



ESTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE GRÃOS DE SEIS VARIEDADES DE MILHO E SEUS RESPECTIVOS HÍBRIDOS INTERVARIETAIS¹

MAURÍCIO ANTÔNIO LOPES², ELTO EUGENIO GOMES E GAMA e RICARDO MAGNAVACA³

RESUMO - A estabilidade da produção de grãos de seis variedades e dos respectivos 15 híbridos intervarietais de milho (*Zea mays* L.) foram estudadas em diferentes ambientes, em oito estados da Federação: São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Goiás, Paraná, Rio Grande do Sul e Acre. As cultivares CMS 05, CMS 04 de "per se" e os híbridos intervarietais CMS 05 x CMS 28, CMS 05 x CMS 04, CMS 12 x CMS 04, CMS 05 x CMS 11, CMS 11 x CMS 28 e CMS 05 x CMS 12 foram as mais produtivas. Todas apresentaram ampla estabilidade, de acordo com o parâmetro de estabilidade ($\hat{\delta}$). Porém, para S^2_{d1} , as cultivares CMS 05 x CMS 12, CMS 05 x CMS 04, CMS 12 x CMS 04, CMS 22 x CMS 28, CMS 04 x CMS 28 e CMS 22 apresentaram significativos desvios da regressão. O híbrido intervarietal CMS 05 x CMS 28 destacou-se como o de comportamento mais estável.

Termos para indexação: *Zea mays*, cultivar.

YIELD STABILITY OF SIX MAIZE VARIETIES AND THEIR RESPECTIVE INTERVARIETAL CROSSES

ABSTRACT - Yields stability of six maize (*Zea mays* L.) varieties and their respective 15 intervarietal crosses were studied at different environments in eight states: São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Goiás, Paraná, Rio Grande do Sul and Acre. The varieties CMS 05 and CMS 04 showed the best performance "per se" and the best intervarietal crosses were CMS 05 x CMS 28, CMS 05 x CMS 04, CMS 12 x CMS 04, CMS 05 x CMS 11, CMS 11 x CMS 28 and CMS 05 x CMS 12. All these above cultivars showed ample stability, measured by stability parameter ($\hat{\delta}$), but, according to regression deviation (S^2_{d1}), the cultivars CMS 05 x CMS 12, CMS 05 x CMS 04, CMS 12 x CMS 04, CMS 22 x CMS 28, CMS 04 x CMS 28 and CMS 22 showed significant deviations. The varietal cross CMS 05 x CMS 28 was the best in terms of stability.

Index terms: *Zea mays*, cultivar.

INTRODUÇÃO

A habilidade das variedades de se comportarem bem em grande amplitude de condições de ambiente tem sido parte essencial dos modernos programas de melhoramento (Finlay & Wilkinson 1963, Gill & Singh 1982). O termo "estabilidade de produção" tem sido definido sob variadas formas, mas usualmente considera-se variedade estável aquela que apresenta pequenas variações no seu comportamento geral, quando desenvolvida sob condições diversas de ambiente (Oliveira 1976).

Gama (1978) ressalta que amplos esforços devem ser realizados no sentido de identificar genótipos que possuam alta estabilidade de produção em variados ambientes, e Oliveira (1976) lembra

a utilidade desses materiais para pequenos agricultores, que devem utilizar variedades pouco sensíveis a trocas de ambiente, por carecerem de recursos para aplicação de níveis adequados de tecnologia.

Vários estudos foram propostos por diversos autores para ilustrar o uso de técnicas para estimação de parâmetros de estabilidade genotípica (Gama 1978). Finlay & Wilkinson (1963) elaboraram um método baseado no coeficiente de regressão linear (b) e na média de produção de cada genótipo. Eberhart & Russel (1966) expandiram o método, incluindo o quadrado médio dos desvios de regressão (S^2_{d1}) como outro parâmetro para avaliar o comportamento e definiram variedade estável como aquela a que correspondam valor de (b) unitário e (S^2_{d1}) nulo, além de médias altas de produção. Carvalho, citado por Carvalho et al. (1982), usando diferentes métodos para estimar a estabilidade da produção de genótipos de trigo submetidos a diversos ambientes, concluiu que os métodos mais eficientes são aqueles

¹ Aceito para publicação em 4 de dezembro de 1984.

² Eng. - Agr., Estagiário, EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal 151, CEP 35700 Sete Lagoas, MG.

³ Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/CNPMS.

que utilizam três parâmetros, ou seja, produção média, (\bar{b}) e (S^2_d) .

Este trabalho tem a finalidade de estudar a estabilidade da produção de grãos de 21 materiais genéticos de milho, testados em ambientes de oito estados brasileiros.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em oito locais: Guaíra (SP), Ituiutaba (MG), Guarapuava (PR), Viana (ES), Cruz Alta (RS), Ponta Porã (MS), Goiânia (GO) e Rio Branco (AC). Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições e 23 tratamentos. Os tratamentos compreenderam seis variedades do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, os res-

pectivos 15 híbridos intervarietais e duas testemunhas (Tabela 1). As parcelas foram formadas por quatro linhas de 4,0 metros de comprimento cada, sendo considerada a área útil as duas fileiras centrais. O espaçamento entre linhas foi de 1,0 metro e entre plantas foi de 0,20 metro. Semearam-se duas sementes e, 15 dias após a emergência, efetuou-se o desbaste para uma planta por cova, obtendo-se uma população correspondente a 50 mil plantas/ha. A adubação empregada foi aquela indicada pela análise de solo de cada local utilizado para a instalação dos oito ensaios.

Neste trabalho, utilizou-se o método proposto por Eberhart & Russel (1966). Neste método, calculou-se, para cada cultivar, o coeficiente de regressão linear (b) de seu rendimento em função de um índice de ambiente e a magnitude do quadrado médio dos desvios de regressão linear (S^2_d). De acordo com estes pesquisadores, uma cultivar é considerada estável e com boa adaptabili-

TABELA 1. Produção média de grãos^a(kg/ha) de milho, QM do erro e coeficiente de variação dos ensaios instalados em 8 estados do Brasil, em 1982/83.

| Tratamentos | Guaíra SP | Ituiutaba MG | Guarapuava PR | Viana ES | Cruz Alta RS | Ponta Porã MS | Goiânia GO | Rio Branco AC |
|-----------------|--------------|-----------------|------------------|-------------|-----------------|------------------|---------------|------------------|
| 01. CMS 05 x 12 | 5.300 | 2.367 | 8.033 | 3.733 | 3.984 | 4.806 | 4.607 | 4.916 |
| 02. CMS 05 x 28 | 5.233 | 3.233 | 7.800 | 5.133 | 4.046 | 5.351 | 5.481 | 5.242 |
| 03. CMS 05 x 11 | 4.667 | 2.467 | 7.267 | 4.533 | 3.928 | 4.611 | 4.623 | 6.233 |
| 04. CMS 05 x 22 | 4.633 | 2.600 | 7.333 | 4.700 | 3.362 | 4.060 | 4.567 | 5.182 |
| 05. CMS 05 x 04 | 4.733 | 3.233 | 8.700 | 3.800 | 3.910 | 4.522 | 4.847 | 6.121 |
| 06. CMS 12 x 22 | 4.333 | 3.167 | 6.967 | 4.133 | 2.562 | 4.521 | 4.518 | 5.169 |
| 07. CMS 12 x 11 | 4.134 | 2.400 | 6.500 | 3.733 | 3.011 | 4.290 | 4.454 | 5.648 |
| 08. CMS 12 x 28 | 4.267 | 3.133 | 7.000 | 4.466 | 3.149 | 4.947 | 4.582 | 5.170 |
| 09. CMS 12 x 04 | 3.400 | 2.900 | 7.833 | 4.300 | 4.114 | 4.740 | 4.757 | 5.639 |
| 10. CMS 11 x 22 | 4.367 | 2.400 | 6.367 | 3.800 | 2.615 | 4.997 | 4.530 | 5.138 |
| 11. CMS 11 x 28 | 5.267 | 3.167 | 7.867 | 3.433 | 3.569 | 4.660 | 4.573 | 6.240 |
| 12. CMS 11 x 04 | 4.800 | 2.233 | 6.867 | 4.233 | 3.135 | 4.459 | 5.051 | 5.165 |
| 13. CMS 22 x 28 | 5.033 | 2.667 | 5.767 | 3.633 | 2.063 | 4.583 | 4.665 | 4.532 |
| 14. CMS 22 x 04 | 5.367 | 2.300 | 6.200 | 3.933 | 3.260 | 4.414 | 4.062 | 5.578 |
| 15. CMS 04 x 28 | 5.800 | 2.100 | 7.667 | 4.033 | 4.116 | 4.632 | 4.463 | 5.245 |
| 16. CMS 05 | 5.167 | 2.233 | 6.800 | 3.934 | 3.671 | 4.951 | 4.460 | 5.546 |
| 17. CMS 04 | 5.034 | 2.700 | 6.733 | 4.300 | 3.400 | 4.988 | 4.478 | 5.782 |
| 18. CMS 28 | 3.567 | 2.267 | 5.567 | 4.067 | 2.950 | 4.113 | 4.340 | 4.996 |
| 19. CMS 22 | 3.467 | 2.900 | 4.367 | 3.133 | 1.837 | 4.992 | 3.647 | 4.720 |
| 20. CMS 11 | 4.966 | 2.100 | 5.933 | 4.067 | 2.997 | 4.353 | 4.691 | 5.131 |
| 21. CMS 12 | 5.000 | 2.800 | 6.500 | 3.967 | 2.926 | 4.280 | 4.673 | 4.998 |
| Média | 4.692 | 2.636 | 6.860 | 4.050 | 3.267 | 4.632 | 4.579 | 5.352 |
| QM. erro | 425.349 | 351.768 | 700.435 | 378.963 | 448.545 | 391.025 | 218.143 | 378.816 |
| CV % | 13,9 | 22,5 | 12,2 | 15,2 | 20,5 | 13,5 | 10,2 | 11,5 |
| Save 342 | 3.933 | 3.200 | 5.666 | 4.066 | 3.230 | 5.413 | 4.424 | 5.933 |
| Testemunhas | | | | | | | | |
| Maya XV | 4.400 | 2.633 | 6.500 | 3.700 | 3.350 | 3.620 | 4.793 | 4.985 |

^a Corrigido para 14% de umidade.

dade quando apresentar alto rendimento médio, \hat{b} não significativamente diferente da unidade e valor de S^2_d não-significativo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produções médias (kg/ha) de grãos em cada um dos oito ambientes encontram-se na Tabela 1. A produção média variou de 3.633 kg/ha (CMS 22) a 5.190 kg/ha (CMS 05 x CMS 28). Com exceção de Ituiutaba, MG e Cruz Alta, RS, houve, de maneira geral, boa produção nos ensaios, uma vez que os coeficientes de variação para os demais ambientes mantiveram-se em níveis mais baixos (10,2 a 15,2).

Os resultados da análise conjunta são apresentados na Tabela 2. Os efeitos de ambiente e tratamento apresentaram significância e o mesmo ocorreu para a interação genótipos x ambientes, indicando que as cultivares comportaram-se diferentemente nos vários locais. O quadrado médio para genótipo x ambiente (linear) não foi significativo, ao mesmo tempo que os desvios combinados mostraram significância. Tal fato indica que os coeficientes de regressão linear estimados (\hat{b}) não diferem entre si para a produção de grãos. Nenhuma das cultivares apresentou, portanto, \hat{b} significativamente diferente da unidade. Isto indica que este parâmetro não é, por si só, útil para identificar o modo de adaptação dos genótipos estudados frente às variações dos ambientes.

Através do modelo de análise de estabilidade elaborado por Eberhart & Russel (1966), a cultivar

estável apresenta (\hat{b}) unitário e (S^2_d) igual a zero. Se (\hat{b}) é significativamente inferior à unidade, a cultivar apresenta pouca sensibilidade a oscilações de ambientes, não sofrendo muitos prejuízos em situações desfavoráveis ao cultivo. Um coeficiente de regressão igual a 1.0 indica comportamento diretamente proporcional à melhoria de ambiente. Valor de (\hat{b}) significativamente maior que 1,0 indica reação positiva, quando se utilizam técnicas que promovam melhoria no ambiente.

A variância dos desvios da linearidade indica se uma cultivar mostra ou não respostas previsíveis à variação do ambiente. Elevados desvios indicam que a cultivar sofre grandes oscilações em torno do comportamento previsto pelo coeficiente de regressão. Baixos desvios indicam cultivares que apresentam rendimentos mais previsíveis. No entanto, apenas o desvio da regressão não identifica uma cultivar ideal. Esta deve mostrar um (S^2_d) menor possível, um (\hat{b}) próximo da unidade e ambos associados a alta produção de grãos (Santos & Vello 1979, Santos et al. 1982).

Com base nestas considerações, podem ser caracterizadas as cultivares de forma individual, utilizando-se os dados dos rendimentos médios, as estimativas dos coeficientes de regressão (\hat{b}) e os valores dos quadrados médios dos desvios das regressões (S^2_d) apresentados na Tabela 3.

Não se obteve coincidência na magnitude dos valores estimados entre os coeficientes de regressão (\hat{b}) e os desvios das regressões (S^2_d) para produção média de grãos. O maior valor de (\hat{b}) obtido foi aquele para o cruzamento CMS 12 x 22 (1,28) e o menor (0,57) para a CMS 22.

Os cruzamentos CMS 05 x CMS 28, CMS 05 x CMS 04, CMS 12 x CMS 04, CMS 11 x CMS 28, CMS 05 x CMS 11 e CMS 05 x CMS 12 podem, todos, ser considerados como de ampla adaptabilidade, pois se classificaram com os maiores rendimentos médios, além de possuírem valores de (\hat{b}) semelhantes aos da unidade. As demais cultivares apresentaram, da mesma forma, coeficientes de regressão significativamente não diferentes de 1,0; no entanto, apresentaram produção média em níveis inferiores.

Os cruzamentos que mostraram capacidade de responder progressivamente à melhoria dos ambientes foram CMS 05 x CMS 28, CMS 05 x

TABELA 2. Análise conjunta de variância para peso de grãos (kg/ha) de 21 cultivares de milho, testadas em 8 ambientes, 1982/83.

| F.V. | GL | Q.M. |
|------------------------|-----|---------------|
| Ambientes (A) | 7 | 103.893.000** |
| Repetições/A | 16 | 997.838** |
| Tratamentos (T) | 20 | 2.984.550** |
| A x T | 140 | 701.468** |
| Ambientes (linear) | 1 | 242.418.000** |
| Ambientes (linear) x T | 20 | 273.630 |
| Desvios combinados | 126 | 216.368** |
| Erro médio | 320 | 136.095 |

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade no teste F.

TABELA 3. Produção média de grãos¹ (kg/ha), coeficiente de regressão linear² (\hat{b}) e quadrado médio dos desvios da regressão³ (S^2_d) das 21 cultivares de milho, testados em 8 ambientes, 1982/83.

| Cultivares | Produção média | \hat{b} | S^2_d |
|---------------------|----------------|-------------|-----------|
| 01. CMS 05 x CMS 12 | 4.718 abcdef | 1,20 ± 0,16 | 306.850* |
| 02. CMS 05 x CMS 28 | 5.190 a | 0,98 ± 0,11 | 154.904 |
| 03. CMS 05 x CMS 11 | 4.791 abcd | 1,08 ± 0,11 | 154.893 |
| 04. CMS 05 x CMS 22 | 4.555 bcdefg | 1,05 ± 0,12 | 161.791 |
| 05. CMS 05 x CMS 04 | 4.983 ab | 1,28 ± 0,17 | 369.172* |
| 06. CMS 12 x CMS 22 | 4.421 cdefgh | 0,99 ± 0,11 | 151.796 |
| 07. CMS 12 x CMS 11 | 4.271 defgh | 1,01 ± 0,08 | 72.581 |
| 08. CMS 12 x CMS 28 | 4.589 bcdefg | 0,93 ± 0,10 | 108.673 |
| 09. CMS 12 x CMS 04 | 4.723 abc | 1,06 ± 0,21 | 538.461** |
| 10. CMS 11 x CMS 22 | 4.277 fgh | 1,00 ± 0,10 | 107.392 |
| 11. CMS 11 x CMS 28 | 4.847 abcde | 1,18 ± 0,15 | 263.305 |
| 12. CMS 11 x CMS 04 | 4.494 cdefgh | 1,06 ± 0,08 | 77.758 |
| 13. CMS 22 x CMS 28 | 4.118 hi | 0,86 ± 0,18 | 363.179* |
| 14. CMS 22 x CMS 04 | 4.389 efgh | 0,95 ± 0,13 | 207.056 |
| 15. CMS 04 x CMS 28 | 4.757 bcdefg | 1,17 ± 0,17 | 346.904* |
| 16. CMS 05 | 4.596 bcdefg | 1,04 ± 0,10 | 108.080 |
| 17. CMS 04 | 4.677 bcdefg | 0,98 ± 0,07 | 51.700 |
| 18. CMS 28 | 3.971 hi | 0,77 ± 0,11 | 133.229 |
| 19. CMS 22 | 3.633 i | 0,57 ± 0,23 | 637.585** |
| 20. CMS 11 | 4.280 gh | 0,91 ± 0,11 | 154.687 |
| 21. CMS 12 | 4.393 defgh | 0,92 ± 0,08 | 73.740 |

¹ Teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade

² Teste t, ao nível de 5%, significativamente diferente de 1.

³ Teste de F, aos níveis de 5 e 1% significativamente maior que o erro médio.

CMS 11 e CMS 11 x CMS 28, pois, além de terem exibido alta capacidade de produção, mostraram valores de (\hat{b}) não diferentes da unidade e desvios da regressão não-significativos. Dentre as cinco variedades estudadas, a CMS 04 e CMS 05 também responderam progressivamente à melhoria do ambiente. Por outro lado, a CMS 22 apresentou a menor produtividade média, um desvio da regressão (S^2_d) significativo, além de um valor de (\hat{b}) inferior à unidade, porém não-significativo.

Os quadrados médios dos desvios das regressões (S^2_d) das cultivares CMS 05 x CMS 12, CMS 05 x CMS 04, CMS 12 x CMS 04, CMS 22 x CMS 28, CMS 04 x CMS 28 e CMS 22 apresentaram valores significativos, mostrando oscilações no comportamento previsto pela regressão. As cultivares CMS 22 e CMS 12 x CMS 04 apresentaram os mais altos valores de (S^2_d), enquanto CMS 04, CMS 12 x CMS 11, CMS 12 e CMS 11 x CMS 04 mostraram os menores valores para este parâmetro.

As demais cultivares não apresentaram resultados vantajosos para todos os parâmetros de estabilidade e mesmo que tenham apresentado capacidade mediana para produção e estabilidade de grãos, são desvantajosas, visto que suas produções de grãos não podem ser previstas com segurança.

CONCLUSÕES

1. Todas as cultivares de milho estudadas apresentaram boa estabilidade para a produção de grãos de acordo com o parâmetro (\hat{b}).

2. O híbrido intervarietal CMS 05 x CMS 28 foi o que se comportou como mais estável, com alta produtividade média, baixo valor de S^2_d e \hat{b} semelhante à unidade.

3. As cultivares CMS 05 e CMS 04, dentre as variedades estudadas, foram as mais estáveis, com

boa produtividade, baixo valor de S^2_d e \hat{b} semelhante à unidade.

4. A cultivar CMS 22, além de pouco produtiva, mostrou instabilidade na resposta aos ambientes.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, F.I.F.; FEDERIZZI, L.C.; NODARI, R.O.; FLOSS, E. & GANDIM, C.L. Analysis of stability parameters and of genotype x environment interaction in oats grain yield in Rio Grande do Sul (Brasil). *R. bras. Genét.*, 5(3):517-32, 1982.
- EBERHART, S.A. & RUSSEL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, 6:36-50, 1966.
- FINLAY, K.W. & WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.*, 14:742-54, 1963.
- GAMA, E.E.G. e. Stability analysis of single cross hybrids of maize (*Zea mays* L.) produced from selected and unselected inbred lines. Ames, Iowa State Univ., 1978. 118p. Tese Doutorado.
- GILL, S.S. & SINGH, T.H. Stability parameters for yield and yield components in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Egypt. J. Genet. Cytol.*, 11:9-13, 1982.
- OLIVEIRA, A.C. de. Comparação de alguns métodos de determinação da estabilidade em plantas cultivadas. Brasília, UnB, 1976. 64p. Tese Mestrado.
- SANTOS, J.B. & VELLO, N.A. Estabilidade fenotípica da produção de grãos de doze cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) nas condições do sul de Minas Gerais. *Relat. ci. Inst. Genét. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz*, 13:246-55, 1979.
- SANTOS, J.B.; VELLO, N.A. & RAMALHO, M.A.P. Stability of grain yield and of its basic components in beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *R. bras. Genét.*, 5(4):761-72, 1982.