

INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE EM LINHAGENS DE ALGODOEIRO DESENVOLVIDAS PARA CONDIÇÕES DE CERRADO

CAMILO DE LELIS MORELLO¹, JOÃO BATISTA DUARTE², JOÃO LUIS DA SILVA FILHO³, ELEUSIO CURVELO FREIRE⁴ e NELSON DIAS SUASSUNA⁵

RESUMO: Em fases finais do desenvolvimento de cultivares, é imprescindível o estudo da estabilidade e adaptabilidade dos genótipos disponíveis, visando a indicação daqueles mais apropriados para as condições de cultivo. Na safra 2003/2004, 12 linhagens e três cultivares foram avaliadas em oito locais em condições de cerrado, seguindo-se o delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Para produtividade de pluma (kg/ha), realizaram-se análises da variância e estudo da interação de genótipos com ambientes (GxA), empregando-se o modelo AMMI. Detectaram-se efeitos significativos de locais, de genótipos e da interação GxA clássica. Da variabilidade associada a essa interação, detectou-se significância apenas para o primeiro termo multiplicativo do modelo AMMI - AMMI1. No gráfico biplot do AMMI1, verificou-se um comportamento produtivo estável das linhagens CNPA GO 2000-1256, CNPA GO 2000-1093 e CNPA GO 2000-1088, que responderam de forma previsível, segundo o modelo, à melhoria dos ambientes, com destaque para CNPA GO 2000-1093, de média mais elevada entre as três. Destacou-se também o comportamento da linhagem CNPA GO 2000-1167, com o mais alto rendimento em sete locais, uma interação positiva com Montividiu, mas, negativa com Jussara. Essa linhagem se aproximou do genótipo suplementar, que, por definição, reúne ao longo dos ambientes as produtividades máximas.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*, interação genótipo x ambiente, produtividade de pluma.

GENOTYPE X ENVIRONMENT INTERACTION IN COTTON LINES DEVELOPED FOR SAVANNAH CONDITIONS

ABSTRACT: Knowledge of stability and adaptability of breeding lines before release is crucial in cotton breeding programs. At season 2003/2004 twelve breeding lines and tree varieties (checks) were evaluated at eight locations at savannah region in Central Brazil, following a completely randomized block design with four replications. The lint yield data was analyzed according to AMMI analysis. A biplot graphic was achieved. Locals, genotypes, and G X E interaction have significant effects. Just the first term multiplicative of AMMI model has significant effect. The biplot graphic shown stability for lint yield by CNPA GO 2000-1256, CNPA GO 2000-1093, and CNPA GO 2000-1088 breeding lines, given positive responses according to improvements of environment conditions. The CNPA GO 2000-1167 breeding line had the higher production at seven locations, with positive interaction with Montividiu, but negative with Jussara. This breeding line was nearly the supplement genotype, at definition, reach higher yields at all environments.

Index terms: *Gossypium hirsutum*, genotype x environment interaction, lint yield.

¹Embrapa Algodão - Núcleo Goiás, BR 153, km 4, 74001-970, Goiânia, GO. E-mail: morello@cnpa.embrapa.br

²Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia, Setor de Melhoramento Vegetal, 74001-970 - Goiania, GO E-mail: jbduarte@agro.ufg.br

³Embrapa Algodão, Osvaldo Cruz 1143, 58107-720 Campina

Grande, PB. E-mail: joaoluis@cnpa.embrapa.br

⁴Cotton Consultoria, Rua Estelita Cruz 459, Ed. Antares, apto. 501, 58102-570, Campina Grande - PB. E-mail: eleusiofreire@hotmail.com

⁵Embrapa Algodão, Osvaldo Cruz 1143, 58107-720 Campina Grande, PB. E-mail: suassuna@cnpa.embrapa.br

INTRODUÇÃO

No Brasil, a cotonicultura concentra-se principalmente no ecossistema dos Cerrados, destacando-se tanto em área cultivada, quanto em produção (CONAB, 2008). Entre as principais demandas tecnológicas da cultura, em condições de cerrado, destaca-se o desenvolvimento de cultivares de elevado potencial produtivo de pluma, resistência ou tolerância às principais doenças e elevada qualidade tecnológica da fibra (MORELLO et al., 2006). Com este propósito, a Embrapa Algodão/Fundação Goiás vem trabalhando intensamente no melhoramento genético do algodoeiro, empregando metodologias que levam ao desenvolvimento contínuo de novas linhagens. Contudo, dada a diversidade de condições edafoclimáticas e, ou, de manejo cultural, normalmente, os genótipos têm respostas diferenciadas em ambientes distintos. Por sua vez, a identificação de linhagens ou cultivares, com maior estabilidade fenotípica e adaptabilidade específica permite conviver com o fenômeno, tendo-se maior orientação na tomada de decisão no lançamento de novas cultivares e no estabelecimento do zoneamento de uso.

Em fases finais do processo de desenvolvimento de cultivares, é imprescindível o estudo da estabilidade e adaptabilidade dos genótipos disponíveis, fornecendo subsídios para futura indicação das condições mais apropriadas de cultivo dos materiais desenvolvidos. No estudo da interação de genótipo com ambiente (GxA), a análise AMMI (additive main effects and multiplicative interaction analysis), combina a análise de variância com a análise de componentes principais, para ajustar os efeitos principais (genótipos e ambientes) e os efeitos da interação, proporcionando indicações de estabilidade e adaptabilidade dos materiais, a partir de fácil interpretação gráfica dos resultados (ZOBEL et al., 1988). Ela vem sendo aplicada em diferentes culturas como: caupi

(FREIRE FILHO et al., 2003); soja (OLIVEIRA et al., 2003; SILVA; DUARTE, 2006) e algodão (SILVA FILHO et al., 2008; SOUZA et al., 2006). Pacheco et al. (2005) introduziram, na análise AMMI aplicada ao estudo de interação GE, um genótipo hipotético de referência, denominado genótipo suplementar, baseado na proposição de Lin e Binns (1988). Segundo essa abordagem, a superioridade agrônômica de um genótipo deve ser avaliada relativamente às máximas produtividades observadas em cada ambiente. Assim, um genótipo teoricamente ideal seria aquele que reunisse, ao longo dos ambientes de teste, essas produtividades máximas.

Dispondo-se de 12 linhagens de algodoeiro, juntamente com três cultivares comerciais (testemunhas), o presente estudo teve por objetivo obter informações quanto à adaptação e à estabilidade dessas linhagens, em termos de produtividade de pluma, quando avaliadas em oito locais de importância no cultivo do algodoeiro, em condição de cerrado no Estado de Goiás.

MATERIAL E MÉTODOS

Na safra 2003/2004, 12 linhagens finais e três cultivares comerciais, em um total de 16 tratamentos, foram arranjadas no Ensaio Estadual de Avaliação de Cultivares - Embrapa Algodão/Fundação Goiás, o qual foi avaliado em oito locais do Estado de Goiás (Tabela 1). Empregou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições.

O manejo cultural variou conforme o local de avaliação. Nos experimentos instalados em área de produção de fazendas, em sete locais, seguiu-se o manejo adotado na própria de fazenda. Apenas em Santa Helena de Goiás, onde o experimento foi conduzido dentro da estação experimental, seguiu-se o manejo recomendado pela Embrapa. Por ocasião da colheita, obteve-se a produção de algodão em

TABELA 1. Linhagens e cultivares (G) de algodoeiro e locais (A) de avaliação no cerrado, safra 2002/2003.

Linhagens/Cultivares	Simbologia	Locais	Simbologia
BRS AROEIRA	G1	Indiara	A1
BRS IPÊ	G2	Acreúna	A2
DELTA OPAL	G3	Palmeiras	A3
CNPA GO 2000995	G4	Santa Helena de Goiás	A4
CNPA GO 2000999	G5	Montividiu	A5
CNPA GO 20001021	G6	Mineiros	A6
CNPA GO 20001072	G7	Chapadão do Sul	A7
CNPA GO 20001077	G8	Jussara	A8
CNPA GO 20001088	G9		
CNPA GO 20001093	G10		
CNPA GO 20001156	G11		
CNPA GO 20001167	G12		
CNPA GO 2000-1174	G13		
CNPA GO 20001256	G14		
CNPA GO 2000991	G15		

caroço por parcela. O algodão colhido foi descaroçado, obtendo-se o percentual de fibra e, posteriormente, a produção e produtividade de algodão em pluma, em kg/ha. 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).

Sob interação de genótipos com ambientes (GxA) significativa, procedeu-se, em seguida, ao estudo da estabilidade e adaptabilidade para a variável produtividade de pluma por meio da análise AMMI. Esta análise decompõe a soma de quadrados tradicionalmente atribuída à interação GxA numa parcela denominada padrão e numa outra chamada ruído, reservando tão somente à primeira um significado realmente importante na interpretação das interações (DUARTE; VENCOVSKY, 1999). A análise produz as coordenadas dos genótipos e dos ambientes nos eixos principais de interação, necessárias para a construção de uma

representação gráfica chamada biplot. Neste gráfico pode-se avaliar visualmente, de modo simples, o nível de estabilidade dos genótipos, as similaridades entre estes e entre os ambientes, com respeito à interação GxA, assim como as afinidades adaptativas entre certos genótipos e ambientes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise conjunta da variância, associada à decomposição multiplicativa (AMMI) dos efeitos da interação GxA (Tabela 2), detectaram-se efeitos significativos de locais, de genótipos e da interação GxA clássica, havendo, portanto, diferenças de potenciais produtivos entre os genótipos; diferenças entre os locais de avaliação, decorrente das condições edafoclimáticas ou de manejo cultural inerentes a cada local influenciando o desempenho dos genótipos e ausência de consistência no desempenho dos genótipos nos ambientes, expressa pela significância da fonte de variação

TABELA 2. Análise conjunta de variância e decomposição AMMI dos efeitos da interação GxA, em nível de médias, para dados de produtividade de pluma de linhagens e cultivares de algodoeiro, safra 2002/2003.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Pr > F
Genótipos (G)	14	547650,64	39117,9	0,0018
Ambientes (A)	7	17036762,1	2433823,1	0,0000
Interação GxA	98 ¹	2337595,6	23853,0	0,0024
AMMI	20	43771,1	43771,1	0,0001
Resíduo AMMI1	78	18745,8	18746,8	0,1238
Erro médio	336	15420,1	15420,1	

da interação, indicando especificidades adaptativas de certos genótipos a ambientes particulares.

Com relação ao desdobramento dos efeitos da interação GxA original, detectou-se significância apenas para o primeiro termo multiplicativo do modelo AMMI. Assim, foi suficiente o primeiro eixo de interação (IPCA1) para descrever o padrão associado à interação GxA. Também em estudos envolvendo o algodoeiro e a análise da interação GxA em condições dos cerrados, empregando-se o modelo AMMI, Souza et al. (2006) e Silva Filho et al. (2008) constataram significância para os dois primeiros termos multiplicativos do modelo.

Na análise gráfica, ambientes e genótipos mais estáveis encontram-se mais próximos à origem do biplot. Por extensão, genótipos e ambientes mais afastados da origem são os que mais contribuíram para a interação, como Montividiu e Jussara por apresentarem os maiores escores no eixo de interação. Por outro lado, locais como Mineiros e Chapadão do Sul possibilitam menor contribuição para a interação e de elevada média, ou seja, favoráveis à manifestação dos potenciais produtivos, 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, esses ambientes seriam os mais indicados para

a realização de avaliações em condições do Cerrado do Estado de Goiás, buscando-se identificar genótipos com adaptação ampla, para o conjunto de ambientes estudados e responsivos a ambientes favoráveis. Entretanto, a discrepância entre Acreúna e Indiará com os locais Chapadão do Sul e Mineiros, estes muito semelhantes entre si, não deve estar associada à interação GE, mas, sobretudo ao efeito ambiental médio (potencial de produtividade do ambiente). Pôde-se inferir que a classificação dos genótipos ao longo dos seis locais (Acreúna, Palmeiras, Indiará, Santa Helena, Mineiros e Chapadão do Sul) não deve se alterar substancialmente. A se confirmar tal constatação em anos subsequentes, admite-se a possibilidade de substituir alguns deles por outros locais mais contrastantes na região alvo da recomendação. Embora esse tipo de constatação seja própria do conjunto de genótipos e ambientes em estudo, resultados indicativos de similaridade entre alguns desses ambientes também foram verificados no estudo de Silva Filho et al. (2008), aonde os locais Paraúna, Chapadão do Céu (próximo a Chapadão do Sul) e Perolândia (próximo a Mineiros), ocorreram em um mesmo agrupamento de ambientes e, portanto, gerando informações similares sobre o comportamento dos genótipos.

Na ilustração Biplot (IPCA1_Figura 1), em que genótipos com IPCA1 próximos a zero demonstram estabilidade aos ambientes

testados, observa-se desempenho produtivo estável das linhagens CNPA GO 2000-1256 (G 14), CNPA GO 2000-1093 (G 10) e CNPA GO 2000-1088 (G 9), que responderam de forma previsível à melhoria dos ambientes, com destaque para CNPA GO 2000-1093 (G 10), de média mais elevada dentre as três. Adicionalmente pode-se verificar tendências de melhor adaptação das linhagens CNPA GO 2000-1256 (G 14) e CNPA GO 2000-1088 (G 9) aos locais Indiara e Santa Helena de Goiás. Combinações de genótipos e ambientes com escores de mesmo sinal têm interações específicas positivas. Assim, adaptações específicas a ambientes podem ser verificadas nas linhagens CNPA GO 2000-1072 (G 7) e CNPA GO 2000-1077 (G 8) ao local Santa Helena de Goiás, bem como da interação positiva entre a BRS Ipê (G 2) e a cidade de Jussara.

A linhagem CNPA GO 2000-1167 (G 12), que resultou no maior rendimento médio final (Tabela 3), embora tenha contribuído

substancialmente para a interação GE (Figura 1), teve os mais elevados rendimentos médios em sete dos oito locais avaliados. A exceção foi o local Jussara, onde o genótipo não se adaptou especificamente, embora, ainda assim, tenha alcançado um rendimento previsto superior a 1800 kg/ha. Nessa localidade, genótipos como CNPA GO 2000-1156, BRS Ipê e CNPA GO 2000-999 evidenciaram melhores adaptações produtivas (Tabela 3), alcançando rendimentos médios superiores a 2000 kg/ha. Por outro lado, entre estes, apenas CNPA GO 2000-1156 manteve-se entre os cinco primeiros classificados em rendimento médio final. As adaptações positivas e negativas podem ser confirmadas, respectivamente, inspecionando-se o gráfico biplot, na Figura 1. Observa-se nitidamente a proximidade dos pontos correspondentes ao local Montividiu e ao genótipo G12 (CNPA GO 2000-1167) com escores de mesmo sinal, assim como a distância relativamente grande entre os pontos

TABELA 3. Matriz de respostas preditas (kg/ha de pluma) dos genótipos de algodoeiro nos ambientes de teste, estimadas por análise AMMI.

Genótipos	Indiara	Acreúna	Palmeiras	Shelena	Montividiu	Mineiros	Ch.Sul	Jussara	Média
BRS AROEIRA	1793	1213	1651	1763	1881	2363	2396	1652	1839
BRS IPÊ	1862	1223	1644	1921	1439	2501	2507	2154	1907
Delta Opal	1933	1318	1747	1954	1725	2543	2560	2043	1978
CNPA 2000-995	1917	1331	1767	1895	1959	2492	2523	1814	1962
CNPA 2000-999	1833	1199	1622	1882	1462	2465	2474	2080	1877
CNPA 2000-1021	1908	1319	1755	1890	1927	2487	2516	1825	1954
CNPA 2000-1072	1896	1279	1707	1921	1670	2509	2525	2022	1941
CNPA 2000-1077	1822	1203	1630	1849	1578	2436	2452	1962	1867
CNPA 2000-1088	1899	1287	1716	1916	1716	2505	2524	1987	1944
CNPA 2000-1093	1932	1329	1761	1935	1830	2527	2550	1952	1977
CNPA 2000-1156	1911	1285	1709	1950	1600	2535	2547	2109	1956
CNPA 2000-1167	2070	1505	1948	2016	2295	2620	2661	1812	2116
CNPA 2000-1174	1860	1263	1697	1854	1811	2448	2474	1835	1905
CNPA 2000-1256	1858	1252	1683	1865	1732	2456	2478	1898	1903
CNPA 2000-991	1786	1204	1642	1757	1867	2356	2389	1650	1831
Média	1885	1281	1712	1891	1766	2483	2505	1920	1930
CV	11,8	15,4	13,4	10,1	13,5	11,6	14,9	15,2	

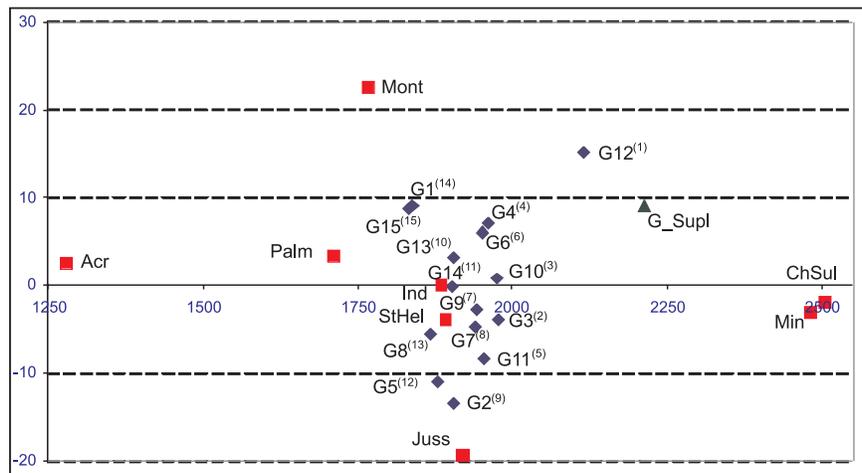


FIG. 1. Representação gráfica biplot AMMI1 (média vs primeiro eixo de interação GxA, IPCA1) para dados de produtividade de pluma (kg/ha) de quinze genótipos de algodoeiro (G1: BRS AROEIRA, G2: BRS IPÊ, G3: Delta Opal, G4: CNPA 995, G5: CNPA 999, G6: CNPA 1021, G7: CNPA 1072, G8: CNPA 1077, G9: CNPA 1088, G10: CNPA 1093, G11: CNPA 1156, G12: CNPA 1167, G13: CNPA 1174, G14: CNPA 1256, G 15: CNPA 991 e G_Supl: Genótipo Suplementar) testados em oito ambientes (Ind: Indiara, Acr: Acreúna, Palm: Palmeiras, StHel: Santa Helena de Goiás, Mont: Montividiu, Min: Mineiros, ChSul: Chapadão do Sul, Juss: Jussara) em condições de cerrado (2002/2003). Números entre parênteses correspondem ao ordenamento do genótipo na média dos locais para o caráter em questão.

representantes de G12 e de Jussara, com escores de sinais opostos.

Pacheco et al. (2005) introduziram, na análise AMMI aplicada ao estudo de interação GE, um genótipo de referência, denominado genótipo suplementar, baseado na proposição de Lin e Binns (1988). Segundo essa abordagem, a superioridade agrônômica de um genótipo deve ser avaliada relativamente às máximas produtividades observadas em cada ambiente. Assim, um genótipo teoricamente ideal seria aquele que reunisse, ao longo dos ambientes de teste, essas produtividades máximas. O genótipo suplementar G_Supl, gráfico biplot da Figura 1, representa precisamente esse referencial teórico. Sob este ponto de vista, mais uma vez destaca-se o genótipo G12 (CNPA GO 2000-1167); isto é, um material de rendimentos máximos na maior parte dos locais de teste.

Esses resultados, aliados aos comportamentos fitossanitário e tecnológico de fibra (EMBRAPA ALGODÃO, 2005; MORELLO et al., 2007), habilitaram a CNPA GO 2000-1167 ao lançamento como cultivar, recebendo a denominação de BRS 269 -"Buriti".

CONCLUSÕES

As linhagens CNPA GO 2000-1256, CNPA GO 2000-1093 e CNPA GO 2000-1088, podem ser consideradas portadoras de ampla adaptabilidade.

A linhagem CNPA GO 2000-1167, pelo seu comportamento similar ao genótipo suplementar (referencial teórico hipotético), possui características análogas ao genótipo com comportamento produtivo ideal.

REFERÊNCIAS

- CONAB. **Avaliação da safra de grãos 2007/08:** terceiro levantamento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em 21 set. 2008.
- DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipos x ambientes:** uma introdução à análise AMMI. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60 p. (Série Monografias, n. 9.).
- EMBRAPA ALGODÃO. **BRS 269 - BURITI.** Campina Grande, 2005. 1 Folder.
- 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. **Can J Plant Sci.** v. 68, p. 193-198, 1988.
- MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C.; SILVA FILHO, J. L.; FREIRE, E. C. **Cultivares do algodoeiro para o cerrado.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 8 p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 93).
- MORELLO, C. L.; SUASSUNA, N. D.; FREIRE, E. C.; BEZERRA, W.; LUZ, C. M.; COUTINHO, W. M. **Potencial produtivo e resistência a doenças em linhagens de algodoeiro desenvolvidas para condições de cerrado.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 5 p. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 326).
- 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.
- PACHECO, R. M.; DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R.; PINHEIRO, J. B.; OLIVEIRA, A. B. Use of supplementary genotypes in AMMI analysis. **Theor Appl Genet.** v. 110, p. 812-818. 2005.
- 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.
- SILVA FILHO, J. L. da; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C.; LAMAS, F. M.; PEDROSA, M. B.; RIBEIRO, J. L. Comparação de métodos para avaliar a adaptabilidade e estabilidade produtiva em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 349-355, 2008.
- 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.
- ZOBEL, R. W.; WRIGHT, M. J.; GAUCH, H. G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal.** v. 80, p. 388-393, 1988.