. Rio de Janeiro: AS-PTA1998a. , p. 93-106.
11. MACHADO, A.T.; SODEK, L.; DÖBEREINER, J.; REIS, V.M. Efeito da adubação nitrogenada e da inoculação com bactérias diazotróficas no comportamento bioquímico da cultivar de milho Nitroflint. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 33: 961-70, 1998b.
12. MACHADO, A.T.; MIRANDA, G.V.; MACHADO, C.T.T.; COELHO, C.H.M.; GUIMARÃES, L.J.M. Eficiência no uso de nitrogênio de variedades locais e melhoradas de milho. Associação Brasileira de Milho e Sorgo. (no prelo). 2003.
13. RUTTAN, V.W. Constraints on sustainable growth in agricultural into 21st century. *Outlook on Agriculture*, Elmsford, 20: .225-34, 1991.
14. SANTOS, M.X.; LOPES, M.A.; COELHO, A.M.; GUIMARÃES, P.E.O.; PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G.; FRANÇA, G.E. Drought and low N status limiting maize production in Brazil. In: Developing drought and low N-tolerant maize. Proceedings of a Symposium. 1996, CIMMYT, El Batán, Mexico. México, D.F.: CIMMYT, 1996. p. 20-3.



15. SAS INSTITUTE SAS/STAT user's guide. Cary, NC, USA: SAS Institui. 1996.
16. SOUZA, A.C. de. Parcelamento e época de aplicação de nitrogênio e seus efeitos em características agronômicas do milho. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1999. 48p. (Dissertação de mestrado).
17. VENCOVSKY, R; BARRIGA, P. Genética Biométrica no Fitomelhoramento. Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, SP. 1992. 487 p.