



ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE VARIEDADES DE MILHO NA SAFRINHA 2009 PELA METODOLOGIA DE MODELOS MISTOS

Lauro José Moreira Guimarães¹, Paulo Evaristo Oliveira Guimarães¹, Cleso Antônio Patto Pacheco¹,
Jane Rodrigues de Assis Machado¹, Walter Fernandes Meirelles¹, Sidney Netto Parentoni¹, Adelmo
Resende da Silva¹ e Flavia Ferreira Mendes²

1. INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira vem passando por mudanças que proporcionaram grandes ganhos em termos produção e produtividade. Para a cultura do milho, verifica-se aumentos expressivos no plantio em safrinha. Nos anos agrícolas de 2007/08 e 2008/09 cerca de 34% da área de cultivo de milho foi destinada à segunda safra, do total de aproximadamente 14 milhões de hectares ocupados com esta cultura, obtendo-se produtividades médias em torno de 3.500 kg.ha⁻¹ (Conab, 2009). Apesar de as variedades, em média, apresentarem menor potencial de produção que a maioria dos híbridos, este tipo de cultivar representa alternativa viável para pequenos agricultores, e para regiões com limitações para altas produtividades, como a safrinha tardia.

Os programas de melhoramento de milho procuram desenvolver cultivares com características agrônomicas adequadas para os diversos sistemas de produção, regiões e épocas de cultivo. Neste sentido, além de alta produtividade, é necessário que novas cultivares apresentem estabilidade de produção e adaptabilidade geral, ou adaptabilidade específica para as regiões a que se destinam. Dentre as metodologias mais utilizadas para caracterização de adaptabilidade e estabilidade de cultivares, Cruz, Regazzi e Carneiro (2004) citam os métodos de Eberhart e Russell (1966),

¹Embrapa Milho e Sorgo, MG 424, Km 45, CEP: 35701-970, Sete Lagoas-MG. e-mail: lauro@cnpmc.embrapa.br;

²Doutoranda em Genética e Melhoramento -UFLA

Lin e Binns (1988), Cruz, Torres e Vencovsky (1989), Annicchiarico (1992), dentre outras.

Entretanto, Resende (2007) cita que todos estes procedimentos relatados acima assumem efeitos fixos para genótipos e isso traz algumas limitações na análise de experimentos desbalanceados e com heterogeneidade de variâncias, o que é bastante comum em programas de melhoramento. Além disso, ao se assumir efeitos aleatórios para tratamentos podem ser preditos os efeitos genotípicos obtidos via BLUP (Melhor Preditor Linear Não-Viesado) através de procedimentos de máxima verossimilhança restrita (REMEL), livres de influências dos efeitos fixos, sob a ótica de Modelos Lineares Mistos. Mesmo para experimentos balanceados, a pressuposição de que tratamentos genéticos sejam de efeitos aleatórios seria vantajosa, visto que os valores genéticos preditos são também de mínima variância de erros e não viesados.

No contexto de modelos mistos, foi proposta a utilização de uma técnica para análise simultânea de estabilidade, adaptabilidade e produtividade fornecendo valores na mesma grandeza da característica analisada, denominada média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos ou MHPRVG (Resende, 2004). Esse método agrega as filosofias das metodologias propostas por Linn & Binns (1988) e Annicchiarico (1992), porém no contexto genotípico e não no contexto fenotípico. Assim, os valores da medida MHPRVG penalizam genótipos pela instabilidade, e, concomitantemente, capitalizam a adaptabilidade, no sentido de capacidade de resposta à melhoria ambiental. O valor genético predito pela metodologia MHPRVGxMG refere-se à medida MGPRVG multiplicada pela média geral de todos os locais, fornecendo valores na grandeza da característica estudada, o que facilita interpretações biológicas.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo e a estabilidade de produção de 21 variedades de milho, dois híbridos intervarietais e dois híbridos duplos, utilizando a metodologia de modelos mistos, na safrinha do ano agrícola de 2009, considerando cinco locais de cultivo nas regiões do Brasil Central e Norte do Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O Ensaio de Variedades 2008/09, coordenado pela Embrapa Milho e Sorgo, foi avaliado na safrinha de 2009, em cinco locais representativos das regiões do Brasil Central e Norte do Brasil. Os locais de condução de ensaios foram: Manduri - SP; Ponta Porã - MS; Campo Grande - MS; Dourados - MS; e, Vilhena - RO.

Foram avaliadas 21 variedades de polinização aberta, dois híbridos intervarietais (BIO 4 e H25ALTA) e dois híbridos duplos (BRS 2020 e BRS 2022), totalizando

25 tratamentos. Foi utilizado o delineamento em látice, com duas repetições, sendo as parcelas compostas por duas linhas de 4 m de comprimento, espaçadas de 0,80 m. A característica avaliada foi produtividade de grãos corrigida para 13% de umidade (PG). As análises estatísticas foram realizadas considerando modelos mistos via REML/BLUP, utilizando o modelo 52 do software SELEGEM-REML/BLUP (Resende, 2007b), adequado para análise de ensaios em blocos incompletos instalados em vários locais, fornecendo também valores preditos da medida de adaptabilidade e estabilidade MHPRVG, conforme apresentado a seguir:

$$y = Xr + Zg + Wb + Ti + e,$$

em que: y é o vetor de observações da característica avaliada;

r é o vetor dos efeitos de repetições (assumidos como fixos) somados à média geral; g é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios);

b é o vetor dos efeitos de blocos (assumidos como aleatórios);

i é o vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (considerados aleatórios); e , e é o vetor de erros ou resíduos (também considerados aleatórios).

X é a matriz de incidência para os efeitos de repetições;

Z é a matriz de incidência para os efeitos genotípicos;

W representa a matriz de incidência para os efeitos de blocos; e ,

T é a matriz de incidência para os efeitos da interação genótipos x ambientes.

O vetor r organiza as repetições de forma sequencial de um local para o outro, possibilitando o ajuste dos dados, com recuperação da informação interblocos, e assim, considera todas as combinações repetições-locais. Esse vetor contempla os efeitos de locais e de repetições dentro de locais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média geral, fenotípica, de produtividade de grãos, das cultivares avaliadas em cinco locais na safrinha 2009, foi de 4.625 kg ha⁻¹ (Tabela 1). Na Tabela 1 também é apresentada a estimativa da variância fenotípica e sua decomposição em variância genotípica, variância ambiental entre blocos, variância da interação GxA e variância residual. Verifica-se que a variância genotípica representou 37,3% da variância fenotípica e que a herdabilidade ajustada na média dos genótipos foi de alta magnitude, equivalendo a 0,82, considerando a análise conjunta dos cinco ambientes de safrinha do não agrícola de 2009.

O coeficiente de variação experimental foi da ordem de 12,74, e a estimativa de acurácia, que mede a correlação entre valores genéticos preditos e valores verdadeiros, foi de 0,90. Segundo Resende (2007), ensaios que apresentem valores de acurácia acima de 0,90 podem ser considerados de excelente precisão experimental.

TABELA 1. Componentes de variâncias, acurácias e coeficientes de variação genotípico e residual, obtidos via REML individual, considerando a análise conjunta dos cinco ensaios avaliados na safrinha de 2009.

Componentes de Variâncias	Safrinha (5 Ambientes)
V_f (Variância Fenotípica)	1002856
V_g (Variância Genotípica)	373646
V_{bloc} (Variância ambiental entre blocos)	84530
V_{int} (Variância da interação GxA)	197766
V_e (Variância Residual)	346915
h_{mg}^2 (Herdabilidade ajustada da média de genótipos)	0,82
Ac_{gen} (Acurácia da seleção de genótipos)	0,90
$CV_g\%$ (Coeficiente de variação genotípico)	13,22
$CV_e\%$ (Coeficiente de variação residual)	12,74
Média Geral (kg ha ⁻¹)	4625

Na tabela 2 são apresentados os valores genotípicos (u+g) e seus intervalos de confiança, considerando os cinco ensaios avaliados na safrinha de 2009, sendo que, cultivares que apresentem limite inferior maior que o limite superior do intervalo de confiança de outro cultivar diferem estatisticamente entre si.

Verifica-se, na Tabela 2, que os valores preditos para as médias genotípicas (u+g) são de menores magnitudes que os valores fenotípicos, pois no processo de predição destes valores, via RMEL/BLUP, são descontados as estimativas dos valores dos componentes do modelo que foram considerados como de efeitos fixos. No caso em questão, os efeitos de ambientes são considerados fixos e, assim, os valores genotípicos preditos são obtidos livres das influências dos efeitos de ambientes.

Para a medida de produtividade, estabilidade e adaptabilidade verifica-se que variedade de polinização aberta de melhor desempenho na safrinha foi o Sintético Múltipla Tolerância, que apresentou valor de MHPRVG na ordem de 5319 kg ha⁻¹, seguido pelas variedades AL BDE/40 e VSL FB33 (Tabela 2).

Os cultivares BRS 2020 e BRS 2022 são híbridos duplos, avaliados como testemunhas do ensaio, enquanto que os cultivares H25ALTA e BIO 4 são híbridos intervarietais. Pode-se observar, na Tabela 2, que estes quatro cultivares apresentaram desempenho superior a todas as variedades de polinização aberta. Entretanto, a obtenção de sementes de cultivares híbridos, geralmente, exige despendimento das linhas fêmeas no campo de polinização, tornando as sementes relativamente mais caras que as sementes de variedades de polinização aberta.

TABELA 2. Valores genotípicos preditos (u+g), intervalos de confiança, médias fenotípicas, e valores de MHPRVGxMG, para produtividade de grãos (kg ha⁻¹) das cultivares avaliadas no Ensaio de Variedades 0809, considerando os cinco ensaios conduzidos na Safrinha de 2009

Classificação	Cultivar	Valores genotípicos u+g (e seus Intervalos de confiança)	Médias Fenotípicas	MHPRV G xMG
1	BRS 2022	5916 (5371 - 6461)*	6200	6146
2	BIO 4	5553 (5008 - 6097)	5752	5740
3	BRS 2020	5368 (4824 - 5913)	5408	5493
4	H25ALTA	5340 (4796 - 5885)	5448	5421
5	SINT. MULTIPLA TL	5210 (4665 - 5755)	5383	5319
6	AL BDE/40	5042 (4497 - 5587)	5129	5130
7	VSL FB 33	4932 (4387 - 5477)	4923	5035
8	AL 30/40	4808 (4263 - 5353)	4894	4823
9	BRS 4103	4667 (4122 - 5211)	4636	4780
10	VSL BS 42 C 60	4727 (4182 - 5272)	4723	4751
11	Sintético 1 X	4679 (4135 - 5224)	4675	4724
12	BRS Caimbé	4684 (4139 - 5228)	4667	4659
13	Sint Pro VA	4571 (4026 - 5116)	4540	4561
14	UFV 8	4448 (3903 - 4992)	4451	4406
15	AL Piratininga	4473 (3929 - 5018)	4489	4392
16	Sintético 256 L	4442 (3897 - 4987)	4359	4384
17	UFV 7	4322 (3777 - 4867)	4239	4328
18	BRS Eldorado	4396 (3851 - 4941)	4274	4221
19	MC 20	4306 (3762 - 4851)	4284	4073
20	BR 106	4150 (3605 - 4694)	4119	3912
21	Sintético RxS Spod	3930 (3385 - 4475)	3799	3868
22	BR 473	3980 (3435 - 4525)	3869	3829
23	BR 106 Q	3961 (3416 - 4505)	3888	3643
24	AEO 2008	4052 (3508 - 4597)	4000	3601
25	Sol da Manhã	3663 (3119 - 4208)	3476	3136

*: Limites inferiores e superiores para o intervalo de confiança de valores genotípicos

Para cultivo em ambientes onde se fazem maiores investimentos, com plantio em época adequada e alta aplicação de insumos, sem dúvida alguma, a melhor opção é a utilização de híbridos, principalmente os híbridos simples. Por outro lado, quando o cultivo do milho é realizado em condições menos favoráveis, onde se fazem menores aplicações de insumos, e que apresentem maiores riscos, como o caso da safrinha, a utilização de híbridos duplos ou intervarietais pode ser uma boa opção. Quanto maior o risco, como o cultivo em safrinha tardia, menores são os investimentos na lavoura e, desta forma, a utilização de variedades (sintéticos) pode ser a melhor opção, pois, os custos com sementes são relativamente baixos, quando comparados aos híbridos.

Os resultados deste trabalho e de outras avaliações conduzidas pelas instituições de pesquisa demonstram que os programas de melhoramento que desenvolvem cultivares de polinização aberta têm conseguido gerar variedades com potencial produtivo e adaptabilidade comparáveis a híbridos duplos existentes no mercado, podendo ser vantajosa a utilização destas para cultivo em safrinha.

4. CONCLUSÕES

A metodologia MHPRVGxMG proporciona uma medida adequada para avaliação de genótipos em vários ambientes.

O Sintético Múltipla Tolerância, AL BDE/40 e VSL FB33 tiveram ótimo desempenho produtivo e alta adaptabilidade e estabilidade para cultivo em safrinha, apresentando alto potencial para serem cultivadas em safrinha.

5. AGRADECIMENTOS

À Embrapa Milho e Sorgo e aos parceiros das diversas Instituições Públicas e Privadas que colaboram na condução dos Ensaio de Variedades.

6. REFERÊNCIAS

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: Grãos, oitavo levantamento**, maio/2009. – Brasília : Conab, 2009. 39 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A.J.; Carneiro, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 480p.

REZENDE, M.D.V. de. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**/ Marcos Deon Vilela de Rezende. – Colombo: Embrapa Floresta, 2007. 362p.

REZENDE, M.D.V. de. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo.** Colombo: Embrapa Floresta, 2004. 65p. (Embrapa Florestas. Documentos, 100)

REZENDE, M.D.V. de. **Software Selegem – REML/BLUP: Sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos/** Marcos Deon Vilela de Rezende. – Colombo: Embrapa Floresta, 2007b. 350p.