

Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho nos Estados de Sergipe e Alagoas¹

Adaptability and stability of maize cultivars in the states of Sergipe and Alagoas

Evanildes Menezes de Souza², Hélio Wilson Lemos de Carvalho³, Maria de Lourdes da Silva Leal³
e Denis Medeiros dos Santos⁴

RESUMO

Trinta e seis cultivares de milho foram avaliados, em 2002, em seis ambientes dos Estados de Sergipe e Alagoas, em blocos ao acaso, com três repetições, objetivando conhecer a adaptabilidade e a estabilidade de produção, para fins de recomendação na região. Foram detectados efeitos significativos quanto a ambientes, cultivares e interação cultivares x ambientes, na análise de variância conjunta, e foram evidenciadas diferenças marcantes entre ambientes, as cultivares e respostas das cultivares ante às oscilações ambientais. Os híbridos apresentaram melhor desempenho produtivo que as variedades, apesar de algumas variedades mostrarem comportamento produtivo semelhantes a alguns híbridos. Os híbridos 97 HT 19-A, 97 HT 14-A e BRS 3143 destacaram-se nas condições favoráveis. As variedades Asa Branca, Sertanejo, SHS 600 EX-200, AL Bandeirante e São Francisco, de altos rendimentos médios e adaptabilidade geral ($b_1 = 1$) têm importância fundamental nos sistemas de produção de pequenos e médios produtores rurais.

Termos para indexação: *Zea mays* L., previsibilidade, variedades, híbridos.

ABSTRACT

In the agricultural year of 2002, thirty six maize cultivars were evaluated using six environments from Sergipe and Alagoas States in order to know the adaptability and stability for regional recommendations. It was used the experimental randomized block design with three replications. Significant effects were detected for environments, for cultivars and for interaction cultivars x environments. The combined analysis of variance showed strong differences among environments, cultivars and answers of the cultivars face to environmental oscillations. The hybrids showed better productive potential that the varieties despite some varieties showed similar productive behavior in relation to some hybrids. The hybrids 97 HT 19-A, 97 HT 14-A and BRS 3143 stood out in the favorable environments. The varieties Asa Branca, Sertanejo, SHS 600EX200, AL Bandeirante and São Francisco, with high mean productions and general adaptability ($b_1 = 1$), have fundamental importance for small farming systems production of the small and medium farmers.

Index terms: *Zea mays* L., previsibility, cultivars, genotype x environment interaction.

¹ Recebido para publicação em 08/07/2003. Aprovado em 09/12/2003.

² Aluna do curso de Biologia em nível de graduação, Estagiária da Embrapa Tabuleiros Costeiros, CP. 44, Aracaju-SE. E-mail: eva@cpac.embrapa.br

³ Engenheiro Agrônomo, M. Sc., Embrapa Tabuleiros Costeiros, CP. 44, Aracaju-SE. E-mail: helio@cpac.embrapa.br

⁴ Engenheiro Agrônomo, Ph. D., Embrapa Tabuleiros Costeiros, CP. 44, Aracaju-SE. E-mail: denis@cpac.embrapa.br

Introdução

Os ecossistemas dos Tabuleiros Costeiros e Agreste, localizados nos Estados de Alagoas e Sergipe, têm mostrado grande adaptação para o desenvolvimento da cultura do milho, registrando-se produtividades superiores a 6t/ha em plantios comerciais tecnificados. Esses níveis elevados de produtividade têm sido constatados também em trabalhos de competição de cultivares realizados na região (Carvalho et al., 2000, 2001 e 2002a).

Sendo as diferentes cultivares de milho submetidas a diferentes condições ambientais, torna-se necessário o desenvolvimento de um programa de melhoria voltado para avaliação de variedades e híbridos de milho visando oferecer alternativas aos produtores, no tocante à escolha de materiais superiores, e portadores de atributos agrônômicos superiores.

Segundo Ramalho et al. (1993) a interação cultivares x ambientes assume papel fundamental no processo de recomendação de cultivares, e é necessário minimizar o seu efeito, o que é possível através da seleção de cultivares com maior estabilidade fenotípica. Diversos trabalhos ressaltaram a importância e a influência da interação, principalmente nas fases do programa que envolvem a avaliação final e a recomendação de cultivares (Gama et al., 2000; Ribeiro et al., 2000; Cardoso et al., 2000 e Carvalho et al., 2002b).

Nos ecossistemas do agreste, o milho exerce grande importância econômica, por ser, juntamente com o feijão, a base da sustentação familiar da maioria dos agricultores. Nesses ecossistemas, em razão da regularidade climática, a ocorrência de frustração de safras é menos freqüente. As superfícies dos Tabuleiros Costeiros são planas e possuem solos que se prestam às práticas de agricultura mecanizada, tendo ainda como vantagens para a produção agrícola e constância de estação chuvosa, solos com profundidade de 2m e isento de pedras, e localização nas proximidades dos grandes centros comerciais.

Este trabalho teve por objetivo avaliar a adaptabilidade e a estabilidade de diversas cultivares de milho, quando submetidas a diferentes condições ambientais nos Estados de Sergipe e Alagoas.

Material e Métodos

Realizaram-se seis ensaios, distribuídos nos Estados de Alagoas (dois ensaios) e Sergipe (quatro

ensaios), nos ecossistemas dos Tabuleiros Costeiros e Agreste, no ano agrícola de 2002. Utilizaram-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com três repetições de 36 tratamentos (23 variedades e 13 híbridos). Cada parcela constou de quatro fileiras de 5,0m comprimento, espaçadas de 0,80m e com 0,40m entre covas. Colocaram-se três sementes por cova, deixando-se duas plantas por cova após o desbaste. Foram colhidas as duas fileiras centrais de modo integral, resultando numa área útil de 8,0m². Realizaram-se as adubações conforme os resultados das análises de solo de cada área experimental.

Os pesos de grãos (15% de umidade) submetem-se à análise de variância pelo modelo de blocos ao acaso. A análise de variância conjunta obedeceu aos critérios de homogeneidade dos quadrados médios residuais (Pimentel-Gomes, 1990). As referidas análises foram efetuadas utilizando-se o Statistical Analysis System (SAS Institute, 1996) para dados balanceados (PROCANOVA).

Os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade foram estimados usando-se a metodologia de Cruz et al. (1989), que se baseia na análise de regressão bissegmentada, tendo como parâmetros de adaptabilidade a média (b_0), a resposta linear aos ambientes desfavoráveis (b_1) e aos ambientes favoráveis ($b_1 + b_2$). A estabilidade das cultivares foi avaliada pelos desvios da regressão σ_{ij} de cada material, de acordo com as variações ambientais.

Foi utilizado o seguinte modelo:

$Y_{ij} = b_{0i} + b_{1i}I_j + b_{2i}T(I_j) + \sigma_{ij} + e_{ij}$ onde Y_{ij} : média da cultivar i no ambiente j ; I_j : índice ambiental; $T(I_j) = 0$ se $I_j < 0$; $T(I_j) = I_j - I_+$ se $I_j > 0$, sendo I_+ a média dos índices I_j positivos; b_{0i} : média geral da cultivar i ; b_{1i} : coeficiente de regressão linear associado à variável I_j ; b_{2i} : coeficiente de regressão linear associado à variável $T(I_j)$; σ_{ij} : desvio da regressão linear; e_{ij} : erro médio experimental.

Resultados e Discussão

As análises de variância por ambiente mostraram efeitos significativos entre as cultivares, o que evidencia variação entre as mesmas nos vários ambientes (Tabela 1). Os coeficientes de variação oscilaram de 10% a 13%, conferindo boa precisão aos ensaios, conforme critérios adotados por Scapim et al. (1995). As produtividades médias de grãos, a nível de ambientes, oscilaram de 3.554 kg/ha, no ambiente Nossa Senhora das Dores 1 a 5.821 kg/ha,

Tabela 1 - Resumo das análises de variância de rendimento de grãos (kg/ha) de cada ensaio. Sergipe e Alagoas, 2002.

Ambientes	F	Média	C.V. (%)
Arapiraca	9,9**	4921	11
Nossa Senhora das Dores 1	4,7**	3554	12
Nossa Senhora das Dores 2	8,1**	5821	11
Nossa Senhora das Dores 3	12,6**	5786	10
Simão Dias	4,1**	5058	13
Teotônio Vilela	4,1**	5550	10

**significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 2 - Análise de variância conjunta de rendimento de grãos (kg/ha) de 36 cultivares de milho em 6 ambientes do Estado de Sergipe e Alagoas, no ano de 2002.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Ambientes (A)	5	77.823.156,0**
Cultivares (C)	35	8.671.201,9**
Interação (AxC)	175	1.099.864,0**
Resíduo	420	323.018,1
Média	-	5.113
C. V. (%)	-	11,1

** significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

no ambiente Nossa Senhora das Dores 2, o que mostra o potencial dessa área para o desenvolvimento da cultura do milho.

Os ambientes Nossa Senhora das Dores 2 e 3, localizados nos Tabuleiros Costeiros de Sergipe Teotônio Vilela, nos Tabuleiros Costeiros alagoanos, mostraram produtividades médias superiores à média geral (5.113 kg/ha), expressando melhores potencialidades para o desenvolvimento da cultura do milho. Os rendimentos médios registrados nesses ambientes mais favoráveis colocam essas áreas em condições de competir com a exploração do milho com áreas dos cerrados baianos e do Sul do Maranhão, reduzindo os custos com a importação

de milho de outras partes do país para complementar a necessidade regional.

Houve efeitos significativos ($P < 0,01$) quanto aos ambientes, cultivares e interação cultivares x ambientes, o que evidencia o comportamento diferenciado entre os ambientes e as cultivares e inconsistência no comportamento das cultivares ante às oscilações ambientais (Tabela 2). Diversos trabalhos de competição de cultivares têm destacado a importância de interações significativas, conforme ressaltam Cardoso et al. (2000), Gama et al. (2000), Ribeiro et al. (2000), Gomes et al. (2002) e Carvalho et al., (2002a e 2002b). Em todos esses casos os autores mencionados procuraram atenuar o efeito

dessa interação por meio da recomendação de cultivares de melhor estabilidade fenotípica (Ramalho et al., 1993).

Em razão, portanto, da presença da interação cultivares x ambientes, foram verificadas as respostas de cada uma das cultivares nos ambientes considerados, pelo método proposto, o qual busca como cultivar ideal aquela que apresenta alta produtividade média de grãos ($b_0 >$ média geral), adaptabilidade nos ambientes desfavoráveis (b_1 o menor possível), e é capaz de responder à melhoria ambiental ($b_1 + b_2$ o maior possível), além de apresentar variância dos desvios da regressão próxima ou igual a zero.

Observou-se que a produtividade média de grãos (b_0) variou de 3.133 kg/ha a 6.327 kg/ha, com média geral de 5.113 kg/ha (Tabela 3), o que evidencia alto potencial para a produtividade dos materiais avaliados. Ressalta-se que, aliado ao modelo proposto, considerou-se como cultivar melhor adaptada, aquela que expressou maior produtividade média de grãos, ou seja, acima da média geral (Vencovsky & Barriga, 1992). Os híbridos mostraram melhor adaptação que as variedades, produzindo, em média, 5.472 kg/ha de grãos, superando em 11 % o rendimento médio das variedades (4.915 kg/ha). Superioridades expressivas dos híbridos em relação às variedades, na Região Nordeste do Brasil, têm sido destacadas por Carvalho et al. (2001 e 2002a).

A estimativa de b_1 , que avalia o desempenho dos materiais nos ambientes desfavoráveis, evidenciou que, entre as cultivares de melhor adaptação ($b_0 >$ média geral), os híbridos 97 HT -19 A, BRS 3143 e 97 HT 14-A mostraram-se exigentes nas condições desfavoráveis ($b_1 > 1$). A estimativa de $b_1 + b_2$, que avalia o desempenho dos materiais nas condições favoráveis, mostrou que, entre as cultivares de melhor adaptação, apenas os híbridos BEM 1170 e BRS 3143 e as variedades Sertanejo e AL Bandeirante foram responsivas à melhoria ambiental ($b_1 + b_2 > 1$).

As cultivares que apresentaram os desvios de regressão estatisticamente diferentes de zero, expressaram baixa estabilidade nos ambientes considerados (Tabela 3). Apesar disso, Cruz et al. (1989) consideram que materiais com valores de $R^2 > 80$ % não devem ter o seu grau de previsibilidade prejudicado. Desta forma, as cultivares de melhor adaptação, à exceção dos híbridos BEM 1170, 97 HT 14-A e BRS 2223 e da variedade AL Bandeirante,

mostraram estimativas de $R^2 > 80$ %, evidenciando bom ajustamento às retas de regressão.

A cultivar ideal preconizada pelo modelo ($b_0 >$ média geral, $b_1 < 1$, $b_1 + b_2 > 1$ e desvio da regressão igual a zero), não foi encontrada no conjunto avaliado (Tabela 3). De igual maneira, não foram identificadas cultivares com adaptação específica a ambientes desfavoráveis ($b_0 >$ média geral, $b_1 < 1$ e $b_1 + b_2 < 1$). Entretanto, pela posição de suas médias, destacaram-se, para essa condição ambiental, os híbridos 97 HT 19 - A e BEM 1220. O 97 HT 19 -A, embora exigente nas condições desfavoráveis ($b_1 > 1$), apresentou ótimo desempenho nessa condição, o que sugere sua recomendação para essa classe de ambiente. No que tange aos ambientes favoráveis, merece destaque o híbrido BRS 3143, por apresentar $b_0 >$ média geral, ser exigente nas condições desfavoráveis e ser responsivo à melhoria ambiental ($b_1 > 1$ e $b_1 + b_2 > 1$). Os híbridos 97 HT 19-A e 97 HT 14-A podem também ser recomendados para as condições favoráveis, por expressarem produtividades médias altas ($b_0 >$ média geral), serem exigentes nas condições desfavoráveis ($b_1 > 1$) e apresentarem estimativas de $b_1 + b_2$ semelhantes à unidade. Os híbridos que responderam à melhoria ambiental ($b_1 + b_2 > 1$) e mostraram rendimentos médios altos ($b_0 >$ média geral) e b_1 semelhantes a unidade, tais como, o híbrido BEM 1170 e as variedades Sertanejo e AL Bandeirante são também recomendados para essa classe de ambientes.

Conclusões

1. As cultivares diferiram quanto à adaptabilidade, destacando-se nos ambientes favoráveis, os híbridos 97 HT 19-A, 97 HT 14-A e BRS 3143.
2. As variedades Asa Branca, Sertanejo, SHS 600 EX 200, AL Bandeirante e São Francisco, de altos rendimentos médios de grãos, são indicadas para os sistemas de produção dos pequenos e médios produtores rurais.
3. O material ideal preconizado pelo modelo bissegmentado não foi encontrado no conjunto avaliado.
4. As variedades e híbridos de melhor adaptação e com estimativas de b_1 semelhantes à unidade têm importância fundamental nos sistemas de produção da região.

Tabela 3 - Estimativas das médias e dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de 36 cultivares de milho em seis ambientes dos Estados de Sergipe e Alagoas, no ano agrícola de 2002.

Cultivares	Média de grãos			b ₁	b ₂	b ₁ +b ₂	R ²
	Geral	Desfavorável	Favorável				
97 HT 19-A ¹	6327	5640	7015	1,39**	-1,64ns	-0,24ns	85
BEM 1220 ¹	6309	5783	6385	0,99ns	6,62**	7,62**	98
BEM 1170 ¹	6127	5377	6878	0,99ns	0,86ns	1,85ns	56
BRS 3143 ¹	6047	5192	6904	1,35*	4,67**	6,02**	83
Asa Branca ³	6046	5341	6750	1,05ns	-0,65ns	0,40ns	98
Sertanejo ³	5955	5229	6681	1,23ns	3,76*	5,00**	88
SHS 600 EX-200 ³	5904	5134	6674	1,28ns	-1,92ns	0,63ns	97
97 H 14-A ¹	5781	4570	6991	1,48**	1,69ns	3,17ns	78
BRS 2110 ²	5724	5380	6139	0,81ns	1,02ns	1,84ns	92
AL Bandeirante ³	5620	4518	6723	1,24ns	4,77**	6,01**	77
São Francisco ³	5609	5170	6047	0,99ns	2,41ns	3,41ns	86
BRS 2223 ²	5333	4873	5793	0,86ns	-2,21ns	-1,35ns	78
AL 34 ³	5293	4746	5840	1,17ns	2,04ns	3,21ns	88
BRS 3150 ¹	5281	4449	6114	1,21ns	-0,61ns	0,61ns	94
CMS 59 ³	5055	4751	5359	0,85ns	-1,27ns	0,41ns	56
Bozm Amarillo ³	5042	4743	5341	0,66ns	3,25*	3,91ns	92
BRS 3101 ¹	5025	4278	5772	1,23ns	-1,49ns	-0,25ns	96
97 HT 129 ¹	5018	5092	4943	0,28**	-7,95**	-7,67**	64
Sintético Dentado ³	4989	4220	5758	1,20ns	-0,89ns	0,31ns	97
BR 205 ²	4967	4333	5602	1,17ns	1,38ns	2,54	96
Bozm Blanco ³	4967	4238	5697	1,17ns	6,18**	7,36**	98
CMS 35 ³	4960	4500	5420	0,88ns	-1,10ns	0,22ns	96
AL 30 ³	4829	3956	5701	0,96ns	0,75ns	1,71ns	65
BRS 3060 ¹	4821	4287	5356	1,08ns	0,34ns	1,43ns	85
Sintético Duro ³	4804	3803	5802	1,27ns	0,66ns	1,94	86
AL 25 ³	4774	3996	5553	1,08ns	-4,73**	-3,65**	82
Assum Preto ³	4704	4211	5199	0,92ns	-3,26*	-2,34*	94
Cruzeta ³	4704	4158	5252	0,90ns	3,13*	4,03*	97
BR 106 ³	4622	3596	5648	1,36*	0,07ns	1,43ns	68
Al Manduri ³	4759	4313	5204	0,94ns	0,31ns	1,26ns	92
Saracura ³	4527	4061	4994	0,70ns	-1,06ns	-0,36ns	82
BRS 4150 ³	4507	3876	5139	1,00ns	1,03ns	-0,03ns	90
97 HT 98-A ¹	4413	4344	4483	0,35**	-3,12*	-2,77*	64
BR 473 ³	4378	3894	4862	0,85ns	-3,87*	-3,01**	92
São Vicente ³	3853	3719	3987	0,52**	-3,28*	-2,76**	29
CMS 47 ³	3133	2680	3577	0,46**	-3,82*	-3,36**	45

** e * Significativamente diferente da unidade para b₁ e b₁ + b₂ e zero para b₂ a 1% e 5% de probabilidade pelo teste "t" de Student.

¹Híbrido triplo, ²Híbrido duplo e ³Variedade

Referências Bibliográficas

- CARDOSO, M. J.; CARVALHO, H. W. L. de.; LEAL, M. de L. da S.; SANTOS, M. X. dos. Comportamento, adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho no Estado do Piauí no ano agrícola de 1998. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.5, n.1, p.146-153, 2000.
- CARVALHO, H. W. L. de; LEAL, M. de L. da S.; CARDOSO, M. J.; SANTOS, M. S. dos; CARVALHO, B. C. L. de; TABOSA, J. N.; LIRA, M. A. e ALBUQUERQUE, M. M.. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro no ano agrícola de 1998. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.4, p.637-644, 2001.
- CARVALHO, H. W. L. de; LEAL, M. de L. da S.; CARDOSO, M. J.; SANTOS, M. X. dos; TABOSA, J. N.; SANTOS, M. D. dos; LIRA, M. A. Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho em diferentes condições ambientais do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.1, n.2, p.75-82, 2002a .
- CARVALHO, H. W. L. de; LEAL, M. de L. da S.; CARDOSO, M. J.; SANTOS, M. X. dos; TABOSA, J. N.; CARVALHO, B. C. L. de; LIRA, M. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro no triênio 1998 a 2000. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.11, p.1581-1588, 2002b.
- CARVALHO, H. W. L. de.; LEAL, M. de L. da S.; SANTOS, M. X. dos; MONTEIRO, A. A. T.; CARDOSO, M. J.; CARVALHO, B. C. L. de. Estabilidade de cultivares de milho em três ecossistemas do Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.9, p.1773-1781, 2000.
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.12, p.567a 580, 1989.
- GAMA, E. E. G.; PARENTONI, S. N.; PACHECO, C. A. P.; OLIVEIRA, A.C. de; GUIMARÃES, P. E. de O. de; SANTOS, M. X. dos. Estabilidade de produção de germoplasma de milho avaliado em diferentes regiões do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.6, p.1143-1149, 2000.
- GOMES, M. de S.; PINHO, R. G. V.; OLIVEIRA, J. S de; RAMALHO, M. A. P.; VIANA, A. C. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para produtividade de matéria seca e degradabilidade ruminal da silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.1, n.2, p.75-82, 2002.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 8. Ed. São Paulo: Nobel, 1990. 450p.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**: aplicação no melhoramento do feijoeiro. Goiânia, Editora UFG, 1993. cap. 6, p.131-169. (Publicação, 120).
- RIBEIRO, P. H. E.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho avaliadas em diferentes condições ambientais do Estado de Minas Gerais. In: REUNION LATINO AMERICANA DEL MAIZ, 28°, 2000, Sete Lagoas, MG. **Memórias...** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo/CIMMYT, 2000. p.251-260.
- SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). **SAS/STAT user's guide**: VERSION 6.4 Cary, 1996. v.1.
- SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P de; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.5, p.683-686, 1995.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.