



ESTABILIDADE FENOTÍPICA, UM COMPLEMENTO RELEVANTE NA AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO PARA RESISTÊNCIA A DOENÇAS¹

Milton Geraldo Fuzatto¹; Edivaldo Cia^{1,2}; Julio Isao Kondo¹

¹ Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) mfuzatto@iac.sp.gov.br; ² Bolsista do CNPq.

RESUMO – Neste trabalho é formulado um conceito mais abrangente da resistência a doenças em genótipos de algodoeiro, mediante inclusão, nos parâmetros usuais de avaliação, da estabilidade fenotípica desse atributo, em ambientes com intensidades diversas de ocorrência das doenças. Para isso foram utilizados dados obtidos em experimentos realizados para avaliação de genótipos com respeito à murcha de *Fusarium*, mancha-angular, ramulose, mancha de *Ramularia* e aos nematoides *Meloidogyne incognita* e *Rotylenchulus reniformis*. Interações genótipos x ambientes significativas ocorreram em todos esses casos, dando margem a estudos subsequentes de estabilidade fenotípica da resistência ou tolerância de genótipos a essas doenças e nematoides. Os genótipos estudados em cada caso diferiram notavelmente quanto a essa característica, e mediante associação dela com a nota máxima obtida nas diversas avaliações realizadas, foi possível conferir previsibilidade e classificações mais seguras do desempenho dos genótipos em face da incidência das adversidades bióticas consideradas.

Palavras – chave: doenças, resistência genética, critério para classificação.

INTRODUÇÃO

A manifestação de doenças no algodoeiro depende, essencialmente, da agressividade do patógeno, do grau de resistência do hospedeiro e das condições ambientais em que ocorre o evento. Este último fator, por envolver circunstâncias que favorecem, ou não, a infecção e o desenvolvimento do patógeno, pode constituir causa de ineficiência na avaliação de genótipos, levando à superestimação de sua resistência e em consequência, à imprevisão de possíveis desempenhos insatisfatórios (FUZATTO et al., 2009). Nessas condições, a consideração da interação genótipos x ambientes, em que estes últimos representam situações diferenciadas com respeito à intensidade média de incidência do patógeno, pode constituir fator decisivo na avaliação e classificação seguras da resistência ou tolerância genética a doenças.

Este trabalho teve por objetivo confirmar tais suposições, mediante estudo da estabilidade fenotípica da resistência a diversas doenças, em alguns genótipos de algodoeiro disponíveis no Brasil.

¹ Trabalho realizado com apoio da FAPESP, do CNPq, do IMA e do FIALGO

METODOLOGIA

Para o estudo foram utilizados resultados de testes realizados anualmente pelo IAC, nos quais são avaliados, para resistência a doenças, cerca de 70 genótipos, dentre cultivares e linhagens avançadas, pertencentes a várias instituições de pesquisa que atuam no Brasil. Tais ensaios foram conduzidos em condições de campo, com quatro repetições e parcelas experimentais constituídas por uma linha com 5m de comprimento e 35 plantas como estande inicial. Na avaliação foram atribuídas, no nível de plantas ou de parcelas, conforme a doença, notas de 1 a 5, crescentes com a intensidade de ocorrência dos sintomas. Em tais condições, os genótipos foram avaliados para murcha de *Fusarium*, mancha-angular, ramulose, mancha de *Ramularia* e para os nematoides *Meloidogyne incognita* e *Rotylenchulus reniformis*. Com exceção de ramulose e mancha-angular, casos em que foram feitas inoculações, as demais doenças e nematoides ocorreram naturalmente.

Para o presente estudo foram utilizados genótipos que haviam sido avaliados, para cada doença, em, pelo menos, quatro anos, cada um destes sendo considerado, portanto, um ambiente diverso. Em cada caso, foi realizada, para a variável nota, uma análise conjunta de variância e, verificada a ocorrência de interação genótipo x ambientes significativa, procedeu-se, então, à estudos de estabilidade fenotípica e caracterização da resistência à respectiva doença, em cada genótipo. Para tanto, foram realizadas análises de regressão linear entre as notas médias atribuídas em cada ano e os índices ambientais codificados, conforme proposto por Eberhart e Russel (1966). Calculados os coeficientes de regressão, verificou-se, então, se eles diferiam significativamente do valor 0 (zero), pelo teste “t” a 5%, tendo sido este o critério para definir a estabilidade ou não ($\hat{b} \neq 0$), do genótipo considerado. Complementarmente, esta característica foi verificada, também, mediante o teste “F”, pelo efeito de ambientes dentro de genótipos. Para complementar a caracterização da resistência, considerou-se, ainda, a maior nota média, dentre os vários ambientes, atribuída ao genótipo considerado, representativa, portanto, do potencial de reação à incidência nele, da doença em questão. Para enquadrar, segundo esse parâmetro, os genótipos em termos conceituais, utilizou-se escala adaptada de Cia et al. (2008), a saber: nota menor do que 1,5, altamente resistente; de 1,5 à 2, resistente; de 2,1 a 2,5, moderadamente resistente, de 2,6 à 3,2, moderadamente suscetível; de 3,3 à 4,3, suscetível; maior do que 4,3, altamente suscetível. A combinação dessas características – estabilidade/instabilidade, de um lado, e as notas máximas referidas, de outro – permitiram o estabelecimento de 12 classes de enquadramento dos genótipos, segundo a perspectiva de seu desempenho em face das doenças consideradas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Confirmando os pressupostos do trabalho, o efeito de ambientes e a interação genótipos x ambientes foram significativos para todas as doenças consideradas, com valores “F” de, respectivamente, 9,43** e 3,10** para ramulose; 7,66** e 3,26** para murcha de *Fusarium*; 4,48** e 2,29* para *Rotylenchulus*; 55,46** e 3,33** para *Ramularia*; 2,50* e 2,13* para mancha-angular; e 7,52** e 1,52* para *Meloidogyne*. Isso justificou as análises de regressão e estudos de estabilidade fenotípica subsequentes, cujos resultados, para genótipos de desempenhos típicos, se encontram nas Tabelas 1 e 2, e na Figura 1.

Segundo o critério adotado, o genótipo ideal teria coeficiente de regressão igual a 0 (zero) e maior nota média igual ou próxima à 1, o que o classificaria como estável e altamente resistente (E-AR). São exemplos dessa classe os genótipos FIBERMAX 993 e DELTAOPAL, no caso de mancha-angular (Tabela 2). No extremo oposto encontra-se, na mesma Tabela, o genótipo Nu-15, no caso de ramulose, estável e altamente suscetível (E - AS). Entre esses extremos, e igualmente estáveis, encontram-se genótipos com desempenhos satisfatórios, como IAC 25 RMD no caso de *Fusarium*, IAC 20-233 no de *Meloidogyne*, IAC 02 - 2226 no de ramulose e FIBERMAX 966 no de *Ramularia*; outros com desempenhos intermediários, como DELTAOPAL para *Meloidogyne* e BRS BURITI para *Rotylenchulus*; e ainda outros com desempenhos inadequados como FIBERMAX 966, com respeito a *Rotylenchulus* e IPR JATAÍ quanto à ramulose. Apesar de suas diferenças, no que se refere ao grau de resistência às doenças, tais genótipos apresentam, em comum, a previsibilidade do seu desempenho, isto é, sejam positivos ou negativos os resultados, as avaliações realizadas podem ser consideradas seguras e sem ambiguidades.

Dentre os genótipos que se mostraram instáveis, alguns revelaram desempenhos aceitáveis, como IAC 20 - 233 PARA *Rotylenchulus* e BRS BURITI para mancha-angular. Tal como no grupo dos estáveis, tais genótipos não levam a grandes equívocos na sua avaliação, porquanto, as diferenças entre as notas que obtiveram nos vários ambientes não chegam a promover mudanças substanciais nas classes de resistência em que podem ser enquadrados. Tais mudanças, entretanto, verificaram-se em diversos casos neste trabalho, dos quais os mais expressivos ocorreram com os genótipos FMT 701 e FIBERMAX 993 para *Fusarium*; FIBERMAX 993 para *Rotylenchulus*; FIBERMAX 966 para *Meloidogyne* e para ramulose; e IAC 25 RMD, IPR JATAÍ e NUOPAL para *Ramularia*. Em todos esses casos, dependendo do ambiente em que teriam sido avaliados, os mencionados genótipos poderiam ter sua resistência às respectivas doenças superestimadas, ou, ao contrário, sua suscetibilidade minimizada.

CONCLUSÕES

1. Avaliados em ambientes com intensidades diversas de ocorrência de doenças e nematoides, genótipos de algodoeiro revelaram diferenças notáveis com respeito à estabilidade fenotípica da resistência ou tolerância a essas adversidades bióticas.

2. A consideração dessa característica, associada à nota máxima obtida nas avaliações realizadas, permitiu aumentar a previsibilidade de desempenho e estabelecer classificação mais segura dos genótipos quanto à resistência a essas doenças e nematoides.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CIA, E.; FUZATTO, M. G.; LÜDERS, R. R. et al. **Desempenho de cultivares e linhagens de algodoeiro em face da ocorrência de doenças e nematoides**. Cuiabá, MT: Instituto Matogrossense do Algodão, 2008. 38 p. (Boletim Científico IMA-MT 01).

EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Sci.**, v. 6, p. 36–40. 1966.

FUZATTO, M. G.; CIA, E.; LÜDERS, R. R.; GALBIERI, R.; KONDO, J. I. Estabilidade fenotípica como critério de avaliação de genótipos de algodoeiro para resistência à ramulose. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. **Sustentabilidade da cotonicultura brasileira e expansão dos mercados: anais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. 1 CD-ROM.

Tabela 1– Notas médias atribuídas a genótipos de algodoeiro em avaliações para doenças em ambientes diversos, e parâmetros de estabilidade fenotípica da resistência ou tolerância reveladas pelos genótipos.

MANCHA - ANGULAR									
GENÓTIPOS	AMBIENTES				PARÂMETROS E TESTES (1)				CLASSE (2)
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	\hat{b}	MNM	"t"	"F" A/G	
FIBERMAX 993	1,01	1,00	1,00	1,00	0,0378	1,00	0,20	0,05	E – AR
DELTAOPAL	1,01	1,00	1,02	1,00	0,0990	1,02	0,52	0,23	E – AR
BRS BURITI	1,31	1,18	1,41	1,88	1,3384	1,88	6,98**	2,70*	I – R
IPR JATAÍ	1,56	1,79	2,13	2,80	2,6820	2,80	13,99*	8,72**	I – MS

RAMULOSE									
GENÓTIPOS	AMBIENTES				PARÂMETROS E TESTES (1)				CLASSE (2)
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	\hat{b}	MNM	"t"	"F" A/G	
IAC 20 – 2226	1,73	1,50	1,60	1,89	0,4338	1,89	0,82	1,03	E – R
FIBERMAX 966	2,07	2,99	3,12	3,49	1,5020	3,49	2,85*	13,09**	I – S
IPR JATAÍ	3,82	4,00	3,87	4,26	0,6322	4,26	1,19	2,05	E – S
Nu - 15	4,56	4,25	4,29	4,39	- 0,0221	4,56	0,04	0,69	E – AS

MANCHA DE RAMULARIA									
GENÓTIPOS	AMBIENTES				PARÂMETROS E TESTES (1)				CLASSE (2)
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	\hat{b}	MNM	"t"	"F" A/G	
FIBERMAX 966	1,32	1,74	1,32	1,96	0,3472	1,96	1,70	2,22	E – R
IAC 25 RMD	1,84	2,66	2,42	2,74	0,6455	2,74	3,17**	5,69	I – MS
IPR JATAÍ	2,14	2,48	3,52	3,66	1,1757	3,66	5,77**	13,62**	I – S
NUOPAL	2,94	3,26	4,14	4,50	1,4644	4,50	7,18**	20,69**	I – AS

(1) \hat{b} = Coeficiente de regressão linear; MNM = Maior nota média nas avaliações; "t" = Teste para $\hat{b} \neq 0$; "F" A/G = Teste do efeito de ambiente dentro de genótipo.

(2) Caracterização do resistência (combinação de estabilidade e potencial de reação à incidência da doença). E = estável; I = instável; AR = altamente resistente; R = resistente; MR = medianamente resistente; MS = medianamente suscetível; S = suscetível e AS = altamente suscetível.

Tabela 2– Notas médias atribuídas a genótipos de algodoeiro em avaliações para doenças em ambientes diversos, e parâmetros de estabilidade fenotípica da resistência ou tolerância reveladas pelos genótipos.

MURCHA DE FUSARIUM									
GENÓTIPOS	AMBIENTES				PARÂMETROS E TESTES (1)				CLASSE (2)
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	\hat{b}	MNM	"t"	"F" A/G	
IAC 25 RMD	1,55	1,52	1,73	1,69	0,1781	1,73	0,33	0,16	E – R
DELTAOPAL	3,21	3,14	3,09	3,29	0,5572	3,29	1,05	0,33	E – S
FMT 701	2,83	2,88	3,83	4,51	1,7531	4,51	3,30**	9,77**	I – AS
FIBERMAX 993	3,00	3,34	3,22	4,85	1,6562	4,85	3,11**	10,64**	I – AS
ROTYLENCHULUS RENIFORMIS									
GENÓTIPOS	AMBIENTES				PARÂMETROS E TESTES (1)				CLASSE (2)
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	\hat{b}	MNM	"t"	"F" A/G	
IAC 20 – 233	1,10	2,00	1,88	2,18	1,2838	2,18	3,39**	2,49	I – MR
BRS BURITI	2,65	2,73	2,78	2,80	0,1725	2,80	0,46	0,04	E – MS
FIBERMAX 993	1,53	2,40	2,93	3,10	1,8078	3,10	4,77**	4,30**	I – MS
FIBERMAX 966	3,50	3,53	4,20	4,00	0,7344	4,20	1,94	1,04	E – AS
MELOYDOGYNE INCOGNITA									
GENÓTIPOS	AMBIENTES				PARÂMETROS E TESTES (1)				CLASSE (2)
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	\hat{b}	MNM	"t"	"F" A/G	
IAC 20 – 233	1,33	1,23	1,40	1,50	0,3588	1,50	0,66	0,10	E – R
DELTAOPAL	2,33	2,97	2,60	2,73	0,2481	2,97	0,42	0,56	E – MS
BRS BURITI	2,27	2,53	3,23	3,10	1,1681	3,23	1,99*	1,53	I – MS
FIBERMAX 966	2,87	3,50	3,50	4,50	2,7175	4,50	4,63**	4,38**	I – AS

(1) \hat{b} = Coeficiente de regressão linear; MNM = Maior nota média nas avaliações; "t" = Teste para $\hat{b} \neq 0$; "F" A/G = Teste do efeito de ambiente dentro de genótipo.

(2) Caracterização do resistência (combinação de estabilidade e potencial de reação à incidência da doença). E = estável; I = instável; AR = altamente resistente; R = resistente; MR = medianamente resistente; MS = medianamente suscetível; S = suscetível e AS = altamente suscetível.

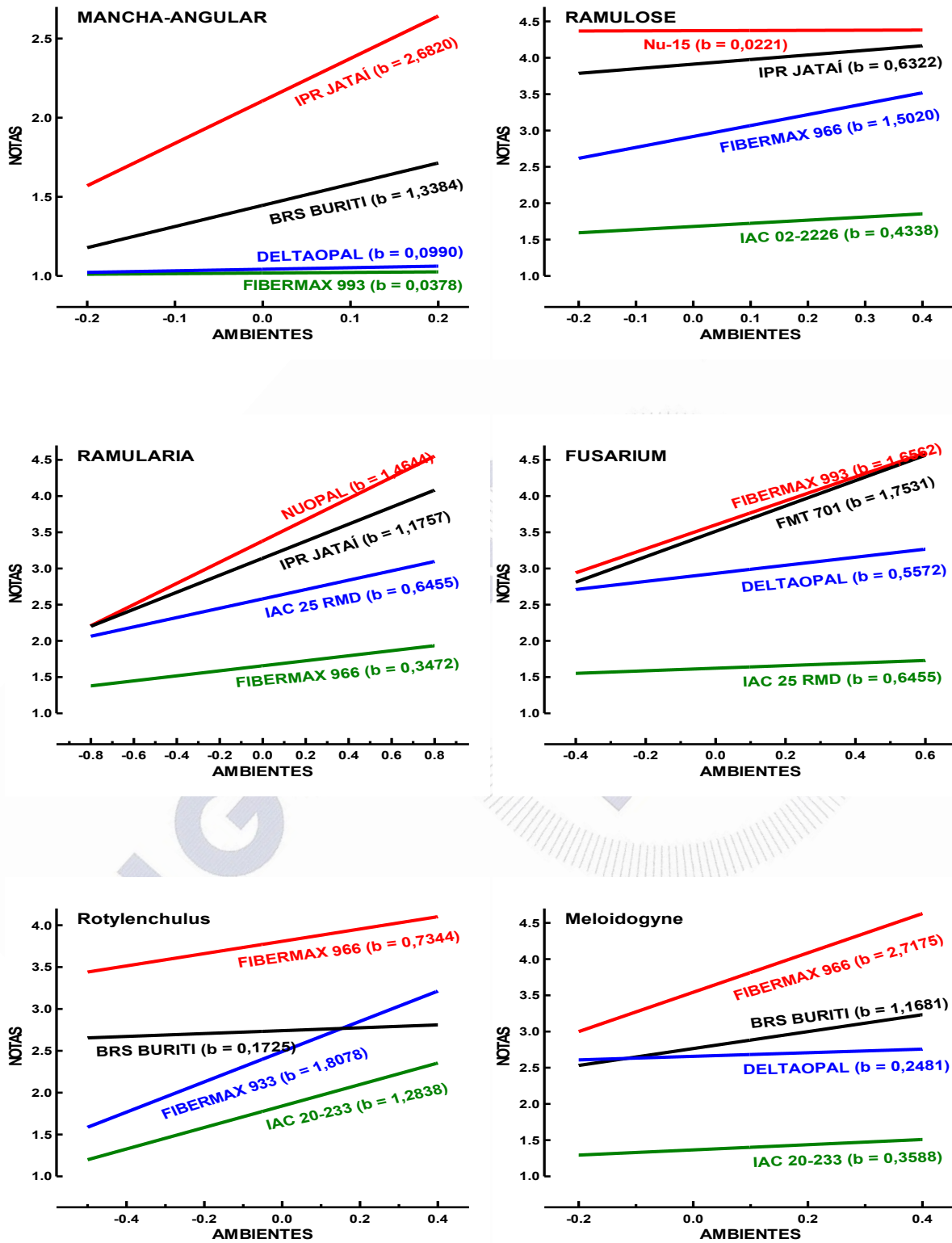


Figura 1 – Linhas de regressão representativas da estabilidade fenotípica da resistência a doenças, em genótipos de algodoeiro.