

## ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DA PRODUTIVIDADE EM GRÃOS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI DE PORTE SEMI-ERETO NA REGIÃO NORDESTE

M. M. ROCHA<sup>1</sup>, C. de F. MACHADO<sup>1</sup>, F. R. FREIRE FILHO<sup>1</sup>, V. Q. RIBEIRO<sup>1</sup>, H. W. L. CARVALHO<sup>2</sup>, J. BELARMINO FILHO<sup>3</sup>, J. A. A. RAPOSO<sup>4</sup>, J. P. ALCÂNTARA<sup>5</sup>, S. R. R. RAMOS<sup>1</sup>, A. C. de A. LOPES<sup>6</sup> e A. L. H. BARRETO<sup>1</sup>

**Resumo** – Foram avaliadas a adaptabilidade e a estabilidade da produtividade de grãos de 20 genótipos de feijão-caupi de porte semi-ereto, utilizando o modelo de efeitos aditivos principais e interação multiplicativa. Os ensaios foram realizados em 16 ambientes, locais e anos, da região Meio-Norte do Brasil, Estados do Maranhão (MA), Piauí (PI), Pernambuco (PE), Sergipe (SE), Bahia (BA) e Paraíba (PB), no período de 2002 a 2004. Os efeitos de ambiente e da interação genótipos x ambientes, e os dois primeiros eixos da análise de componentes principais da interação foram significativos ( $P < 0,01$ ). A análise de componentes principais explicou 55,11% da soma de quadrados da interação genótipos x ambientes. Os genótipos TE-97-411-1F-16, EVX-92-49E e EVX-63-10E reúnem adaptabilidade e estabilidade e podem ser cultivados em todos os ambientes estudados, enquanto que os genótipos TE-BRS Guariba e EVX-91-2E-1 expressam melhor potencial genético em ambientes de alta produtividade. Os ambientes mais favoráveis para a produtividade de grãos foram Bom Jesus 2003, Nossa senhora das Dores 2003, São Raimundo das Mangabeiras 2003 e Teresina 2002.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata*, interação genótipo x ambiente, previsibilidade.

## GRAIN YIELD ADAPTABILITY AND STABILITY IN SEMI-ERECT COWPEA GENOTYPES IN THE NORTH-EAST REGION

**Abstract** – Twenty semi-erect cowpea genotypes were evaluated for grain yield adaptability and stability using additive main effects and multiplicative interaction model. The trials were carried out in 16 environments, locations and years, of the North-east region of Brazil, States of Maranhão (MA), Piauí (PI), Pernambuco (PE), Sergipe (SE), Bahia (BA) and Paraíba (PB), in the period from 2002 to 2004. The environments effects and genotypes x environments interaction, and the first two axes of the principal components analysis of the interaction were significant ( $P < 0.01$ ). The principal component analysis explained 55.11% of the sum of squares of the genotypes x environments interaction. TE97-411-1F-16, EVX-92-49E and EVX-63-10E genotypes gather adaptability and stability and can be cultivated in all environments evaluated, while the genotypes BRS Guariba and EVX-91-2E-1 express best genetic potential in environments of high grain yield. The most favorable environments for the grain yield were Bom Jesus 2003, Nossa Senhora das Dores 2003, São Raimundo das Mangabeiras 2003 and Teresina 2002.

**Keywords:** *Vigna unguiculata*, genotype environment x interaction, predictability.

<sup>1</sup>Embrapa Meio Norte, Caixa Postal 01. CEP 64006-220. Teresina, PI. E-mail: mmrocha@cpamn.embrapa.br; crisagronoma@yahoo.com.br; freire@cpamn.embrapa.br; valdenir@cpamn.embrapa.br; mmrocha@cpamn.embrapa.br

<sup>2</sup>Embrapa Tabuleiros Costeiros. E-mail: helio@cpatc.embrapa.br

<sup>3</sup>Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba.

<sup>4</sup>Empresa Baiana de desenvolvimento Agrícola. E-mail: itaberaba@ebda.ba.gov.br

<sup>5</sup>Empresa de Pesquisa Agropecuária de Pernambuco. E-mail: iraposo@ipa.br

<sup>6</sup>Universidade Federal do Piauí. E-mail: acalopes@ufpi.br

## Introdução

Em programas de melhoramento, especificamente na etapa de lançamento de cultivares, é de fundamental importância o conhecimento da adaptabilidade e estabilidade dos genótipos, visando-se amenizar os efeitos da interação genótipos x ambientes (IGE) e facilitar a recomendação de cultivares. Em feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], vários trabalhos têm sido feitos para estudar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos, com predominância do uso de metodologias que utilizam regressão linear (Eberhart & Russel, 1966). Esses estudos têm subsidiado o programa de melhoramento genético e o lançamento de cultivares de feijão-caupi em vários Estados do Nordeste (Freire Filho et al., 2001 e 2002).

Atualmente, têm-se buscado modelos alternativos de análises que expliquem melhor o comportamento de genótipos frente às variações ambientais. Nesse sentido, vem aumentando o uso do modelo de efeitos principais aditivos e interação multiplicativa AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction), o qual combina a análise de variância para os efeitos aditivos principais de genótipos e ambientes com a análise de componentes principais do efeito multiplicativo da IGE (Duarte & Vencovsky, 1999). Alguns trabalhos em feijão-caupi foram realizados utilizando o modelo AMMI (Freire Filho et al., 2003 e 2005).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a adaptabilidade e a estabilidade da produtividade de grãos de 20 genótipos de feijão-caupi de porte ereto utilizando o modelo AMMI.

## Material e Métodos

Foram utilizados dados de produtividade de grãos de feijão-caupi de porte semi-ereto componentes dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU), do programa de melhoramento de feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte, realizados de 2002 a 2004, nos Estados do Maranhão (MA), Piauí (PI), Pernambuco (PE), Sergipe (SE), Bahia (BA) e Paraíba (PB). Os tratamentos consistiram de 20 genótipos de porte semi-ereto: TE97-321G-4, TE97-404-1E-1, TE97-404-9E-1-1, TE97-406-2E, TE97-406-2F-28-1, TE97-406-2F-28-2, TE97-411-1F-9, TE97-411-1F-16, TE97-413-1E-10, TE97-413-1F-2, TE97-413-6F-2-5, TE97-367G-12-2, TE97-369G-4, BRS-Guariba, EVX-47-6E, EVX-63-10E, EVX-91-2E-1, EVX-91-2E-2, EVX-92-49E e Vita-7.

O ambiente de avaliação consistiram da combinação de local e ano, o que resultou em 16 ambientes: Brejo, MA, 2002: BR02; Barra do Corda, MA, 2002: BC02; São Raimundo das Mangabeiras, MA, 2002: SR02; São Raimundo das Mangabeiras, MA, 2003: SR03; Teresina, PI, 2002: TE02; Baixa Grande do Ribeiro, PI, 2002: BG02; Bom Jesus, PI, 2003: BJ03; Serra Talhada, PE, 2002: ST02; Serra Talhada, PE, 2003: ST03; Nossa Senhora das dores, SE, 2003: NS03; Simão Dias, SE, 2003: SD03; Umbaúba, SE, 2003: UB03; Ribeira do Pombal, BA, 2002: RB02; Itaberaba, BA, 2002: IB02; Riacho dos Cavalos, PB, 2002: RC02 e Itaporanga, PB, 2002: IT: 02.

Todos os ensaios foram realizados no período de sequeiro (verão), considerado a época das chuvas na região Nordeste. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com 20 tratamentos e quatro repetições. Cada parcela teve as dimensões de 2,0 m x 5,0 m e constou de quatro fileiras de 5,0 m, tendo como área útil as duas fileiras centrais. O espaçamento entre fileiras foi de 0,50m, e dentro da fileira, 0,20 m entre covas, sendo semeadas quatro sementes por cova.

A adaptabilidade e a estabilidade foram analisadas pelo modelo de efeitos aditivos principais e interação multiplicativa (AMMI), o qual representa um modelo linear e bilinear, compreendendo uma análise integrada em que os efeitos aditivos principais de genótipos e ambientes foram investigados pela análise de variância, e o efeito multiplicativo da interação genótipos x ambientes (G x E) foi decomposto pela análise de componentes principais (ACP), segundo metodologia e programa sugeridos por Duarte & Vencovsky (1999).

## Resultados e Discussão

A análise de variância mostrou que os efeitos de genótipos, de ambientes e da interação genótipos x ambientes (IGE) foram significativos ( $P < 0,01$ ) (Tabela 1). Esse resultado sugere que os genótipos e os ambientes apresentaram variabilidade e que os genótipos comportaram-se diferencialmente com os ambientes.

**Tabela 1** . Análise de efeitos aditivos principais e interação multiplicativa para o caráter produtividade de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de 20 genótipos de feijão-caupi de porte semi-ereto, avaliados em 16 ambientes da Região Nordeste do Brasil. Teresina, PI, 2005.

Causas de variação	GL	QM	% $\text{SQ}_{\text{GxE/CPI}}^{(1)}$	% $\text{SQ}_{\text{GxE}} \text{ Acumulada}$
Genótipos (G)	19	3.486.322,3600**		
Ambientes (E)	15	58.404.985,6300**		
GxE	285	39.502,5500**		
CPI1	33	113.832,1444**	33,37	33,37
Resíduo <sub>AMMI1</sub>	252	29.768,9080**	-	66,63
CPI2	31	78.982,1642**	21,74	55,11
Resíduo <sub>AMMI2</sub>	221	22.865,6911**		44,89
CPI3	29	43178,8281**	11,13	66,24
Resíduo <sub>AMMI3</sub>	192	19797,5610 <sup>NS</sup>	33,76	100,00
Erro médio/ $r^{(2)}$	912	16.353,8400		
CV (%)	15,21			

<sup>1</sup>Porcentagem da soma de quadrados da interação genótipos x ambientes captada por CPI (Componente Principal da Interação); <sup>(2)</sup> Número de repetições; <sup>NS</sup>: Não significativo; \*\* Significativo a 1% de probabilidade.

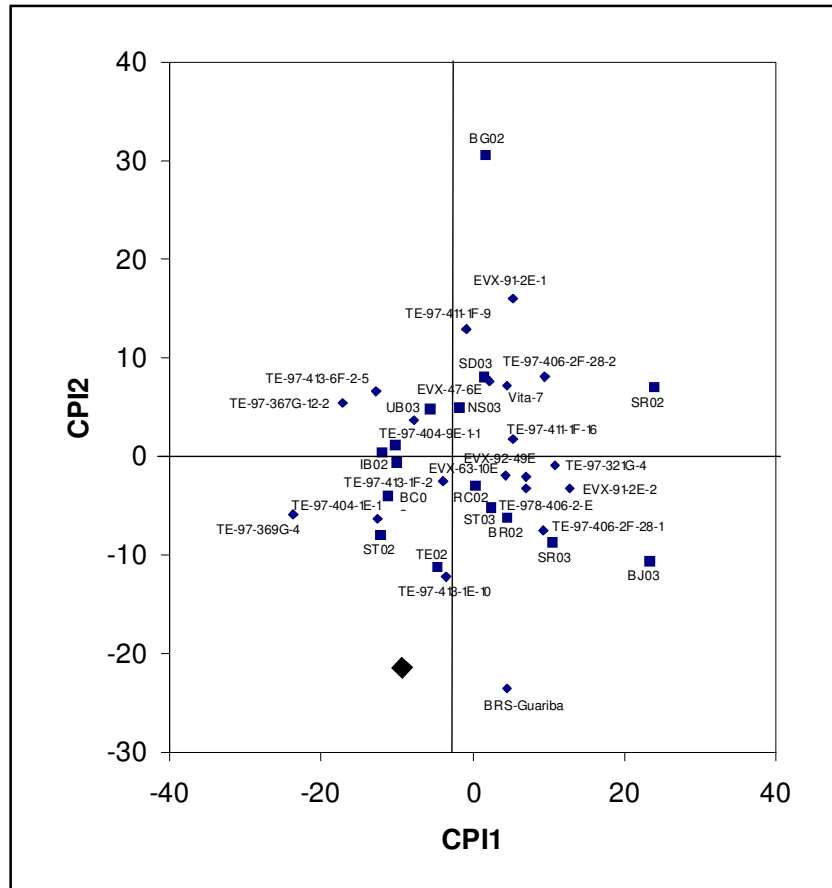
Pelo critério do teste  $F_R$  (Piepho, 1995), o modelo selecionado foi o AMMI3, cujo resíduo foi não significativo. O CPI1 explicou 33,37%, o CPI2 21,74% e o CPI3 66,24%. Os três eixos, portanto, explicaram 66,24% da Soma de Quadrados da IGE ( $\text{SQ}_{\text{GxE}}$ ), indicando que todo o padrão adjacente à IGE se concentra nos três primeiros eixos.

Sete genótipos apresentaram médias de produtividade de grãos na faixa de 1.400 a 1.494  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , três na faixa de 1.300 a 1.350  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  e dez na faixa de 1.099 a 1.280  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Sete genótipos (35% dos genótipos) superaram a média da testemunha Vita 7 (Tabela 1). Com relação aos ambientes, as médias previstas variaram de 483  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (IB02) a 2.362  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (BJ03).

A interpretação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos e ambientes foi realizada em gráfico tipo *Biplot* (Figura 1), onde a zona de estabilidade corresponde ao ponto de interseção dos eixos zero do primeiro e segundo componentes principais da interação (região central do gráfico). Genótipos e ambientes próximos em qualquer área do gráfico representam adaptação específica do do genótipo com o ambiente.

Os genótipos mais estáveis por ordem decrescente de estabilidade foram: TE97-413-1F-2, EVX-63-90E, TE97-411-1F-16, TE97-404-9E-1-1, EVX-63-10E e EVX-92-49E, que apresentaram os escores para a IGE mais próximos de zero (Figura 1). Destes, destacam-se os genótipos EVX-63-10E e EVX-92-49E, que além de alta estabilidade, também apresentaram as maiores médias (Figura 1 e Tabela 2), ou seja, associaram alta estabilidade com boa adaptabilidade, podendo ser cultivado em todos os ambientes. Adaptação específica positiva foi observada entre o genótipo EVX-47-6E com o ambiente SD03. Os genótipos BRS-Guariba, EVX-91-2E-1 e TE-97-411-1F-9 foram os mais instáveis, no entanto, a cultivar Guariba apresentou interação positiva (Figura 1 e Tabela 2).

Os ambientes mais estáveis foram IB02, RBO2, IT02, RC02, NS03 e UB03 (Figura 1); destes, o ambiente NS03, foi o mais produtivo. A estabilidade do local Bom Jesus, PI, confirma os resultados obtidos por Freire Filho et al. (2003), em um estudo compreendendo genótipos de feijão-caupi enramador. A instabilidade do local Teresina, PI, relatada por esses autores não foi observada no presente estudo. Destacam-se os ambientes, IB02 e RBO2 como os locais de maior instabilidade. Houve tendência de agrupamento quanto à interação entre ambientes pertencentes aos Estados do Sergipe (Nossa Senhora das Dores, 2003 e Umbaúba, 2003) e da Bahia (Ribeira do Pombal, 2002 e Itaberaba, 2002).



**Figura 1.** Biplot AMMI2 ou modelo de efeitos aditivos principais e interação multiplicativa, considerando apenas o primeiro eixo da análise de componentes principais: primeiro componente principal da interação (CPI1) x segundo componente principal da interação (CPI2), de 20 genótipos ( ) de feijão-caupi, avaliados em 16 ambientes (■) do Meio-Norte do Brasil (Brejo, MA, 2002: BR02; Barra do Corda, MA, 2002: BC02; São Raimundo das Mangabeiras, MA, 2002: SR02; São Raimundo das Mangabeiras, MA, 2003: SR03; Teresina, PI, 2002: TE02; Baixa Grande do Ribeiro, PI, 2002: BG02; Bom Jesus, PI, 2003: BJ03; Serra Talhada, PE, 2002: ST02; Serra Talhada, PE, 2003: ST03; Nossa Senhora das dores, SE, 2003: NS03; Simão Dias, SE, 2003: SD03; Umbaúba, SE, 2003: UB03; Ribeira do Pombal, BA, 2002: RB02; Itaberaba, BA, 2002: IB02; Riacho dos Cavalos, PB, 2002: RC02 e Itaporanga, PB, 2002: IT: 02).

**Tabela 2.** Médias previstas para o caráter produtividade de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>) pelo modelo de efeitos aditivos principais e interação multiplicativa, considerando primeiros eixos da análise de componentes principais da interação (AMI2) para 20 genótipos e 16 ambientes da Região Nordeste do Brasil.

Genótipos	Ambiente <sup>1</sup>															
	BR02	BC02	SR02	SR03	TE02	BG02	BJ03	ST02	ST03	NS03	SD03	UB03	RB02	IB02	RC02	
TE-97-321G-4	1318.64	1003.8	1866.75	2017.73	1555.13	1541.61	2738.16	1190.42	1436.38	1930.47	1442.49	1338.96	752.34	500.18	1155.49	1
TE-97-404-1E-1	1073.27	1085.19	1060.78	1648.2	1466.8	1125.92	2030.22	1312.13	1202.49	1743.13	1147.9	1230.94	848.99	529.23	942.82	1
TE-97-404-9E-1-1	1089.48	974.28	1209.51	1673.21	1169.47	1400.99	1968.95	1152.07	1137.76	1773.1	1178.64	1205.81	830.8	444.21	854.36	1
TE-978-406-2-E	1097.7	895.67	1608.34	1775.7	1548.31	1316.15	2547.09	1099.44	1282.47	1759.17	1285.86	1209.85	596.81	389.48	1032.09	1
TE-97-406-2F-28-1	1229.3	934.79	1670.12	1934.14	1542.32	1226.28	2663.39	1149.54	1354.32	1786.04	1278.19	1206.38	649.04	408.71	1066.37	1
Te-97-406-2F-28-2	981.44	811.6	1746.03	1643.34	1483.29	1669.83	2499.03	971.66	1220.84	1796.9	1393.95	1257.26	528.86	354.9	1013.74	
TE-97-411-1F-9	930.48	866.79	1476.45	1523.53	1305.92	1739.82	2123.03	1012.26	1123.26	1802.54	1341.95	1271.51	660.62	401.39	915.29	1
TE-97-411-1F-16	1077.42	869.87	1570.12	1736.21	1392.77	1430.25	2403.97	1052.27	1224.35	1766.04	1277.48	1202.57	624.25	370.74	967.78	1
TE-97-413-1E-10	1218.57	1017.63	1228.81	1864.99	1388.38	953.4	2274.64	1255.37	1260.26	1712.47	1091.21	1138.54	789.92	442.19	939.75	1
TE-97-413-1F-2	1081.14	970.67	1291.98	1697.65	1388.93	1257.01	2189.75	1174.97	1201.13	1744.75	1191.01	1200.14	741.44	439.09	934.81	1
TE-97-413-6F-2-5	1003.82	1105.16	1227.6	1542.09	1498.53	1605.63	1989.79	1285.57	1206.95	1872.27	1350.69	1385.41	886.02	602.63	1005.23	1
TE-97-367G-12-2	821.48	961.61	905.61	1337.88	1278.26	1352.92	1680.82	1148.83	1001.09	1677.11	1119.98	1194.52	761.2	444.05	791.34	1
TE-97-369G-4	664.88	1116.62	754.73	1153.94	1918.76	1095.29	1826.71	1371.47	1097.62	1648.42	1175.19	1301.93	708.69	594.83	989.94	1
BRS-Guariba	1278.57	1127.2	1537.37	1986.52	2016.29	830.62	2858.09	1416.86	1508.23	1780.02	1268.48	1269.57	703.56	559.74	1243.9	1
EVX-47-6E	1171.23	1031.83	1689.25	1796.85	1503	1756.75	2423.08	1194.41	1336.83	1950.65	1474.43	1401.36	810.02	549.73	1103.09	
EVX-63-10E	1525.18	1157	1749.22	2198.84	1383.67	1532.33	2583.84	1342.58	1491.77	2025.29	1422.76	1388.57	1012.2	614.38	1146.93	1
EVX-91-2E-1	1006.9	949.82	1825.95	1622.01	1586.62	2033.6	2451.42	1084.61	1291.89	1962.89	1587.45	1451.63	686.21	519.31	1125.07	1
EVX-91-2E-2	1253.57	953.15	1863.8	1965.95	1625.69	1445.62	2795.18	1150.98	1417.01	1871.76	1410.86	1295.88	656.23	452.46	1150.62	1
EVX-92-49E	1104.04	1054.12	1808.25	1768.58	1979.47	1555.1	2783.99	1264.11	1448.85	1915.09	1533.72	1434.69	657.21	578.43	1273.94	1
Vita-7	1161.9	960.21	1686.31	1803.63	1399.38	1692.87	2415.85	1120.45	1294.52	1898.89	1412.79	1328.72	753.06	474.82	1042.46	1
Média	1104.45	992.35	1488.85	1734.55	1521.55	1428.10	2362.35	1187.50	1276.90	1820.85	1319.25	1285.71	732.88	483.53	1034.75	1

## Referências

DUARTE, J.B.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipos x ambientes**: uma introdução à análise "AMMI". Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 63 p. (Série Monografias, 9).

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

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; LOPES, A.C.A. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de linhagens de caupi de porte ereto enramador. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 49, n. 234, p. 383-393, 2002.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; LOPES, A.C.A. Adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos de genótipos de caupi de porte semi-ereto. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 6, n.2, p. 31-39, 2001.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; LOPES, A.C.A. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de genótipos de caupi enramador de tegumento mulato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 591-598, 2003.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; LOPES, A.C.A. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 24-34, 2005.

PIEPHO, H.P. Robustness of statistical test for multiplicative terms in the additive main effects and multiplicative interaction model for cultivar trial. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 90, n. 3/4, p. 438-443, 1995.