Original Article

DESEMPENHO PRODUTIVO E INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE EM HÍBRIDOS E LINHAGENS DE MAMOEIRO

YIELD PERFORMANCE AND GENOTYPE X ENVIRONMENT INTERACTION IN HYBRIDS AND INBRED LINES OF PAPAYA

Eder Jorge de OLIVEIRA[1]; Gilberto de Andrade FRAIFE FILHO[2]; Juan Paulo Xavier de FREITAS[1]; Jorge Luiz Loyola DANTAS[1]

1. Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, Brasil, eder@cnpmf.embrapa.br; 2. Pesquisador da Comissão Executiva de Planejamento da Lavoura Cacaueira, Itabuna, BA, Brasil; 3. Bolsista ITEC3 - Fapesb/Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, Brasil.

RESUMO: O comportamento produtivo de genótipos de mamoeiro foi avaliado com uso de três métodos de adaptabilidade e estabilidade. Foram avaliados oito híbridos, 26 linhagens e uma testemunha (Calimosa), quanto à produtividade (PROD) e número de frutos comerciais por planta (NFC), em três ensaios no estado da Bahia. Considerando a média geral dos experimentos de 23,29 t ha^{-1} e 19,27 frutos, para PROD e NFC, respectivamente, foram identificados cinco genótipos que combinam alta estabilidade fenotípica e produtividade de frutos (acima de 31,21 t ha^{-1} e 24,21 frutos por planta). Para ambas características, os métodos de Wricke e Yates; Cochran (Tradicional) indicaram genótipos de alta estabilidade, porém de baixa produtividade média. Por outro lado, considerando o conjunto de ambientes analisados, o método de Lin e Binns foi mais adequado em discriminar os genótipos de mamoeiro mais estáveis e produtivos.

PALAVRAS-CHAVE: *Carica papaya* L. Adaptabilidade. Estabilidade. Melhoramento genético. Produtividade.

INTRODUÇÃO

O mamoeito (*Carica papaya* L.) desenvolve-se bem em locais com temperatura média anual de 25ºC e precipitação pluviométrica de 1.500 mm anuais bem distribuídos, embora a maior produção concentra-se nos estados da Bahia, Espírito Santo, Ceará e Rio Grande do Norte, que são responsáveis por cerca de 92% da produção nacional (IBGE, 2011). Essas regiões apresentam alta amplitude de dados edafoclimáticos, que podem interferir na produtividade do mamoeiro. Além disso, com o aumento na disponibilidade de novos híbridos e linhagens dessa fruteira, faz necessária a realização de estudos sobre potencial de cultivo, bem como de previsibilidade de produção e adaptação a ambientes favoráveis e desfavoráveis.

As variações fenotípicas resultantes da ação conjunta do genótipo (G), do ambiente (A) e de sua interação (GxA) refletem diferenças de sensibilidade dos genótipos às variações ambientais, afetando seu comportamento (ALLARD, 1971). Por consequência, os procedimentos de seleção baseados na média de produtividade dos genótipos num dado ambiente são pouco eficientes, o que faz com que a interação GxA deva ser estudada para aproveitá-la na seleção ou recomendação de cultivares (OLIVEIRA et al., 2006). A avaliação da interação GxA, com base na análise do teste F (análise de variância conjunta) é bastante simples. Contudo, nessa análise, não se obtém informações pormenorizadas dos genótipos em relação às variações do ambiente. Assim, é necessário promover estudos sobre a adaptabilidade e estabilidade a fim de identificar genótipos com comportamento previsível nos diversos ambientes, minimizando os erros de avaliação e recomendação de variedades.

Diversas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade foram propostas (YATES; COCHRAN, 1938; WRICKE, 1965; EBERHART; RUSSEL, 1966; LIN; BINNS, 1988; GAUCH; ZOBEL, 1996; MAGARI; KANG, 1997; TOLER; BURROWS, 1998; ROSSE; VENCOVSKY, 2000). A definição da metodologia a ser utilizada depende, dentre outros fatores, do número de ambientes. Quando as avaliações são realizadas em menos de cinco ambientes, recomenda-se o uso de métodos baseados na interação GxA, bem como métodos não-paramétricos.

O método tradicional (YATES; COCHRAN, 1938), consiste na análise conjunta dos experimentos e o posterior desdobramento da soma de quadrados dos efeitos de ambientes e da interação GxA em efeitos de ambientes dentro de cada genótipo, enquanto a metodologia de Wricke (1965) utiliza um parâmetro de estabilidade estimado pela decomposição da soma de quadrados da interação GxA em componentes associados a genótipos individuais. Métodos não-paramétricos, com o de Lin; Binns (1988), estimam a estabilidade e adaptabilidade pelo quadrado médio da distância

Received: 17/09/12
Accepted: 05/06/13

entre a média da cultivar e a resposta média máxima obtida em determinado ambiente.

Relatos de inconsistências na seleção dos melhores genótipos em diversas culturas são comuns na literatura. Em soja, Silva; Duarte (2006) recomendaram o uso de métodos baseados em coeficientes de regressão com outros fundamentados na variância da interação GxA, ou em medidas estatísticas como a variância dos desvios da regressão, bem como o uso combinado do método de Eberhart; Russell (1966) e da análise AMMI, em razão das correlações significativas com outros métodos e uma associação relativamente fraca entre eles. Por outro lado, Franceschi et al. (2010) concluíram que a metodologia de Lin; Binns (1988) é bastante discriminante e, quando associada ao método de Wricke (1965) oferece maior segurança na recomendação de cultivares de trigo com maior estabilidade. Considerando as inconsistências metodológicas, o uso de métodos alternativos para mensurar o comportamento dos genótipos nos diferentes ambientes e sistemas de cultivo do mamoeiro é essencial para garantir uma recomendação mais precisa dos novos híbridos e linhagens que se encontram em fase de avaliação em diferentes regiões produtoras.

Relatos sobre os estudos de adaptabilidade e estabilidade no mamoeiro são escassos na literatura. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento produtivo de híbridos e linhagens de mamoeiro em diferentes ambientes, utilizando as metodologias de Wricke (1965), Yates; Cochran (1938) e Lin; Binns (1988).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados 35 genótipos de mamoeiro, incluindo oito híbridos e 26 linhagens avançadas oriundas do programa de melhoramento genético da Embrapa Mandioca e Fruticultura, juntamente com o híbrido Calimosa, como testemunha. Os ensaios foram implantados no Setor de Campos Experimentais da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas - BA (12º48'S e 39º6'W); na Fazenda Palmares, município de Porto Seguro - BA (16º16'S e 39º11'W) e na Estação Experimental Gregório Bondar, pertencente à CEPLAC, localizada em Belmonte - BA (24º05'S e 39º12' W), no ano agrícola de 2009.

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo a parcela constituída por cinco plantas. O plantio foi realizado no espaçamento de 2,0 x 2,0 m, seguindo-se todos os tratos culturais recomendados para a cultura, deixando somente plantas hermafroditas.

As avaliações agronômicas foram realizadas no período de abril a junho de 2010, sendo mensurada a produtividade no primeiro ano de plantio (PROD), expressa em $t.ha^{-1}$ e o número de frutos comerciais por planta aos nove meses de plantio (NFC).

Foram realizadas as análises de variância individuais para cada experimento visando testar a homogeneidade de variâncias e, posteriormente, a análise de variância conjunta para testar os efeitos de genótipos (G), ambiente (A) e a magnitude da interação GxA, para as duas variáveis. Nas análises de adaptabilidade e estabilidade, utilizaram-se as metodologias de Wricke (1965), também conhecido como ecovalência, além dos métodos de Yates; Cochran (1938) e Lin; Binns (1988).

A ecovalência (ω_i) ou estabilidade do i-ésimo genótipo é dado por $\omega_i = [Y_{ij} - \overline{Y}_{i.} - \overline{Y}_{.j} - \overline{Y}..]^2$, onde Y_{ij} é o comportamento médio do genótipo *i* no ambiente *j*; $\overline{Y}_{i.}$ e $\overline{Y}_{.j}$ são os desvios médios de genótipos e ambientes, respectivamente; e $\overline{Y}..$ é a média geral. Assim, genótipos com baixos valores de ω_i possuem menores desvios em relação aos ambientes sendo mais estáveis.

Na metodologia de Yates; Cochran (1938), também conhecida como método tradicional, a medida da estabilidade dos genótipos, consiste numa estimativa da variação de ambientes, dentro de cada genótipo. Seu estimador é: $QM_{(A/Gi)} = \frac{r}{a-1}\left[\sum_j Y_{ij}^2 - \frac{(Y_i)^2}{a}\right]$, em que Y_{ij} é a média do genótipo *i* (1, 2, ..., g), no ambiente *j* (1, 2, ..., a), e r é o número de repetições associado ao genótipo.

No método de Lin; Binns (1988), o parâmetro P_i define a estabilidade de um genótipo, sendo definido como o quadrado médio da distância entre a média de um genótipo e a resposta média máxima para todos os locais, de modo que, genótipos com menores valores correspondem aos de melhor desempenho. Assim, o estimador é dado por $P_i = \sum_{j=1}^{n} \frac{(Y_{ij} - M_j)^2}{2n}$, onde P_i é a estimativa do parâmetro de estabilidade do genótipo *i*; Y_{ij} é o comportamento do genótipo *i* no ambiente *j*; M_j é a resposta máxima observada entre todos os genótipos no ambiente *j*; e n é o número de ambientes.

Para comparar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fornecidos pelas três metodologias, foi realizado um estudo de correlação de Pearson. Os parâmetros utilizados foram a média geral dos genótipos, o parâmetro $QM_{(A/Gi)}$, a ecovalência (ω_i) e os valores de P_i e do desvio da interação GxA. Todas as análises foram realizadas com auxílio do programa Genes (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ambientes foram avaliados conjuntamente e o coeficiente de variação experimental (CV) foi de 24,42% para NFC e 27,06% para PROD (Tabela 1). Embora esses valores estejam acima dos 9,61 e 10,46% observados para número de frutos comerciais e produtividade por planta em mamoeiro (SILVA et al., 2007), os mesmos são aceitáveis por se tratar de uma análise conduzida em três diferentes ambientes, e de características com alta influência ambiental. Além disso, a razão entre o maior e o menor valor do quadrado médio do resíduo foi de 4,53 e 4,68 para PROD e NFC, sendo inferior a 7, que é considerado o limite para uso da análise conjunta de experimentos, considerando a presença de variâncias residuais homogêneas (CRUZ; CARNEIRO 2003).

Houve diferenças significativas ($p < 0,01$) entre os tratamentos (linhagens, híbridos de mamoeiro e testemunha), genótipos (híbridos e linhagens), ambientes (locais) e interações: tratamento x ambiente e genótipo x ambiente, para as duas características. Para efeito do grupo (híbridos e linhagem x testemunha), observou-se diferença significativa apenas para PROD, indicando que o híbrido Calimosa apresenta NFC semelhante aos novos híbridos e linhagens em teste. A interação entre grupo x ambiente não foi significativa para nenhuma característica (Tabela 1). Segundo Cargnelutti Filho et al. (2007), a existência da interação GxA provoca inconsistências na indicação dos melhores genótipos nos diferentes ambientes. Portanto, a presença de desempenho produtivo diferenciado dos genótipos de mamoeiro diante das variações ambientais, dificulta a recomendação de variedades para estes locais, tornando-se necessário proceder a estudos de adaptabilidade e estabilidade.

Tabela 1. Análise de variância conjunta para as características produtividade de frutos (PROD) e número de frutos comerciais (NFC), obtidos na avaliação de híbridos e linhagens de mamoeiro.

Fonte de variação	GL	Características	
		PROD	NFC
Tratamentos (T)	34	899,13**	283,53**
Genótipos (G)	33	898,61**	292,12**
Grupos (Gr)	1	916,42**	$0,04^{ns}$
Ambientes (A)	2	3604,38**	3262,03**
T x A	68	183,04**	87,34**
G x A	66	188,36**	89,53**
Gr x A	2	7,31ns	14,99ns
Média geral		23,29	19,27
CV(%)		27,06	24,42

Para a característica PROD, os genótipos L02-08, L65-08, L58-08, L54-08, L42-08, L07-08, L69-08, H17-08, L05-07 e a testemunha Calimosa apresentaram menores valores de ω_i, sendo considerados os mais estáveis pela metodologia de Wricke (1965) (Tabela 2). Porém, apenas a testemunha foi classificada como superior em produtividade (> 31,91 t ha^{-1}). Observou-se alta amplitude de produtividade de frutos, com variação de 12,06 t ha^{-1} (L74-08) a 45,46 t ha^{-1} (H23-08), com média de 23,29 t ha^{-1}. O potencial produtivo destes novos genótipos é alto em comparação com a variedade Sunrise Solo (OLIVEIRA; CALDAS, 2004; COELHO FILHO; COELHO, 2007).

Ao analisar a característica NFC com a metodologia de Wricke (1965), verificou-se que os genótipos L72-08, L03-07, H23-08, L02-08, L69-08, Calimosa, L52-08, L53-08, L42-08 e L07-08 foram os que apresentaram os menores valores de ω_i, sendo as linhagens L72-08, L03-07 e L53-08 consideradas de maior NFC (>22 frutos) (Tabela 2). Constata-se que nem todos os genótipos de maior estabilidade possuem maior NFC e PROD, o que corrobora os resultados de Cargnelutti Filho et al.

(2007) na cultura do milho. Segundo Franceschi et al. (2010) essa metodologia recomenda cultivares estáveis independentemente do rendimento e da responsividade aos ambientes.

Tabela 2. Estimativas de adaptabilidade e estabilidade para produtividade de frutos (t ha^{-1}), de acordo com o método de Ecovalência (WRICKE, 1965), Lin; Binns (1988) e tradicional (YATES; COCHRAN, 1938) em híbridos e linhagens de mamoeiro.

Genótipos	Média	Wricke		Lin; Binns[b]				Tradicional
		ω_i	ω_i (%)	Pi geral	DG	DI	CI	$QM_{(A/Gi)}$ [c]
H23-08	45,46 (1)[a]	113,34 (14)	0,91	0,50 (1)	0,28	0,22	56,30	214,46** (23)
L03-07	39,70 (2)	394,11 (29)	3,17	25,59 (2)	21,21	4,38	82,89	382,35** (30)
L78-08	34,43 (3)	192,05 (21)	1,54	85,61 (3)	69,48	16,13	81,15	170,90* (20)
L44-08	33,85 (4)	2010,15 (35)	16,15	124,14 (6)	76,47	47,67	61,60	1287,02** (35)
L03-08	33,14 (5)	112,31 (13)	0,9	103,88 (4)	85,49	18,39	82,30	5,78^{ns} (5)
Calimosa	31,91 (6)	14,17 (2)	0,11	106,55 (5)	102,35	4,20	96,06	84,49^{ns} (16)
H02-08	31,33 (7)	209,69 (23)	1,68	129,65 (8)	110,7	18,94	85,39	154,66* (19)
L11-07	31,23 (8)	1350,15 (32)	10,85	168,38 (11)	112,25	56,13	66,66	787,78** (33)
H24-08	31,21 (9)	565,97 (30)	4,55	128,40 (7)	112,59	15,81	87,69	507,11** (32)
L06-08	30,68 (10)	131,88 (17)	1,06	140,63 (9)	120,57	20,06	85,74	3,35^{ns} (3)
L04-08	29,05 (11)	186,02 (20)	1,49	151,63 (10)	147,37	4,26	97,19	280,36** (29)
H30-08	26,63 (12)	174,53 (19)	1,4	192,05 (12)	191,73	0,32	99,83	265,45** (27)
L76-08	26,61 (13)	122,94 (15)	0,99	192,50 (13)	192,18	0,32	99,83	219,17** (24)
L32-08	25,86 (14)	112,25 (12)	0,9	207,16 (14)	207,13	0,03	99,98	221,63** (25)
H17-08	25,54 (15)	105,13 (9)	0,84	231,64 (15)	213,69	17,95	92,25	42,75^{ns} (9)
L10-07	24,49 (16)	1437,86 (33)	11,55	296,83 (18)	235,86	60,97	79,46	813,39** (34)
L07-08	23,89 (17)	30,70 (7)	0,25	251,18 (16)	249,12	2,06	99,18	123,01* (18)
L33-08	22,65 (18)	212,64 (24)	1,71	281,02 (17)	277,57	3,45	98,77	233,43** (26)
L02-08	20,99 (19)	13,04 (1)	0,1	323,66 (19)	318,21	5,46	98,31	69,16^{ns} (13)
H19-08	19,27 (20)	1096,32 (31)	8,81	433,44 (23)	363,01	70,43	83,75	172,19* (21)
L69-08	18,17 (21)	74,24 (8)	0,6	393,82 (20)	393,23	0,59	99,85	176,99* (22)
H29-08	17,91 (22)	389,73 (28)	3,13	403,60 (21)	400,42	3,18	99,21	415,95** (31)
H06-08	17,67 (23)	123,42 (16)	0,99	424,79 (22)	407,38	17,41	95,9	77,60^{ns} (14)
L05-08	16,45 (24)	1692,49 (34)	13,6	550,47 (31)	442,87	107,6	80,45	275,78** (28)
L65-08	16,36 (25)	16,65 (3)	0,13	452,75 (24)	445,68	7,07	98,44	53,78^{ns} (11)
L72-08	15,67 (26)	242,32 (25)	1,95	483,97 (26)	466,37	17,6	96,36	79,26^{ns} (15)
L42-08	15,52 (27)	29,91 (6)	0,24	480,67 (25)	471,04	9,63	98,00	35,81^{ns} (8)
L45-08	15,11 (28)	315,77 (26)	2,54	517,50 (29)	483,85	33,64	93,50	4,62^{ns} (4)
L87-08	14,97 (29)	203,51 (22)	1,64	513,88 (28)	488,2	25,68	95,00	0,01^{ns} (1)
L58-08	14,65 (30)	18,02 (4)	0,14	501,38 (27)	498,06	3,32	99,34	97,86^{ns} (17)
L54-08	13,72 (31)	22,99 (5)	0,18	536,30 (30)	527,82	8,48	98,42	43,06^{ns} (10)
L53-08	13,41 (32)	154,61 (18)	1,24	559,82 (32)	537,91	21,91	96,09	1,49^{ns} (2)
L52-08	13,18 (33)	112,17 (11)	0,9	563,88 (33)	545,50	18,38	96,74	5,80^{ns} (6)
L05-07	12,51 (34)	110,07 (10)	0,88	586,06 (34)	567,87	18,19	96,90	6,11^{ns} (7)
L74-08	12,06 (35)	355,29 (27)	2,85	619,48 (35)	583,23	36,25	94,15	58,12^{ns} (12)

[a]Os números em parênteses referem-se à classificação dos genótipos em relação a cada parâmetro; [b]DG = desvio do genótipo, DI = desvio da interação GxA, e CI = contribuição para a interação GxA; [c]$QM_{(A/Gi)}$ = quadrado médio de ambientes dentro do i-ésimo genótipo; *,** P<0,05 e P<0,01, respectivamente pelo teste F.

De acordo com o método tradicional (YATES; COCHRAN, 1938), as linhagens L03-08, L05-07, L06-08, L42-08, L45-08, L52-08, L53-08, L54-08 e L87-08 e o híbrido H17-08, com menores valores do quadrado médio de ambientes por genótipo, foram os que apresentaram menor variação na média de PROD nos três ambientes, sendo os de maior estabilidade. Destes, apenas as linhagens L03-08 e L06-08 foram ranqueadas como as mais produtivas (Tabela 2). Situação semelhante foi observada para NFC, na qual dos 10 genótipos mais estáveis de acordo com o método tradicional (L03-08, L05-07, L06-08, L45-08, L52-08, L69-08, L74-08 e L87-08, e híbridos H17-08 e H19-08), apenas a linhagem L03-08 foi classificada como mais produtiva em termos de número de frutos por

planta (Tabela 3). De acordo com Cruz; Carneiro (2003), genótipos de menor quadrado médio de ambientes dentro de genótipos apresentem tendem a apresentar médias reduzidas para as características em questão. Vilela et al. (2011) obtiveram resultados semelhantes em feijão de corda, e relataram que é preciso analisar cuidadosamente os resultados obtidos pelo método tradicional (YATES; COCHRAN, 1938).

Também, observou-se alta estabilidade dos genótipos indicados pelo método tradicional, para as características PROD e NFC, uma vez que todos os valores de quadrado médio de ambientes dentro dos genótipos avaliados foram não significativos pelo teste F (P<0,05) (Tabelas 2 e 3).

Tabela 3. Estimativas de adaptabilidade e estabilidade para número de frutos comerciais, de acordo com o método de Ecovalência (WRICKE, 1965), Lin; Binns (1988) e tradicional (YATES; COCHRAN, 1938) em híbridos e linhagens de mamoeiro.

Genótipos	Média	Wricke		Lin; Binns[b]				Tradicional
		ω_i	ω_i (%)	Pi geral	DG	DI	CI	$QM_{(A/Gi)}$
L78-08	32,43 (1)[a]	93,94 (21)	1,58	8,89 (1)	3,90	4,99	43,85	172,87** (26)
H24-08	28,40 (2)	1348,51 (35)	22,71	35,99 (2)	23,26	12,73	64,62	684,26** (35)
L72-08	26,00 (3)	0,05 (1)	0,01	59,45 (3)	42,53	16,92	71,54	69,75* (13)
H30-08	25,14 (4)	82,73 (18)	1,39	78,19 (7)	50,85	27,33	65,04	152,83** (24)
L03-07	24,79 (5)	7,07 (2)	0,12	74,36 (6)	54,44	19,91	73,22	81,58* (16)
L76-08	24,43 (6)	73,67 (13)	1,24	72,68 (5)	58,29	14,38	80,21	185,00** (28)
H02-08	24,21 (7)	382,15 (33)	6,43	60,66 (4)	60,65	0,01	99,98	302,47** (33)
L65-08	24,08 (8)	233,09 (28)	3,92	94,61 (8)	62,06	32,55	65,60	274,38** (31)
L03-08	24,00 (9)	266,02 (30)	4,48	101,47 (9)	62,97	38,49	62,06	3,00^{ns} (3)
L53-08	22,24 (10)	43,78 (8)	0,74	110,44 (10)	84,22	26,22	76,26	106,71** (18)
L11-07	20,76 (11)	90,72 (19)	1,53	110,70 (11)	104,62	6,08	94,51	106,77* (19)
L87-08	19,93 (12)	130,69 (23)	2,20	149,00 (15)	116,95	32,04	78,49	2,22^{ns} (1)
L32-08	19,89 (13)	199,37 (27)	3,36	138,26 (13)	117,53	20,73	85,01	282,91** (32)
L04-08	19,64 (14)	268,60 (31)	4,52	124,52 (12)	121,45	3,07	97,53	303,25** (34)
H23-08	19,60 (15)	26,10 (3)	0,44	148,13 (14)	121,99	26,14	82,35	59,01^{ns} (12)
L42-08	19,52 (16)	48,57 (9)	0,82	149,59 (16)	123,26	26,33	82,40	113,60** (20)
Calimosa	19,33 (17)	29,12 (6)	0,49	152,35 (17)	126,37	25,99	82,94	77,79* (15)
L54-08	19,29 (18)	80,59 (17)	1,36	154,21 (18)	126,95	27,26	82,32	150,70** (23)
L58-08	18,37 (19)	109,10 (22)	1,84	170,27 (20)	142,08	28,18	83,45	177,82** (27)
L05-07	18,24 (20)	77,26 (16)	1,30	173,55 (21)	144,20	29,35	83,09	11,38^{ns} (5)
L74-08	17,44 (21)	74,59 (14)	1,26	170,20 (19)	158,17	12,04	92,93	52,93^{ns} (10)
H17-08	17,20 (22)	70,75 (12)	1,19	176,10 (22)	162,41	13,69	92,22	43,32^{ns} (8)
L52-08	17,13 (23)	34,60 (7)	0,58	190,56 (24)	163,64	26,92	85,87	35,57^{ns} (7)
L07-08	16,55 (24)	60,49 (10)	1,02	201,00 (25)	174,33	26,66	86,73	128,71** (21)
L10-07	16,15 (25)	288,72 (32)	4,86	182,43 (23)	181,96	0,47	99,74	244,16** (30)
L33-08	15,62 (26)	156,88 (24)	2,64	235,37 (28)	192,16	43,21	81,64	102,09** (17)
L06-08	15,61 (27)	70,55 (11)	1,19	221,28 (27)	192,29	28,99	86,9	13,46^{ns} (6)
H06-08	15,25 (28)	172,61 (25)	2,91	202,05 (26)	199,37	2,68	98,67	162,99** (25)
L44-08	14,28 (29)	75,71 (15)	1,27	246,35 (29)	219,24	27,11	89,00	145,68** (22)
H29-08	14,19 (31)	188,35 (26)	3,17	252,17 (30)	221,23	30,94	87,73	241,92** (29)
L05-08	14,19 (30)	752,54 (34)	12,67	292,86 (35)	221,10	71,76	75,50	71,97* (14)
L45-08	13,35 (32)	92,08 (20)	1,55	269,23 (31)	239,11	30,12	88,81	7,72^{ns} (4)
H19-08	12,88 (33)	255,24 (29)	4,30	291,59 (32)	249,71	41,88	85,64	3,00^{ns} (2)
L69-08	12,16 (34)	28,15 (5)	0,47	292,43 (33)	266,00	26,43	90,96	47,22^{ns} (9)
L02-08	12,14 (35)	26,45 (4)	0,45	292,69 (34)	266,46	26,23	91,04	54,51^{ns} (11)

[a]Os números em parênteses referem-se à classificação dos genótipos em relação a cada parâmetro; [b]DG = desvio do genótipo, DI = desvio da interação GxA, e CI = contribuição para a interação GxA; [c]$QM_{(A/Gi)}$ = quadrado médio de ambientes dentro do i-ésimo genótipo; *,** p<0,05 e p<0,01, respectivamente pelo teste F.

Utilizando a metodologia de Lin; Binns (1988) para a característica PROD, observou-se que os genótipos H23-08, L03-07, L78-08, L03-08, L44-08, H24-08, H02-08, L06-08 e L04-08, e a

testemunha Calimosa foram os que se destacaram com menores valores de P_i, embora H23-08, Calimosa, L04-08, L03-07, H24-08 e L78-08 tenham apresentado menores contribuições para a interação GxA. Para a característica NFC, os genótipos L78-08, H24-08, L72-08, H02-08, L76-08, L03-07, H30-08, L65-08, L03-08 e L53-08 apresentaram menores valores de P_i. Da mesma foram que na característica PROD, 60% dos genótipos com menores valores de P_i foram os que apresentaram menores contribuições para a interação GxA.

Para PROD, dentre os dez genótipos mais produtivos, nove apresentaram menores valores de $P_{i,,}$ enquanto para NFC a coincidência foi completa. Isso indica que a maior parte dos materiais com melhor desempenho para PROD e NFC também o foram para os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Lin; Binns (1988). Isso pode ser explicado pelo fato deste método considerar os genótipos mais adaptáveis e estáveis aqueles cujas produtividades, em cada ambiente estejam mais próximas da produtividade máxima (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Assim, observa-se que de modo geral, os genótipos de mamoeiro de pior desempenho em relação à produtividade, também apresentaram maiores valores de P_i (Tabelas 2 e 3). Estes resultados assemelham-se ao encontrado por Silva; Duarte (2006) ao analisarem diferentes cultivares de soja, cuja maior estabilidade estava associada à maior produtividade.

Comparações entre diferentes metodologias de adaptabilidade são comuns, tendo em vista que o melhorista necessita de maior segurança na indicação da superioridade dos genótipos em teste. Nesse sentido, Silva et al. (2008) ao avaliarem metodologias baseadas em regressão, análise de variância e não-paramétrica concluíram que as metodologias Lin; Binns (1988) e Annicchiarico (1992) foram mais precisas na avaliação dos genótipos, por englobar em um único parâmetro os conceitos de adaptação, adaptabilidade e estabilidade, facilitando a interpretação dos resultados. No presente trabalho, observou-se que a metodologia de Lin; Binns (1988) seguiu a mesma tendência na análise dos dados de PROD e NFC no mamoeiro.

Ao comparar as metodologias de Wricke (1965) e Lin; Binns (1988), para a característica PROD, verifica-se concordância na escolha de variedades, apenas para o híbrido Calimosa. Já para NFC observou-se concordância apenas para L53-08, L03-07 e L72-08. Portanto, estes genótipos estão associados a maior PROD (menor P_i) e maior estabilidade (menor ω_i) (Tabelas 2 e 3). Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (2006) ao constatar correlação negativa entre a produtividade de vagens e massa de mil grãos e o parâmetro P_i na cultura do amendoim.

Para a característica PROD, a análise conjunta das metodologias de Wricke (1965) e tradicional (YATES; COCHRAN, 1938), possibilitou a identificação apenas do híbrido H17-08 e das linhagens L05-07, L42-08 e L54-08 como aqueles de maior estabilidade (Tabela 2). Por outro lado, para NFC observou-se completa coincidência apenas das linhagens L52-08 e L69-08 com menores valores ω_i e $QM_{(A/Gi)}$ (Tabela 3).

Nos resultados obtidos pelo método tradicional e Lin; Binns (1988) observou-se concordância na indicação dos genótipos mais estáveis para PROD, apenas para as linhagens L03-08 e L06-08. Utilizando essa mesma comparação para NFC, observou-se que dos dez genótipos com menores valores de P_i, apenas a linhagem L03-08 foi concordante pelo método tradicional e de Lin; Binns (1988).

Diante destas inconsistências na indicação dos genótipos mais estáveis, é preciso conhecer o nível de associação entre estas estimativas, para que se possa ter maior segurança na indicação dos melhores materiais. Para Rocha et al. (2006), uma das formas utilizadas para comparar metodologias paramétricas que avaliam a adaptabilidade e a estabilidade tem sido a análise da correlação entre seus parâmetros, tendo como objetivo verificar similaridades ou divergências entre os parâmetros quanto ao ordenamento dos genótipos nos diversos ambientes.

Cerca de 60% das correlações estimadas apresentaram significância estatística (Tabela 4), entre os métodos para obtenção das estimativas de adaptabilidade e de estabilidade fenotípica dos genótipos de mamoeiro. Isso indica um grau de associação entre os métodos estudados, o que, contudo, não garante concordância geral entre eles.

Observou-se alta correlação negativa ($r= -0,97$, $p <0,01$) entre as médias de PROD e NFC e o parâmetro P_i, o que indica que quanto maior a produtividade e número de frutos comerciais, menor é o valor de P_i nas condições de ambiente. Isso pode ser explicado pelo fato de que os índices de estabilidade de Lin; Binns (1988) são estimados pelos desvios em relação à maior produtividade. Assim, os menores desvios indicam os genótipos mais estáveis e, portanto com maior média para a característica em avaliação. Para PROD, observou-se uma correlação positiva e significativa entre a média dos genótipos e o parâmetro $QM_{(A/Gi).}$ Contudo, a baixa magnitude desta correlação

corrobora as observações em relação à reduzida concordância na indicação dos genótipos mais estáveis e produtivos, com base no método tradicional. Além disso, o parâmetro ω_i apresentou forte correlação positiva com os desvios da interação GxA do método Lin; Binns (1988) e com $QM_{(A/Gi)}$.

Tabela 4. Coeficientes de correlação de Pearson entre a média geral dos ensaios e os parâmetros: ecovalência (ω_i) de Wricke (1965); valores de P_i e desvios relacionados à interação GxA de Lin; Binns (1988); e $QM_{(A/Gi)}$ do método tradicional (YATES; COCHRAN, 1938), avaliados para as características de produtividade de frutos (diagonal inferior) e número de frutos comerciais (diagonal superior).

	Média	ω_i	P_i	Desvio GxA	QM(A/Gi)
Média	-	0,21^{ns}	-0,97**	-0,37^{ns}	0,42*
ω_i	0,14^{ns}	-	-0,14^{ns}	0,08^{ns}	0,71**
P_i	-0,97**	-0,06^{ns}	-	0,52**	-0,44*
Desvio GxA	-0,15^{ns}	0,83**	0,26^{ns}	-	-0,40*
QM(A/Gi)	0,42*	0,80**	-0,39*	0,35*	-

ns, * e **: não significativo, significativo ao nível de 5 e 1% respectivamente.

Considerando-se o método tradicional (YATES; COCHRAN, 1938) observou-se uma correlação negativa significativa (r = -0,39, p <0,05) com o método método de Lin; Binns (1988) para a característica PROD (Tabela 4), o que contribui para a indicação do método tradicional como menos favoráveis para a identificação de genótipos superiores em produtividade e com alta estabilidade. Mesmo com baixa magnitude (0,35), observou-se correlação significativa entre os desvios da interação GxA e o parâmetro $QM_{(A/Gi)}$, o que demonstra associação entre os desvios de P_i em torno da produtividade máxima em cada ambiente e o quadrado médio do ambiente dentro de genótipo, calculado no método tradicional.

De acordo com Cargnelutti Filho et al. (2007) cultivares de milho mais produtivas, detectados pelo método de Lin; Binns (1988) estão associadas à baixa previsibilidade de comportamento, quando analisadas por outros métodos. Entretanto, no caso do mamoeiro, as baixas correlações entre P_i e desvios da interação GxA para PROD (r= 0,26) não corroboram os resultados obtidos para produtividade de grãos em milho.

Para a característica NFC também foram observadas correlações positivas entre o parâmetro $QM_{(A/Gi)}$ vs a média de NFC (r= 0,42, p<0,05) e ω_i (r= 0,71, p<0,01), além do parâmetro P_i e desvio da interação GxA (r= 0,52, p<0,01). Nestes casos à medida que se aumenta o número de frutos comerciais há tendência de maior contribuição do componente da interação GxA relacionado ao quadrado médio da distância entre a média do genótipo e resposta máxima para todos os ambientes. Além disso, o aumento da instabilidade dos genótipos (maior ω_i) segue a mesma tendência no método tradicional (maior $QM_{(A/Gi)}$). Observações desta natureza foram relatadas em outras culturas, a exemplo do trigo (FRANSCESCHI et al., 2010), soja (ROCHA et al., 2006) e amendoim (OLIVEIRA et al., 2006).

Ainda é possível inferir para as duas características avaliadas, que a baixa correlação negativa entre P_i e ω_i (Tabela 4), mostra que nem sempre a alta produtividade e número de frutos comerciais de mamoeiro estão acompanhados de alta estabilidade produtiva, pelos métodos de Wricke (1965) e Lin; Binns (1988), corroborando os resultados de Oliveira et al. (2006), que detectaram correlação negativa entre P_i e ω_i para massa de mil grãos em amendoim.

Borges et al. (2000) recomendaram o uso conjunto dos métodos de Toler (1990), Annicchiarico (1992) e Lin; Binns (1988) na avaliação dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de produção do feijoeiro, em função da sua complementariedade. Em algodão, Farias et al. (1997) encontraram correlação significativa entre os métodos de Eberhart; Russell e de Lin; Binns (1988). No caso dos genótipos de mamoeiro avaliados no presente trabalho, os resultados indicaram que o uso apenas do método de Lin; Binns (1988) pode fornecer informações suficientes sobre a estabilidade fenotípica das características PROD e NFC.

Considerando as concordâncias entre os métodos de estabilidade e adaptabilidade, bem como

o ranqueamento dos 12 melhores genótipos, observa-se bom comportamento dos híbridos H23-08, Calimosa e da linhagem L03-08, como genótipos de alta PROD e de boa estabilidade nos diferentes ambientes analisados. Por outro lado, utilizando este mesmo critério para NFC, os genótipos de melhor desempenho e maior estabilidade foram as linhagens L72-08, L03-07 e L53-08.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro à pesquisa e concessão das bolsas de estudo, bem como à CEPLAC (Comissão Executiva da Lavoura Cacaueira) e a Fazenda Palmares pelo apoio na condução dos experimentos de campo.

ABSTRACT: The performance of papaya genotypes (*Carica papaya* L.) was assessed using three adaptability and stability methods. Eight hybrids, 26 inbred lines and Calimosa as check were evaluated for fruit yield (FY) and number of commercial fruit per plant (NCFP), in three field trials in the Bahia State. Considering 23.29 $t.ha^{-1}$ and 19.27 fruits, as the average of experiments for PROD and NCFP, respectively, five genotypes were identified for combining high stability and phenotypic yield (> 31.21 $t.ha^{-1}$ and 24.21 fruits per plant). For both traits, Wricke and Yates; Cochran (Traditional) methods pointed out the genotypes with high stability but low yield. Moreover, taking into account the set of environments used, Lin; Binns (1988) method performed better in discriminating the more stable and productive papaya genotypes.

PALAVRAS-CHAVE: *Carica papaya* L. Adaptability. Stability. Breeding. Fruit yield.

REFERÊNCIAS

ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético.** Edgard Blüchner, São Paulo, 1971. 381p.

BORGES, L. C.; FERREIRA, D. F.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P. Emprego de metodologias de avaliação da estabilidade fenotípica na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, p. 89-102, 2000.

CARGNELUTI FILHO, A.; PERECIN, D.; MALHEIROS, E. B.; GUADAGNIN, J. P. Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. **Bragantia**, Campinas, v. 66, p. 571-578, 2007.

COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F. Desenvolvimento e produção do mamoeiro irrigado por diferentes sistemas de microirrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 12, p. 519-531, 2007.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV, Viçosa, 2006. 382p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV, Viçosa, 2003. 585p.

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

FARIAS, F. J. C.; RAMALHO, M. A. P.; CARVALHO, L. P.; MOREIRA, J. A. N.; COSTA, J. N. Parâmetros de estabilidade propostos por Lin & Binns (1988) comparados com o método da regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, p. 407-414, 1997.

FRANCESCHI, L.; BENIN, G.; MARCHIORO, V. S.; MARTIN, T. N.; SILVA, R. R.; SILVA, C. L. Métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de trigo no estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 797-805, 2010.

GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. AMMI analysis of yield trials. In: KANG, M. S.; GAUCH, H. G. (Ed.) **Genotype by environment interaction**. CRC Press, Boca Raton, 1996. p. 85-122.

IBGE. Banco de Dados Agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: http://www.ibge.gov.br. Acesso em: 23 abril. 2011.

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, p. 193-198, 1988.

MAGARI, R.; KANG, M. S. SAS stable: Stability analysis of balanced and unbalanced data. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, p. 929-932, 1997.

OLIVEIRA, A. M. G.; CALDAS, R. C. Produção do mamoeiro em função de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, p. 160-163, 2004.

OLIVEIRA, E. J.; GODOY, I.; MORAES, A. R. A.; MARTINS, A. L. M.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; BORTOLETTO, N.; KASAI, F. S. Adaptabilidade e estabilidade de amendoim de porte rasteiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília,v. 41, p. 1253-1260, 2006.

ROCHA, M. M.; VELLO, N. A.; LOPES, A. C. A.; TREVISOLI, S. H. U.; MAIA, M. C. C. Correlações entre parâmetros de adaptabilidade e estabilidade da produtividade de óleo em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 772-777, 2006.

ROSSE, L. N.; VENCOVSKY, R. Modelo de regressão não linear aplicado ao estudo da estabilidade fenotípica de genótipos de feijão do estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 59, p. 97-107, 2000.

SILVA, F. F.; PEREIRA, M. G.; RAMOS, H. C. C.; DAMASCENO JUNIOR, P. C.; PEREIRA, T. N. S.; IDE, C. D. Genotypic correlations of morpho‑agronomic traits in papaya and implications for genetic breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 7, p. 345‑352, 2007.

SILVA, F. L.; SOARES, P. C.; CARGNIN, A.; SOUZA, M. A.; SOARES, A. A.; CORNÉLIO, M. O. C.; REIS, M. S. Methods of adaptability and stability analysis in irrigated rice genotypes in Minas Gerais, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 8, p. 119-126, 2008.

SILVA, W. C. J.; DUARTE, J. B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 23-30, 2006.

TOLER, J. E.; BURROWS, P. M. Genotypic performance over environmental arrays: a non linear grouping protocol. **Journal of Applied Statistics**, Yorkshire, v. 25, p. 131-143, 1998.

VILELA, F. O.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; GONÇALVES, L. S. A.; BARBÉ, T. C.; GRAVINA, G. A. Stability of $F_{7:8}$ snap bean progenies in the Northern and Northwestern regions of Rio de Janeiro State. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 84-90, 2011.

WRICKE, G. Zur berechning der okovalenz bei sommerweizen und hafer. **Pflanzenzuchtung**, Berlin, v. 52, p. 127-138, 1965.

YATES, F.; COCHRAN, W. G. The analysis of group experiments. **Journal of Agricultural Science**, Bangkok, v. 28, p. 556–580, 1938.