

## Produtividade, adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho em diferentes regiões brasileiras

**Paulo Evaristo de Oliveira Guimarães<sup>(1)</sup>; Lauro José Moreira Guimarães<sup>(1)</sup>; Otávio Prates da Conceição<sup>(2)</sup>; Walter Fernandes Meirelles<sup>(1)</sup>; Lucia Valentini<sup>(3)</sup>; Flavia Ferreira Mendes Guimarães<sup>(4)</sup>**

<sup>1)</sup> Pesquisador; Embrapa Milho e Sorgo; Sete Lagoas-MG; [paulo.guimaraes@embrapa.br](mailto:paulo.guimaraes@embrapa.br); <sup>(2)</sup> Graduando em Engenharia Agrônoma – UFSJ/Sete Lagoas-MG; Bolsista do CNPq/PIBIC/EMBRAPA-CNPMS; <sup>(3)</sup> Pesquisadora Pesagro-Rio; <sup>(4)</sup> Bolsista Pós-doc CNPq / Embrapa Milho e Sorgo.

**RESUMO:** Os programas de melhoramento de milho constituem importante ferramenta para obtenção e manutenção de cultivares produtivas adaptadas às diversas regiões produtoras. Diversos são os métodos propostos para a avaliação dos genótipos, considerando os atributos referentes à adaptabilidade e estabilidade dos mesmos em vários ambientes de cultivo. Neste sentido, foi avaliada a produtividade de grão de 36 cultivares de milho em ensaios realizados em 18 ambientes, no ano agrícola de 2012/13. Foram realizadas análises de variâncias para cada local e o conjunto dos locais. Para a análise de adaptabilidade e estabilidade, considerou-se a estatística Pi, proposta por Lin & Binns (1988). Constatou-se diferenças significativas para as fontes de variação cultivares e ambientes, levando em consideração a característica avaliada no presente estudo. Houve também interação significativa entre tratamentos e ambientes ( $p < 0,01$ ), o que evidencia a estreita relação nas respostas em produtividade e as regiões em que cultivares são testadas. Em geral, as cultivares apresentaram valores de Pi correlacionados às produtividades alcançadas, contudo, percebe-se que há mudança na ordenação das cultivares quando se comparam as classificações relativas aos valores de Pi nos ambientes favoráveis e desfavoráveis. Desta forma, foi possível a identificação de variedades mais indicadas para condições adversas de cultivo, com adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis e estabilidade de produção nessas condições, como o caso das variedades PC0905, Sint10697, PC0904 e Sint10795.

**Termos de indexação:** interação GxA, Lin e Binns, *Zea mays* L.

### INTRODUÇÃO

A cultura do milho tem elevado destaque entre os produtos do agronegócio brasileiro. Segundo dados da CONAB (2014), o volume de produção deste cereal foi cerca de 80 milhões de toneladas

em 2013, considerando os dados de primeira e segunda safras. Além disso, em virtude da capacidade de adaptação às mais variadas condições edafoclimáticas, o milho apresenta ampla distribuição pelo território brasileiro, sendo utilizado como fonte de alimentos para a população humana e nas atividades agropecuárias, sendo empregado também em diversos usos industriais.

Neste sentido, os programas de melhoramento de milho tem papel fundamental na obtenção e disponibilização de cultivares produtivas e adaptadas às diversas regiões produtoras, propiciando incrementos nos rendimentos na cultura com maiores retornos econômicos, o que gera novas possibilidades de desenvolvimento sócio econômico da região (Nunes et al., 2002). Em muitos casos, a utilização de variedades de polinização aberta apresenta-se como alternativa viável, a despeito da maior produtividade de cultivares híbridas de milho. A preferência de alguns produtores pelo uso de variedades se justifica, dentre vários fatores, por: menores custos na obtenção das sementes; possibilidade de utilização de sementes produzidas na propriedade rural para plantio na safra seguinte; cultivo em ambientes de maior risco como a safrinha tardia; e, no desenvolvimento de manejos mais sustentáveis do ponto de vista agroecológico (Cruz et al., 2010; Guimarães et al, 2009).

Neste contexto, ressalta-se a importância da divulgação de informações sobre o potencial produtivo, adaptabilidade, estabilidade e tipos de cultivares mais adequadas para as diferentes condições de cultivo encontradas no Brasil.

Diversos são os métodos propostos para a avaliação dos genótipos, considerando os atributos referentes à adaptabilidade e estabilidade dos mesmos em várias situações de plantio. A metodologia aplicada, por sua vez, deve assegurar maior precisão e segurança ao melhorista nas indicações das cultivares, cujas características devem ser adequadas aos ambientes de produção, considerando as condições edafoclimáticas e de manejo. Dentre os procedimentos estatísticos disponíveis, o método proposto por Lin & Binns

(1988) destaca-se por sua simples execução e pela facilidade na interpretação dos resultados.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar variedades de milho quanto ao desempenho produtivo, adaptabilidade e estabilidade, em diferentes ambientes do Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

Na safra de 2012/13, foram avaliadas 36 cultivares de milho, sendo 34 variedades de polinização aberta, um híbrido simples (BRS1055) e um híbrido intervarietal (Bio4), sendo os dois híbridos utilizados como testemunhas. Os ensaios foram conduzidos em 18 ambientes, no delineamento em látice 6 x 6, com duas repetições. As parcelas foram constituídas por duas linhas com 4 m de comprimento, espaçadas em 0,80 m. Foram conduzidos ensaios em ambientes de safra e safrinha, sendo que as adubações de plantio e cobertura, e os demais tratamentos culturais, foram realizados de acordo com a época e sistema de cultivo para cada ambiente.

Foi avaliada a produtividade dos grãos (PG) de cada cultivar, corrigida a 13 % de umidade, e expressa em kg.ha<sup>-1</sup>. Análises de variâncias individuais foram realizadas para cada ambiente, e posteriormente, uma análise de variância conjunta, de acordo com a metodologia de análise conjunta em látice modificado (Cruz, 2009), que considera as médias ajustadas nas análises individuais e o erro efetivo médio. Para a análise de adaptabilidade e estabilidade, considerou-se a estatística Pi, método não paramétrico elaborado por Lin & Binns (1988). Em todos os procedimentos empregou-se o software GENES (Cruz, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas de coeficiente de variação (CV) apresentaram amplitude de 8,45% a 19,60%, sendo que na análise conjunta dos ambientes a estimativa de CV foi de 14,05%. Esses resultados indicam que, para produtividade de grãos, na análise conjunta, a precisão experimental foi adequada (**Tabela 1**).

Constataram-se diferenças altamente significativas entre médias de tratamentos ( $p < 0,01$ ) na análise conjunta, inferindo-se, portanto que houve variabilidade entre as cultivares avaliadas. No que concerne ao conjunto de locais, também observou-se diferenças altamente significativas ( $p < 0,01$ ) para essa fonte de variação, com médias de PG variando de 4169 kg.ha<sup>-1</sup> a 8090 kg.ha<sup>-1</sup> entre os ambientes. Houve também interação significativa ( $p < 0,01$ ) entre tratamentos e ambientes (**Tabela 1**), constatada pela variação na classificação das cultivares sob condições ambientais distintas, o que evidencia a estreita relação nas respostas em

produtividade e as condições de cultivo em que os materiais são testados. Neste sentido, observa-se a relevância da realização de estudos de adaptabilidade e estabilidade para as diferentes cultivares, a fim de identificar os genótipos mais promissores para fins de recomendação.

**Tabela 1** Resumo das análises de variâncias individuais e conjunta para produtividades de grãos avaliada em 36 cultivares de milho.

Ambiente	Médias	CV%	Teste F
Sete Lagoas-MG	7719	15,88	2,63**
Londrina-PR	6394	16,93	5,85**
Goiânia-GO	8090	16,11	2,62**
Janaúba-MG	5620	19,60	2,52**
Planaltina-DF	7984	11,65	3,50**
Jatai-GO	6221	18,01	1,57 <sup>ns</sup>
Vilhena 1-RO	4169	15,33	2,74**
Vilhena 2-RO	5066	16,62	1,63 <sup>ns</sup>
Paragominas-PA	6946	13,87	2,60**
Belterra-PA	4682	14,62	3,30**
Altamira-PA	5807	11,36	3,31**
Uruara-PA	6794	9,74	3,84**
Londrina Safrinha-PR	6153	13,15	4,49**
Campo Grande-MS	7622	9,56	5,07**
Manduri-SP	5496	10,46	7,13**
Dourados-MS	4328	16,07	3,85**
Vilhena Safrinha-RO	6124	8,45	3,52**
São Raimundo das Mangabeiras - MA	6810	9,26	5,68**
<b>Análise Conjunta</b>			
Tratamentos	6224	14,05	28,11**
Ambientes			136,34**
Int. TxA			1,86**

\*\*; <sup>ns</sup>: significativo a 1% e não significativo, pelo teste F, respectivamente.

O híbrido BRS1055 apresentou média de produtividade de grãos bem superior no conjunto dos ambientes avaliados, diferindo-se estatisticamente das demais cultivares (**Tabela 2**). Essa discrepância acentuada justifica-se, pois o BRS1055 é um híbrido simples e foi inserido no ensaio de variedades como testemunha, para obtenção de informação sobre o potencial de produção com este tipo de cultivar. Entre as variedades de polinização aberta, observou-se maior produtividade de grãos para a variedades PC0905, não diferindo estatisticamente do híbrido intervarietal Bio 4.

Estimativas de adaptabilidade e estabilidade foram obtidas, de acordo com a metodologia de Lin

e Binns (1988) para a característica produtividade de grãos, como descrito por Cruz et al. (2004). Para identificação de cultivares superiores em diferentes macroambientes, a classificação dos genótipos foi realizada de acordo com os valores obtidos para Pi nos conjuntos de ambientes favoráveis e desfavoráveis. Neste contexto, o híbrido simples BRS 1055 apresentou os menores valores de Pi, evidenciando sua ampla adaptabilidade aos diversos ambientes avaliados (**Tabela 2**).

Os valores de Pi foram correlacionados às produtividades alcançadas, de modo que, em geral, os materiais mais produtivos obtiveram as melhores classificações pelos valores de Pi. Entretanto, percebe-se que há mudança na ordenação das cultivares quando se comparam as classificações relativas aos valores de Pi nos ambientes favoráveis e desfavoráveis.

Considerando-se as variedades de polinização aberta, pôde-se observar que, para ambientes favoráveis de cultivo, as cinco variedades de melhor classificação, pelo Pi, foram PC0905, Sint10697, AL2010, Sint10771 e Sint10795. Entretanto, devido ao menor potencial produtivo, em comparação com híbridos, as variedades são mais indicadas para cultivo em situação menos favorecidas, com menores investimentos ou maiores riscos de frustração de safra. Neste contexto, verifica-se que as cinco variedades mais adaptadas e estáveis, pelo critério Pi, para ambientes desfavoráveis foram PC0905, PC0904, Sint10795, Sint10697 e Sint10699 (**Tabela 2**).

O efeito da interação entre genótipos e ambientes pode ser verificado, por exemplo, ao se analisar a classificação da variedade AL2010, pois este genótipo situou-se entre os cinco mais produtivos no grupo de ambientes favoráveis, em contraste ao desempenho apresentado nos ambientes desfavoráveis, cuja performance o alocou na 13<sup>o</sup> posição.

Deste modo, ressalva-se a variação comportamental dos genótipos sob condições adversas de cultivo, demonstrando o potencial de adaptação de algumas variedades em ambientes adversos, ainda que as mesmas não tenham alcançado as maiores produções médias.

## CONCLUSÕES

As cultivares diferem quanto à adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos nos diferentes ambientes avaliados no ensaio em questão.

O híbrido simples BRS1055 superou as demais cultivares, em termos de produtividade de grãos, tanto em ambientes favoráveis quanto desfavoráveis.

As variedades mais adaptadas e estáveis para ambientes favoráveis são: PC0905, Sint10697, AL2010, Sint10771 e Sint10795; e para ambientes

desfavoráveis: PC0905, PC0904, Sint10795, Sint10697 e Sint10699.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa de iniciação científica e a Embrapa Milho e Sorgo pelo apoio na condução dos experimentos.

## REFERÊNCIAS

CONAB - Companhia nacional de abastecimento. Safra 2013/2014. Disponível em <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_05\\_08\\_10\\_11\\_00\\_boletim\\_graos\\_maior\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_05_08_10_11_00_boletim_graos_maior_2014.pdf)>

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

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA, A. C. de; GUIMARÃES, L. J. M.; MOREIRA, J. A. A.; MATRANGOLO, W. J. R. Variedades de milho em sistema orgânico de produção na safra 2009/10. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010, Goiânia. Potencialidades, desafios e sustentabilidade: resumos expandidos. Goiânia: ABMS, 2010. 1 CD-ROM.

GUIMARÃES, L. J. M. GUIMARÃES, P. E. de O.; PACHECO, C. A. P.; MACHADO, J. R. de A.; MEIRELLES, W. F.; PARENTONI, S. N.; SILVA, A. R. da; MENDES, F. F.. (2009). Adaptabilidade e estabilidade de variedades de milho na safrinha 2009 pela metodologia de modelos mistos. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 10., 2009, Rio Verde. Anais. Rio Verde: Universidade de Rio Verde, p. 174-18.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988.

NUNES, H. V. ; MIRANDA, G. V. ; GALVÃO, J. C. C. ; SOUZA, L. V. ; GUIMARÃES, L. J. M. . Adaptabilidade e Estabilidade de Cultivares de Milho Pipoca. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, p. 1-11, 2003.

**Tabela 2.** Médias de produtividade de grãos nos 18 ambientes de avaliação, valores de Pi para aferição da adaptabilidade e estabilidade das cultivares.

<b>Cultivar</b>	<b>Media<sup>1</sup></b>	<b>*</b>	<b>Pi<sub>geral</sub></b>	<b>Pi<sub>Favorável</sub></b>	<b>Pi<sub>Desfavorável</sub></b>
BRS1055	9438	a	1	1	1
Bio4	7251	b	2	2	3
PC0905	7046	b	3	3	2
Sint10697	6842	c	4	4	6
PC0904	6749	c	5	8	4
AL2010	6612	c	6	5	13
Sint10795	6754	c	7	7	5
Sint10771	6833	c	8	6	15
Sint10699	6430	d	9	11	7
IPR164	6376	d	10	9	11
PC0903	6387	d	11	12	10
Sint.Mult.TL	6444	d	12	10	12
Sint10783	6468	d	13	20	9
VSLBS42C60	6303	d	14	22	8
Sint10781	6431	d	15	15	17
Sint10707	6312	d	16	14	18
Sint10723	6257	d	17	13	21
Sintético1X	6220	d	18	17	20
ALAvaré	6085	d	19	18	22
Sint10717	6169	d	20	23	19
SintéticoRxSSpod	6062	d	21	19	24
Sintético256L	6124	d	22	24	14
Sint10731	6065	d	23	21	23
Sint.ProVitA	5953	e	24	30	16
SintéticoUFLA	5739	e	25	16	32
BRS4103	5724	e	26	28	26
BR106	5900	e	27	25	28
MC20	5844	e	28	27	27
BRSCaimbé	5768	e	29	29	30
Guepa	5669	e	30	32	25
Sint10805	5648	e	31	34	29
Serigy1	5548	e	32	31	31
CMSEAO2008	5520	e	33	26	33
Eldorado	5304	f	34	33	35
AL2008	4972	g	35	35	34
BRSGorutuba	4806	g	36	36	36

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade; Pi<sub>geral</sub>: Classificação das cultivares em função da estatística Pi de Lin e Bins pela análise conjunta; Pi<sub>Favorável</sub>: Valor de Pi nos ambientes favoráveis; Pi<sub>Desfavorável</sub>: Valor de Pi para os ambientes desfavoráveis.