

Seleção de Híbridos de Milho em Ambientes Contrastantes Quanto ao Nível de Tecnologia

Cleso Antônio Patto Pacheco¹, Hélio Wilson Lemos de Carvalho², Álvaro Vilela Resende³
Sidney Netto Parentoni⁴, Paulo Evaristo de Oliveira Guimarães⁵, Lauro José Moreira
Guimarães⁶ e Milton José Cardoso⁷.

¹Embrapa Milho e Sorgo, Aracaju, SE, cleso.pacheco@embrapa.br,

²Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, helio.carvalho@embrapa.br

³Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, alvaro@cnpms.embrapa.br

⁴Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, sidney@cnpms.embrapa.br

⁵Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, evaristo@cnpms.embrapa.br

⁶Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, lauro@cnpms.embrapa.br

⁷Embrapa Meio Norte, Teresina, PI, miltoncardoso@cpamn.embrapa.br

RESUMO: Com o objetivo de identificar genótipos eficientes em baixo nível de tecnologia e responsivos em alto nível de tecnologia, foram criados dois ambientes contrastantes na Estação Experimental Jorge Sobral, da Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Nossa Senhora das Dores – SE, por meio da utilização de dois níveis de adubação de base e em cobertura, de modo que as diferenças nos níveis de N, P e K aplicados sejam quatro vezes maiores de uma área para a outra. Nesse trabalho serão apresentados os resultados preliminares da eficiência econômica de trinta e uma cultivares comerciais de milho avaliadas nessas duas condições ambientais, na safra 2011. A eficiência de produção foi calculada com base no lucro econômico, estimado pela diferença entre a produção total e o custo com as adubações de base e nitrogenada em cobertura, em sacos de 60 kg de espigas por hectare, considerando os preços da tonelada de Uréia e de 8-28-16+Zn, valendo R\$ 1.500,00 e de R\$ 27,00 para a saca de milho. Os resultados preliminares apresentados aqui, comprovam a utilidade dessa metodologia na identificação de genótipos portadores de genes responsáveis pela eficiência de absorção, transporte e utilização de nutrientes em ambientes de baixa oferta de nutrientes e de genes responsáveis pela capacidade de resposta em ambiente de alta oferta de nutrientes.

Palavras chave: eficiência de utilização, responsividade, híbridos, estabilidade de produção

Introdução

“A inclusão de toda circunstância não genética sob o termo ambiente, quer dizer que o genótipo e o ambiente devem ser, por definição, os únicos determinantes do valor fenotípico”. Nesse sentido, “pode-se imaginar o genótipo, conferindo certo valor ao indivíduo e o ambiente, causando um desvio sobre este valor, em uma ou outra direção, ou, simbolicamente, pela expressão: $P=G+E$, onde P é o valor fenotípico; G, o valor genotípico e E, o desvio atribuído ao ambiente” (Falconer, 1987).

Quando se avalia mais de um genótipo em mais de ambiente, que é a condição do melhoramento de plantas, aparece um outro componente como resultante da interação dos genótipos com os ambientes. Um dos primeiros geneticistas a estudar e a classificar a interação dos genótipos com os ambientes foi Haldane que, em 1946, identificou quatro tipos básicos de interação genótipos x ambientes.

A discussão sobre a herança da adaptabilidade e da estabilidade de produção, levou VENCOVSKY e BARRIGA(1992) à investigarem a natureza intrínseca do componente de variância da interação genótipos x ambientes (σ_{GA}^2), a partir de um modelo simples de um gene com dois alelos (BB, Bb e bb), semelhante ao apresentado por FALCONER (1987), mas considerando vários ambientes que variam de 1 até e , resultando em mudanças nos efeitos genotípicos **u**, **a** e **d**. Pode-se dizer, com isso, que esses efeitos variam de um ambiente para outro, podendo ser colocados em uma tabela de dupla entrada (genótipos x ambientes), da qual deduziram que:

$$\sigma_{GA}^2 = (1/2)V_a + (1/4)V_d \quad \text{em que} \quad V_a = \left(\frac{1}{e-1}\right) \sum_{i=1}^e (a_i - \bar{a})^2 \quad \text{e} \quad V_d = \left(\frac{1}{e-1}\right) \sum_{i=1}^e (d_i - \bar{d})^2$$

Pode-se perceber pelas equações acima, a despeito da simplicidade do modelo, a natureza realmente genética do componente σ_{GA}^2 , ou seja, que σ_{GA}^2 é decorrente da instabilidade das manifestações genotípicas entre ambientes, expressas como diferenças nos valores de **a** e **d** de um ambiente para o outro. VENCOVSKY e BARRIGA (1992) chamam a atenção para o fato de que, ao contrário das variâncias tradicionais, definidas entre genótipos dentro de ambientes, σ_{GA}^2 é definido entre ambientes dentro de genótipos, sendo ainda uma variação genética entre ambientes, porém intragenotípica. Isso demonstra que o desvio atribuído ao ambiente (E) e da interação GxE, podem ser tão importantes para o sucesso com a seleção quanto os valores genotípicos.

Mais do que controlar esses desvios para aumentar a herdabilidade, expressa pela relação G+E/P, ambientes contrastantes podem ser criados e utilizados em condições controladas sob mesmo regime hídrico para identificar os genótipos com melhor desempenho em ambas às condições, como portadores de genes responsáveis pela máxima eficiência de absorção, transporte e utilização de nutrientes no ambiente de baixa oferta de nutrientes e de genes responsáveis pela máxima capacidade de resposta no ambiente de alta oferta de nutrientes.

Com o objetivo de selecionar genótipos eficientes em baixo nível de tecnologia e responsivos em alto nível de tecnologia, foram criados dois ambientes contrastantes na Estação Experimental Jorge Sobral, da Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Nossa Senhora das Dores – SE. Nesse trabalho serão apresentados os resultados preliminares da eficiência econômica de trinta e uma cultivares comerciais de milho avaliadas nessas duas condições ambientais, na safra 2011.

Materiais e Métodos

A área experimental escolhida e representativa do bioma Tabuleiros Costeiros, é plana, e georeferenciada pelas coordenadas UTM: 697.454 m N e 8.842.614 m E (24L), com 209 m de altitude. O solo foi classificado pelo pesquisador João Bosco Vaconcellos Gomes como um Latossolo Amarelo Distrocoeso típico, horizonte A moderado, textura média/argilosa, relevo plano, epieutrófico, bem a moderadamente drenado, sem pedregosidade. Pela análise física o solo recebeu a classificação textural franco-argiloarenosa. A média anual de precipitação nos últimos 10 anos foi de 1.163 mm. A área foi dividida ao meio no sentido longitudinal, para a criação dos dois ambientes contrastantes. Com base nos resultados da análise química (Tabela 1), a partir de amostras constituídas por subamostra retiradas nos quatro quadrantes da área total, foi escolhido o lado direito para ser a faixa de alta tecnologia que recebeu a correção com 800 kg/ha de calcário dolomítico, no ano de 2010. O lado esquerdo, que não recebeu calcário, foi denominado de faixa de baixa tecnologia. Na safra 2011, cada faixa foi subdividida ao meio, no sentido longitudinal. No lado direito de cada faixa foram implantados os ensaios de melhoramento de milho e no lado esquerdo, semeada a variedade de soja, BRS 278 RR, com 200 kg/ha de 8-28-16+Zn. Os ensaios da faixa de alta tecnologia, receberam 180,00 kg/ha de N, 149,80 kg/ha de P₂O₅ e 85,60 kg/ha de K₂O e os ensaios da faixa de baixa tecnologia receberam 45,00 kg/ha de N, 37,8 kg/ha de P₂O₅ e 21,60 kg/ha de K₂O, na forma de 535 e 135 kg/ha de 8-28-16+Zn na semeadura, e o restante do nitrogênio em cobertura, na forma de uréia, 21 dias após a emergência, respectivamente. Os demais tratos culturais, como controle de ervas daninhas e de pragas, foram idênticos para as duas condições ambientais.

Em cada subfaixa foram avaliados ensaios de melhoramento de milho, compostos por ensaios de primeiro, de segundo e de terceiro ano, além de ensaios das redes nacional e regional de avaliação de cultivares. Para a redação desse trabalho, foram considerados, preliminarmente, os ensaios da rede de avaliação de cultivares da região Nordeste 1, com 31 híbridos, dispostos em blocos ao acaso, com duas repetições de duas fileiras de 6,0 m de comprimento, espaçadas de 0,50 m, com estande ideal de 21 plantas, equivalentes à densidade de 70.000 plantas/ha. O plantio foi realizado por meio de uma semeadora de parcelas adaptada pela SB Máquinas, sobre a plataforma de uma Semeato SPE 06. Na colheita, manual, foram tomados os pesos de espigas por parcelas. A eficiência de produção foi calculada com base no lucro econômico,

Tabela 1 – Análise de solo da área experimental.

Determinação	Profundidade		Unidade
	0-20 cm	20-40 cm	
PH em água (RBLE)	5,046	5,428	-
Matéria orgânica	15,580	13,588	g/dm ³
Cálcio + Magnésio (RBLE)	3,568	3,220	cmolc/dm ³
Cálcio (RBLE)	2,580	2,020	cmolc/dm ³
Magnésio	0,988	1,200	cmolc/dm ³
Alumínio (RBLE)	0,156	0,192	cmolc/dm ³
Sódio	0,045	0,041	cmolc/dm ³
Potássio	0,146	0,118	cmolc/dm ³
Hidrogênio + Alumínio	2,746	2,364	cmolc/dm ³
Sódio (RBLE)	10,360	9,500	mg/dm ³
Potássio (RBLE)	56,760	45,980	mg/dm ³
Fósforo (RBLE)	7,740	7,022	mg/dm ³
PH em SMP	6,260	6,440	-
SB - Soma de Bases Trocáveis	3,760	3,378	cmolc/dm ³
CTC	6,506	5,742	cmolc/dm ³
PST	0,690	0,698	%
V - Índice de Saturação de Bases	57,900	56,600	%

estimado pela diferença entre a produção total e o custo com as adubações de base e nitrogenada em cobertura, em sacos de 60 kg de espigas por hectare, considerando os preços da tonelada de Uréia e de 8-28-16+Zn, valendo R\$ 1.500,00 e de R\$ 27,00 para a saca de milho. Considerando ainda, que os outros itens do sistema de produção foram os mesmos para os dois ambientes e não foram computados, os custos de produção foram de 46,66 e 11,73 sacos por hectare, em alta e baixa tecnologia, respectivamente.

Resultados e Discussão

As análises estatísticas (dados não apresentados) para as características produção e lucro, em sacos por hectare, usando o procedimento fatorial do Programa Genes, mostraram que os híbridos diferiram entre si, tanto na produção quanto no lucro, nas duas condições ambientais e na média dos ambientes, enquanto que as duas condições ambientais só diferiram entre si na característica produção, ou seja, o incremento médio nas produtividades dos híbridos, conferido pela adubação quatro vezes maior, não foi suficiente para cobrir as despesas médias com a adubação, de modo que o lucro médio não diferiu entre os dois ambientes. Interessante mencionar que, pelo fato de a característica lucro ter sido estimada pela subtração de uma constante dos dados de produção, equivalente ao custo da produção, os resultados das análises de variância para essas duas características foram idênticos.

As diferenças de comportamento produtivo dos híbridos nos dois ambientes, visualizadas por meio da classificação decrescente em cada um dos ambientes, identificadas pelas cores verde, branca, amarela e vermelha, de acordo com o posicionamento do híbrido no primeiro, segundo, terceiro ou quarto quartil, respectivamente, não foram de magnitude suficiente para que o teste F da interação genótipos x ambientes, fosse significativo à pelo menos 5% de probabilidade, para as duas características. Ainda assim, as diferenças de eficiência econômica entre os híbridos, nos limites superior e inferior, variaram de um lucro de 53,96 sacos por hectare até um prejuízo de 39,10 sacos por hectare, para o material que apresentou a menor produtividade no ambiente onde foi usada a adubação mais pesada (Tabela 2).

A classificação dos 31 híbridos em ordem decrescente, em função das diferenças entre as eficiências econômicas obtidas nos ambientes de alta e baixa adubação, na última coluna da Tabela 2, mostra que foram encontradas grandes diferenças entre e dentro de todos os quartis de classificação de híbridos, contudo, o híbrido ideal, capaz de reunir as características de alta eficiência em baixa adubação e alta resposta a alta adubação, deve ser procurado no primeiro quartil, identificado pela cor verde. Observa-se que, apesar do alto custo de produção da alta adubação foi nessa condição que quatro híbridos apresentaram os maiores lucros desse estudo, indicando a grande variabilidade genética entre as capacidades de repostas dos híbridos aos níveis de utilização de insumos, os híbridos P 3862 Hx, P 4285 Hx, AG 8060Yg e 2B688Hx. Logo em seguida vieram o P 3646 Hx, o 30A95Hx e o AG 8060 Yg, também com lucros elevados, só que no nível mais baixo de adubação.

Um dos questionamentos que se poderia fazer com base na não significância da interação genótipos x ambientes, nesse trabalho, seria sobre a viabilidade da metodologia adotada, em virtude do comportamento semelhante dos genótipos nos dois ambientes. No entanto, analisando-se o comportamento dos híbridos que obtiveram os lucros mais elevados, verifica-se que apenas o P 3862 Hx conseguiu ficar no primeiro quartil em três situações diferentes: na alta adubação, na baixa adubação e na diferença entre esses dois ambientes. Embora o AG 8060 Yg tenha sido o único híbrido a alcançar os maiores lucros nas duas condições ambientais ao mesmo tempo, não foi o que atendeu melhor as exigências para ser o híbrido ideal, uma vez que o comportamento nos dois ambientes foi muito parecido.

Os híbridos 2B688 Hx e P 4285 Hx apresentaram grandes diferenças de comportamento nos dois ambientes mas, para serem candidatos a híbrido ideal, precisariam ter apresentado uma maior produção em baixa adubação onde deveriam ter sido classificados no primeiro quartil. Situação contrária apresentaram os híbridos P 3646 Hx e 30A95 Hx, que

foram muito eficientes na baixa adubação mas não responderam como esperado à melhoria da condição ambiental.

Essas diferenças de comportamento, apesar de não terem sido suficientes para proporcionar uma significância válida para a interação GxA, não teriam sido observadas se os híbridos tivessem sido avaliados em apenas um dos ambientes, e o híbrido mais próximo de ser considerado como candidato a híbrido ideal, só teria sido selecionado se o ensaio tivesse sido conduzido com o nível mais alto de adubação.

Os resultados das redes Nacional e da APPS de avaliação de cultivares de milho da safra 2011, onde o P 3862 Hx ficou em 2º e em 1º lugar geral, respectivamente, corroboram os resultados apresentados aqui, e comprovam a utilidade dessa metodologia na identificação de genótipos portadores de genes responsáveis pela eficiência de absorção, transporte e utilização de nutrientes, em ambientes de baixa oferta de nutrientes e de genes responsáveis pela capacidade de resposta, em ambiente de alta oferta de nutrientes.

Conclusões

Os resultados preliminares apresentados aqui, e comprovam a utilidade dessa metodologia na identificação de genótipos portadores de genes responsáveis pela eficiência de absorção, transporte e utilização de nutrientes em ambientes de baixa oferta de nutrientes e de genes responsáveis pela capacidade de resposta em ambiente de alta oferta de nutrientes.

Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão de uma Bolsa de Produtividade em Pesquisa e à FAPEMIG - Fundação de Apoio à Pesquisa de MG, pelo suporte financeiro.

Literatura Citada

FALCONER, D.S. Introdução à genética quantitativa. Viçosa, MG: UFV, 1987. 279 p.

HALDANE, J.B.S. The interaction of nature and nurture. *Annals of Human genetics* Volume 13, Issue 1, Article first published online: 13 APR 2011
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-1809.1946.tb02358.x/pdf>

VENCOVSKY, R., BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto: s.n., 1992. 496 p.

Tabela 2 – Características agrônômicas, produção de espigas em kg/ha (PESP) e eficiência econômica de 31 híbridos de milho avaliados em alta e baixa adubação, em Nossa Senhora das Dores, SE, na safra 2011.

Cultivar	Alta Adubação					Baixa Adubação					Diferença					Lucro (sc/ha)		
	AP	AE	%ac+qu	%ED	PESP Kg/ha	AP	AE	%ac+qu	%ED	PESP Kg/ha	AP	AE	%ac+qu	%ED	PESP Kg/ha	Alta	Baixa	Diferença
30 2b688hx	238	108	3.75	1.25	15250	215	100	2.50	5.71	9917	23	8	1.25	-4.46	5333	207.51	153.55	53.96
19 p3862h	270	130	8.51	0.00	16800	215	100	2.38	0.00	11533	55	30	6.13	0.00	5267	233.34	180.49	52.85
16 p4285h	243	113	0.00	1.25	15833	218	115	0.00	0.00	11267	25	-3	0.00	1.25	4567	217.23	176.05	41.18
18 p30f80y	233	115	18.30	0.00	10017	220	110	0.00	0.00	6567	13	5	18.30	0.00	3450	120.29	97.72	22.57
24 nbx1280	240	130	10.67	2.67	12133	215	123	1.67	1.67	8783	25	8	9.00	1.00	3350	155.57	134.66	20.91
5 pl1335	255	125	1.35	0.00	11683	200	95	1.43	0.00	8500	55	30	-0.08	0.00	3183	148.06	129.94	18.12
10 brs1035	240	125	15.96	0.00	10650	205	103	2.70	4.55	7750	35	23	13.26	-4.55	2900	130.84	117.44	13.40
11 30a9lhx	248	110	0.00	0.00	13033	200	95	1.28	0.00	10442	48	15	-1.28	0.00	2592	170.56	162.30	8.26
8 ag8060yg	248	120	22.68	5.59	15283	215	98	4.76	1.19	12767	33	23	17.92	4.40	2517	208.06	201.05	7.01
20 2b710hx	235	113	6.45	0.00	11950	200	90	0.00	2.63	9467	35	23	6.45	-2.63	2483	152.51	146.05	6.46
7 pentatl	238	115	2.57	0.00	11500	220	110	5.27	2.50	9583	18	5	-2.70	-2.50	1917	145.01	147.99	-2.98
31 ag5055	253	180	3.92	2.44	13117	225	125	8.92	1.39	11300	28	55	-5.00	1.05	1817	171.95	176.61	-4.66
14 2b587hx	228	110	8.71	0.00	13900	195	95	2.60	0.00	12400	33	15	6.11	0.00	1500	185.01	194.94	-9.94
29 formatl	230	103	2.44	1.32	9450	208	90	13.06	0.00	7967	23	13	-10.61	1.32	1483	110.84	121.05	-10.21
6 sommatl	203	98	3.75	0.00	12817	195	105	0.00	0.00	11400	8	-8	3.75	0.00	1417	166.95	178.27	-11.32
9 nbx970	230	113	6.62	1.35	10117	200	103	5.95	11.23	8783	30	10	0.67	-9.88	1333	121.96	134.66	-12.71
2 shs7770	205	113	77.07	0.00	7333	188	93	20.53	1.35	6050	18	20	56.55	-1.35	1283	75.57	89.10	-13.54
1 brs3040	223	100	18.30	0.00	10667	215	98	5.87	1.25	9483	8	3	12.42	-1.25	1183	131.12	146.33	-15.21
3 bras3010	230	105	18.60	2.56	8783	200	100	2.44	1.32	7650	30	5	16.16	1.25	1133	99.73	115.77	-16.04
28 shs5560	215	93	20.88	1.25	9517	205	108	4.71	4.82	8483	10	-15	16.17	-3.57	1033	111.95	129.66	-17.71
23 ag5030yg	245	108	10.53	0.00	11683	220	110	0.00	3.95	10683	25	-3	10.53	-3.95	1000	148.06	166.33	-18.27
26 impactl	230	115	57.25	0.00	11167	215	118	32.63	0.00	10217	15	-3	24.63	0.00	950	139.46	158.55	-19.10
22 syn7g17	248	128	1.22	1.25	11150	220	123	0.00	1.22	10383	28	5	1.22	0.03	767	139.18	161.33	-22.15
27 garratl	220	110	1.19	1.14	12067	205	120	6.07	3.49	11333	15	-10	-4.88	-2.36	733	154.45	177.16	-22.71
21 maxitltg	223	113	6.31	0.00	10733	200	95	3.75	3.89	10000	23	18	2.56	-3.89	733	132.23	154.94	-22.72
13 dkb390pr	245	120	1.19	2.38	13233	188	100	2.56	1.14	12550	58	20	-1.37	1.24	683	173.90	197.44	-23.55
4 orion	233	113	14.77	2.63	8583	195	95	2.44	0.00	7933	38	18	12.32	2.63	650	96.40	120.49	-24.10
12 30a95hx	243	113	8.14	0.00	13550	195	90	6.36	0.00	12917	48	23	1.78	0.00	633	179.17	203.55	-24.38
15 p3646h	233	108	2.63	3.44	13617	195	95	0.00	0.00	13067	38	13	2.63	3.44	550	180.29	206.05	-25.77
17 bmx944	240	123	7.94	0.00	9500	213	103	1.35	2.90	9500	28	20	6.59	-2.90	0	111.67	146.61	-34.94
25 brs1030	225	110	42.74	0.00	9050	198	108	34.08	0.00	9300	28	3	8.66	0.00	-250	104.18	143.27	-39.10
Média	235	115	13.05	0.98	11747	206	103	5.66	1.81	9935	29	12	7.39	-0.83	1813	149.13	153.85	-4.72

AP= altura da planta; AE= altura da espiga; %ac+qu= % de plantas acamadas + quebradas; % Ed = % de espigas doentes;