



INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES DE CULTIVARES DE ALGODOEIRO AVALIADAS NO CERRADO BRASILEIRO

Camilo de Lelis Morello (Embrapa Algodão/morello@cnpa.embrapa.br); João Luís da Silva Filho (Embrapa Algodão); Francisco José Correia Farias (Embrapa Algodão); Fernando Mendes Lamas (Embrapa Agropecuária Oeste); Murilo Barros Pedrosa (Fundação Bahia); José Lopes Ribeiro (Embrapa Meio Norte), Eleusio Curvelo Freire (Cotton Consultoria).

RESUMO: O trabalho teve como objetivo estudar a interação genótipos x ambientes de 17 genótipos de algodão em 23 locais do cerrado brasileiro, via modelo aditivo para efeitos principais e multiplicativo para a interação (AMMI). Foram utilizados dados de produtividade de algodão em caroço dos Ensaios Regional do Cerrado de cultivares de algodão, safra 2005/2006, conduzidos nos estados da Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Piauí. De acordo com a análise de variância conjunta as fontes de variação genótipos, ambientes e a interação genótipos x ambientes foram significativas a 5% pelo teste F, evidenciando diferenças de potenciais produtivos entre os genótipos, das condições edafoclimáticas ou de manejo cultural inerentes a cada local e ausência de consistência no desempenho dos genótipos ao longo dos ambientes. Pelo critério de Corneliuss, cinco componentes principais foram significativos, captando mais de 83% da variação total, enquanto os dois primeiros captaram 55%. Dois grupos de ambientes foram identificados, um formado pelo locais do Mato Grosso e outro pelos demais, indicando ser possível a exclusão de alguns ambientes de avaliação da rede de ensaios. Merecem destaque as cultivares BRS Buriti e FMT 701 que produziram acima de 4000 kg/ha na média das avaliações e com pouca contribuição para a interação G x A.

Palavras-chave: Algodoeiro, cerrados, produção, estabilidade e adaptabilidade.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a cotonicultura concentra-se principalmente em ecossistema de Cerrado, com grande diversidade de condições edafoclimáticas. As metodologias tradicionais do estudo da interação genótipos x ambientes descrevem bem o fenômeno explorando padrões de comportamento dos genótipos, seja pelo uso de índices de adaptabilidade, como a metodologia de Lin e Binns (1988) ou via análises de regressão tendo índices ambientais como variáveis independentes, como as metodologias de Eberhart e Russel (1966) e Cruz et al. (1989).

Contudo, metodologias que consigam detectar padrões da interação tendo como foco os ambientes também são de grande importância, seja pela identificação de ambientes similares, o que seria útil para a escolha criteriosa dos locais de avaliação em pesquisas futuras; ou, então, identificação de grupos de genótipos com comportamento similar a um dado grupo de ambientes, capitalizando o efeito da interação.

Para situações em que se busca identificação de combinações específicas genótipos/ambientes, a metodologia AMMI (Additive and Multiplicative Model Interaction) pode ser empregada. Esse modelo postula componentes aditivos para os efeitos principais de genótipos e ambientes e componentes multiplicativos para os efeitos da interação, buscando identificar padrões para a interação considerando, simultaneamente, genótipos e ambientes. Ela vem sendo aplicada em



diferentes culturas como: Freire Filho et al. (2003) em caupi; Oliveira et al. (2003) e Silva e Duarte (2006), em soja. Souza et al. (2006) aplicou essa metodologia no estudo da interação genótipos por ambientes do algodoeiro nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, sendo que os dois primeiros eixos da interação explicaram quase que 80% da variação. Maiores detalhes sobre a metodologia podem ser vistos em Duarte e Vencovsky (1999) e Dias (2005).

O presente trabalho tem como objetivo estudar a interação genótipos x ambientes de 17 genótipos de algodão em 23 locais do cerrado brasileiro via modelo AMMI.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de produtividade de algodão em caroço dos Ensaios Regional do Cerrado de cultivares de algodão, safra 2005/2006, envolvendo 17 genótipos avaliados em 23 locais dos Estados da Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Piauí. Os ambientes de avaliação foram: Na Bahia, São Desidério (A1), Correntina (A2), Barreiras (A3); Em Goiás Ipameri (A4), Itumbiara (A5), Montividiu (A6), Palmeiras (A7), Santa Helena (A8), Paraúna (A9), Perolândia (A10); no Mato Grosso, Campo Verde (11), Lucas do Rio Verde (12), Novo São Joaquim (13), Serra da Petrovina (A14), Primavera do Leste (A15), Rondonópolis (A16); no Mato Grosso do Sul, Aral Moreira 1 (A17), Aral Moreira 2 (A18), Chapadão do Céu (A19), Dourados (A20), Itaqui (A21), Nioaque (A22); e Bom Jesus (A23) no Piauí. Os seguintes cultivares e, ou, linhagens foram avaliados: BRS Aroeira (G1), BRS Cedro (G2), BRS Araçá (G3), BRS Buriti (G4), CNPA GO 999 (G5), Fibermax 966 (G6), Fibermax 977 (G7), CNPA CO 01-56818 (G8), Delta Opal (G9), SL 506 (G10), FMT 701 (G11), Coodetec 406 (G12), Coodetec 409 (G13), Fabrika (G14), Delta Penta (G15), BRS Ipê (G16), CNPA CO 2000-337 (G17).

O manejo cultural variou conforme o local de avaliação. Nos casos de experimentos instalados em área comercial, seguiu-se o manejo da própria de Fazenda. Como houve variação nos espaçamentos entre ambientes, os dados foram transformados em kg/ha antes da análise estatística. Realizaram-se análises de variância individuais e conjunta tomando-se por critério para realização dessa última a razão inferior a sete entre o maior e o menor erro residual obtidos nas análises individuais (Gomes, 1987). O estudo da interação genótipos x ambientes foi feito segundo a metodologia AMMI, conforme descrito em Duarte e Vencovsky (1999) e Dias (2005).

Adotou-se como verificação da significância dos componentes o critério proposto por Cornelius, que segundo Dias (2005) é o mais recomendável dentre os critérios baseados no teste F. Em adição, segundo o mesmo autor, é o teste preferível se um grande número de componentes da interação é esperado existir. Essa foi a situação presumida nesse trabalho, já que apesar de todos os ensaios terem sido conduzido nas condições de Cerrado, ocorre grande variação de precipitação, temperatura e pressão de pragas e doenças entre os locais. O procedimento para a execução de tal teste pode ser encontrado em Duarte e Vencovsky (1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância conjunta e o desdobramento da soma de quadrado da interação para os cinco primeiros componentes principais são apresentados na Tabela 1. Pode ser observado que a fonte de variação para efeito dos genótipos foi significativa, evidenciando diferenças de potenciais produtivos entre os genótipos, na média dos ambientes. Em adição, os locais de avaliação também diferiram estatisticamente e, portanto, as condições edafoclimáticas ou de manejo cultural inerentes a cada local influenciaram o desempenho dos genótipos. A ausência de consistência no desempenho dos genótipos ao longo dos ambientes é expressa pela significância da fonte de variação da interação.



Tabela 1. Resumo da análise de variância conjunta para 17 genótipos avaliados em 23 ambientes e para o desdobramento da interação genótipos x ambientes via decomposição de valores singulares (DVS) avaliada pelo critério de Comellius.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Genótipos (G)	16	6874445.8	26.4	0.000
Ambientes (A)	22	85510230.2	327.8	0.000
GxA	352	866775.0	3.32	0.000
Resíduo	1104	260888.5		
EIXOS IPCA	GL	SQ	Fc (Cornellius)	Pr>Fc
IPCA1	315	45680095	2.22	0.000
IPCA2	280	34268223	1.88	0.000
IPCA3	247	24378501	1.51	0.000
IPCA4	216	16908381	1.20	0.037
IPCA5	187	12957837	1.06	0.284

De acordo com o critério de Cornellius, cinco componentes foram significativos (Tabela 1), captando mais de 83% da variação total (Tabela 2). Embora o IPCA5 apareça como “não significativo” pelo teste F, a interpretação do critério de Cornellius é semelhante à feita para desvios de regressão, ou seja, quando significativo é indicação de que o modelo é insuficiente para explicação da variação padrão dos dados e mais parâmetros devem ser incluídos (DIAS, 2005).

Tabela 2. Autovalores, porcentagem da variação explicada (%Variação) e porcentagem da variação acumulada (V.A.%) para os cinco primeiros componentes principais.

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Autovalor	30596388.5	11411674.0	9889596.5	7470050.8	3950606.5
% Variação	40.1	15.0	13.0	9.8	5.2
V.A.%	40.1	55.1	68.0	77.8	83.0

Todavia, a representação gráfica para mais de três componentes não é trivial. Considerando-se apenas os dois primeiros componentes principais, 55% da variação total da interação foram explicados. Souza et al. (2006), trabalhando com sete cultivares de algodão em 16 locais do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, encontraram um valor superior a 79% para os dois primeiros componentes principais. Contudo, deve ser salientado que o limite máximo de componentes para a referida autora seria seis, contra um máximo de 16 do presente estudo.

Na análise gráfica, ambientes e genótipos mais estáveis encontram-se mais próximos a origem do *biplot*. Por extensão, genótipos e ambientes mais afastados da origem são os que mais contribuíram para a interação. Os locais de maior e menor contribuição para a interação seriam, respectivamente, Serra Petrovina (A14) e Montividiu (A6), sendo esse último o local que melhor representaria a condição média dos locais de avaliação, considerando-se os dados obtidos como representativos do comportamento dos genótipos e dos ambientes ao longo de várias safras (Figura 1). Nesse caso, em última análise, esse ambiente seria o mais indicado para a realização de avaliações em condições de Cerrado, buscando-se identificar genótipos com adaptação ampla, para o conjunto de ambientes estudados.

Verifica-se por uma análise visual do *biplot* que os escores para locais do Mato Grosso estão plotados à direita do gráfico, enquanto os demais locais estão plotados a esquerda, formando assim dois grupos de ambientes. Dos locais plotados a esquerda é possível observar ainda um subagrupamento dos locais do MS e um ambiente do Piauí (A 17 – Aral Moreira 1, A 20 - Dourados, A

21 - Itaquiari, A 22 - Nioaque, A 23 – Bom Jesus), os quais estariam proporcionando informações similares. Também com informações similares, haja vista a proximidade na plotagem, estariam os ambientes Paraúna (A 9), Chapadão do Céu (A 19), Perolândia (A 10) e Aral Moreira 2 (A 18).

Genótipos e ambientes no *biplot* próximos entre si capitalizam efeitos positivos da interação. Nesse sentido, observam-se possíveis interações positivas entre a linhagem CNPA GO 999 (G 5) e o ambiente Lucas do Rio Verde (A 12), entre a BRS Buriti (G 4) e os ambientes Primavera do Leste (A 15) e Campo Verde (A 11), entre a BRS Araçá (G 3) com o ambiente Novo São Joaquim (A 13), entre a CNPA 01-56818 (G 8) e Coodetec 409 (G 13) com o ambiente Itumbiara (A 5) e a Coodetec 406 (G 12) com o ambiente Correntina (A2). Por outro lado, genótipos plotados do lado oposto de um determinado local, indica interação negativa, chamando a atenção a baixa adaptação da linhagem CNPA 2002-337 (G17) ao ambiente Serra da Petrovina (A14). Deve ser ressaltado que a análise gráfica baseia-se nos desvios da interação e não no desempenho “*per se*” de genótipos ou de ambientes.

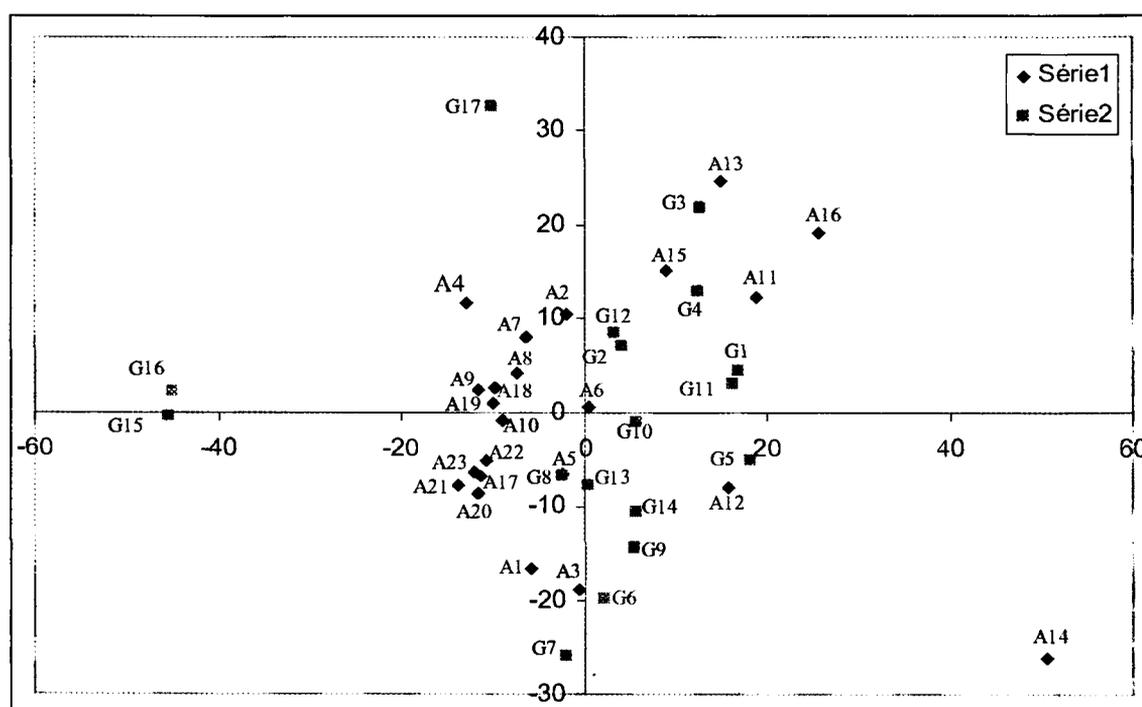


Figura 1. Biplot AMMI2 dos escores de 17 genótipos de algodoeiro herbáceo (G 1 a G 17) e 23 ambientes (A 1 a A 23). Código de ambientes e genótipos listados no material e métodos.

Com relação aos genótipos, as cultivares Delta Penta (G 15) e BRS Ipê (G 16) seriam as que mais contribuiriam para a interação. Entre as que menos contribuíram estão as cultivares BRS Cedro (G 2) e SL 506 (G 10). Nenhuma delas está entre as mais produtivas, evidenciando a necessidade de considerar a parte aditiva do modelo no momento de se fazer a escolha das variedades. Nesse sentido, na média dos ambientes as cultivares mais produtivas foram a BRS Buriti (G 4) e FMT 701 (G 11), as quais proporcionaram contribuições modestas para a interação (Tabela 3).



Tabela 3. Valores médios para produtividade de grãos do algodoeiro obtidos para cada um dos genótipos e para cada um dos locais de avaliação. Safra 2005/2006

Locais	Média	Genótipos	Média
São Desidério (BA)	3411	BRS Aroeira	3958
Correntina (BA)	5367	BRS Cedro	3695
Barreiras (BA)	5226	BRS Araçá	3972
Ipameri (GO)	5164	BRS Buriti	4185
Itumbiara (GO)	3757	CNPA GO 999	3994
Montividiu (GO)	5268	Fibermax 966	3539
Palmerias (GO)	2702	Fibermax 977	3701
Santa Helena (GO)	2093	CNPA CO 01-56818	3893
Paraúna (GO)	3665	Delta Opal	3863
Perolândia (GO)	4846	SL 506	3642
Campo Verde (MT)	5449	FMT 701	4120
Lucas do Rio Verde (MT)	3392	Coodetec 406	3462
Novo São Joaquim (MT)	4641	Coodetec 409	3709
Serra da Petrovina (MT)	4473	Fabrika	3673
Primavera do Leste (MT)	2048	Delta Penta	3339
Rondonópolis (MT)	3955	BRS Ipê	3149
Aral Moreira 1 (MS)	2435	CNPA CO 2000-337	3797
Aral Moreira 2 (MS)	2995		
Chapadão do Céu (MS)	3825		
Dourados (MS)	2230		
Itaquari (MS)	3246		
Nioaque (MS)	2760		
Bom Jesus (PI)	3190		

Em termos práticos, em um programa de avaliação e seleção de genótipos, considerando um cenário de interações G x A complexas, seria possível a identificação de genótipos mais adaptados aos Estados de Goiás e Mato Grosso do Sul através da média dos diversos ambientes similares, sendo possível, também, a exclusão de parte desses ambientes da rede de avaliações. Dada a importância da interação no Mato Grosso, seria plenamente justificável aumentar o número de locais de avaliação nesse Estado em detrimento de pontos em Goiás ou Mato Grosso do Sul, caso se deseje manter o mesmo número de pontos de avaliação.



CONCLUSÕES

Dois grupos de ambientes foram identificados, um formado pelos locais de avaliação do Mato Grosso e outro formado pelos demais;

O agrupamento de ambientes indica ser possível a exclusão de ambientes de avaliação da rede de ensaios em Mato Grosso do Sul e Goiás e justificável o número de ambientes em Mato Grosso e Bahia;

O ambiente Montividiu foi o mais representativo do conjunto de ambientes da rede de avaliação;

A cultivar BRS Cedro foi o genótipo de mais ampla adaptabilidade;

As cultivares BRS Buriti e FMT 701 foram as cultivares de maior média produtiva e com pequena contribuição para a interação.

CONTRIBUIÇÃO PRÁTICA E CIENTÍFICA DO TRABALHO

Esses resultados são de grande relevância para a definição dos ambientes que devem compor a rede de ensaios de avaliação e seleção de genótipos, priorizando-se ambientes que favoreçam a discriminação entre genótipos e minimizem recursos físicos e financeiros na condução dos trabalhos. Por sua vez, a identificação de genótipos com adaptabilidade ampla ou a ambientes específicos é fundamental para o processo de zoneamento e recomendação de cultivares para cultivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de A.; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. *Revista Brasileira de Genética*, v. 12, n. 2, p. 567-580, 1989.
- DIAS, C. T. S. Métodos para escolha de componentes de efeito principal aditivo e interação multiplicativa (AMMI). 2005. Dissertação (Livre Docência) - ESALQ/USP, Piracicaba, SP.
- DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R. Interação genótipos x ambientes: uma introdução a análise "AMMI". Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60p. (Séries Monografias, 9).
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, v. 6, p. 36-40, 1966.
- FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; LOPES, A.C.A. Adaptabilidade e estabilidade de grãos de genótipos de caupi enramador de tegumento mulato. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n.5, p.591-598, 2003.
- GOMES, F. P. *Curso de estatística experimental*. 11. ed. Piracicaba: Nobel, 1987. 466p.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal Plant Science*, v. 68, p. 193-198, 1988.
- OLIVEIRA, A.B.; DUARTE, J.B.; PINHEIRO, J.B. Emprego da análise AMMI na avaliação da estabilidade produtiva em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n.3, p.357-364, 2003.
- SILVA, V.C.J.; DUARTE, J.B. Modelos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.1, p.23-30, 2006.
- SOUZA, A. A.; FREIRE, E. C.; BRUNO, R. L. A.; CARVALHO, L. P.; SILVA FILHO, J. L.; PEREIRA, W. Estabilidade e adaptabilidade do algodoeiro herbáceo no Cerrado do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.7, p.1125-1131, 2006.