

ADAPTAÇÃO E ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE CULTIVARES DE FEIJÃO PRETO NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO¹

BRAZ EDUARDO VIEIRA PACOVA², JOÃO FRANCISCO CANDAL NETO³,
ANTONIO LOURENÇO GUIDONI⁴, ÁLVARO F. DOS SANTOS⁵,
ÁLVARO AUGUSTO T. VARGAS⁶ e NILTON DESSAUNE FILHO³

RESUMO - Os rendimentos de grãos de onze cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) preto mais estudadas no Estado do Espírito Santo, em quinze ambientes, entre 1981 e 1983, revelaram diferenças nos valores dos ambientes entre 1.050 e 2.717 kg/ha. A grande maioria das cultivares foi sensível e respondeu relativamente bem à melhoria de ambiente. 'BAT 304', 'Iguaçu', 'Preto 60 dias' e 'BAT 179' foram as mais produtivas, cerca de 27%, 12%, 12% e 11% superiores à testemunha, 'Rio Tibagi' (1.280 kg/ha), respectivamente. 'BAT 304' apresentou ainda, ampla adaptação e as outras três, parecem se adaptar melhor a ambientes muito favoráveis; cultivares como '8017.1.1' seriam desadaptadas a todos os ambientes. 'BAT 304' e 'Iguaçu' foram as mais estáveis e 'ICA Huasano' e '8017.1.1' as mais instáveis fenotipicamente. Nos testes de produtores, em ambientes favoráveis da seca/1983, 'BAT 179', 'BAT 304' e 'Iguaçu', comercialmente de maior interesse ao Estado, produziram de 1.600 a 2.400 kg/ha. Em setembro de 1983, foram lançadas como novas cultivares, com a denominação de 'Capixaba Precoce' ('BAT 304') e 'Vitória' ('BAT 179'), enquanto 'Iguaçu' foi recomendada, mantendo-se-lhe o nome original.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, melhoramento, interação genótipo, ambiente.

ADAPTABILITY AND PHENOTYPICAL STABILITY OF BLACK BEAN CULTIVARS IN ESPÍRITO SANTO STATE, BRAZIL

ABSTRACT - Grain yield of eleven black bean cultivars tested in Espírito Santo State, Brazil, under fifteen varied environments, between 1981 and 1983, showed different environmental means from 1.050 to 2.717 kg/ha. The cultivars majority presented a good and similar response to environmental stimulus. The most productives were 'BAT 304', 'Iguaçu', 'Preto 60 dias' and 'BAT 179', around 27%, 12%, 12% and 11% superior to the pattern, 'Rio Tibagi' (1.280 kg/ha), respectively. Just 'BAT 304' had general adaptability, while the others, also higher, seemed to adjust greater adaptability to better environments; '8017.1.1' similar genotypes would be unadapted over all environments. Greater yield stability was got with 'BAT 304' and 'Iguaçu', while the most unstable were 'ICA Huasano' and '8017.1.1'. In farming proofs, 'BAT 179', 'BAT 304', and 'Iguaçu', the best commercially for the Espírito Santo, produced from 1.600 to 2.400 kg/ha, in 1983 dry season favourable conditions. They were released as new cultivars, officialy named 'Capixaba Precoce' ('BAT 304') and 'Vitória' ('BAT 179'), whereas 'Iguaçu' was recommended with the original name, in September, 1983.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, breeding, genotype, environment interaction.

INTRODUÇÃO

A Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária - EMCAPA, com base numa série de experimentos conduzidos em diversos municípios do Estado do Espírito Santo, entre 1976 e 1978 (Candal Neto & Vieira 1979), recomendou, em 1980, a cultivar de feijão preto 'Rio Tibagi' (Candal Neto & Pacova 1980).

Esta cultivar, associada a outras tecnologias, proporcionou aumento significativo na produtividade média estadual, cujos valores variaram de 366 kg/ha, em 1976 (Comissão Estadual de Planejamento Agrícola 1980) a cerca de 600 kg/ha, nas secas de 1982 (Fundação IBGE 1983).

Sempre são necessárias novas opções de sementes para garantir estabilidade de produção, equilíbrio na resistência aos patógenos e outros atributos.

Desta forma, e em continuação às pesquisas com o feijoeiro, outros experimentos têm sido instalados, no sistema "solteiro", com novas cultivares introduzidas de Instituições Nacionais e do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT/Colômbia).

- ¹ Aceito para publicação em 12 de setembro de 1986.
- ² Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA/EMCAPA, Caixa Postal 391, CEP 29000 Vitória, ES.
- ³ Eng.-Agr., M.Sc., EMCAPA, Vitória, ES.
- ⁴ Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA/CNPSA, Concórdia, SC.
- ⁵ Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA/CEPEC/CEPLAC, Itabuna, BA.
- ⁶ Eng.-Agr., EMCAPA, Vitória, ES.

Portanto, agora são relatados os resultados sobre rendimento de grãos das cultivares de feijão preto estudadas em diversos ambientes do Estado, entre as safras das águas de 1981 e da seca de 1983, já que seus resultados relativos à reação à antracnose foram anteriormente apresentados por Santos et al. (1983).

Sabe-se que a marcada flutuação dos elementos climáticos de uma safra agrícola para outra, bem como a natural diferença química e física dos solos, de locais e/ou de regiões, interação de diversas formas com os genótipos, dificultando a escolha de um método de seleção que defina corretamente uma cultivar ideal, ou seja, aquela que apresente a resposta certa a essas alterações de ambiente.

Segundo Eberhart & Russell (1966), as interações genótipos-ambientes estão constantemente presentes, quer as cultivares sejam originadas de linhas puras de cruzamentos simples ou múltiplo, linhas S_1 , híbridos simples ou duplos, ou qualquer outro material que o melhorista de planta esteja trabalhando, principalmente em relação aos caracteres quantitativos, como o rendimento de grãos.

A seleção de cultivares, através da análise de adaptação e estabilidade fenotípica, leva em consideração a significância dessas interações e dá melhor interpretação dos resultados experimentais.

MATERIAL E MÉTODOS

Detalhes dos experimentos

Nos trabalhos com cultivares é freqüente a substituição daquelas de comportamento inferior por novas introduções. Por isso, dentre 28 cultivares e linhagens de feijão inicialmente estudadas, as onze mais bem repetidas e comuns em quinze ambientes variados do Espírito Santo, entre 1981 e 1983, estão detalhadas nas principais discussões de adaptação e estabilidade.

Os tratamentos foram dispostos no campo, num delineamento de blocos ao acaso, com três repetições.

Cada parcela experimental se constituiu de quatro linhas de 5,0 m de comprimento com 0,5 m de espaço entre elas. A densidade de doze a 16 plantas por metro linear foi deixada após o desbaste. Para se determinar o rendimento de grãos, foram colhidas as duas linhas centrais, excetuando-se 0,5 m nas cabeceiras, perfazendo uma área útil da parcela de 4,0 m².

Os ambientes observados (Tabela 1) situam-se nos municípios das duas principais regiões produtoras de feijão do Estado: Região Serrana Centro-Sul ou Montanhosa e Região Norte (Linhares) de baixa altitude, que apresen-

tam as diferenças climáticas a seguir descritas:

A Região Montanhosa situa-se em altitudes entre 600 a 1.100 metros, e apresenta-se predominantemente sob clima mesotérmico Cfb sem estação seca e Cwb com estiagem no inverno (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 1978). A temperatura média mensal, nos meses de inverno (junho, julho e agosto), pode variar desde 13,5°C (a 1.100 metros de altitude) até 17°C nas regiões mais baixas, ao redor de 600 metros de altitude. Nos meses do verão (dezembro, janeiro e fevereiro), a temperatura média mensal varia desde 20°C, a 1.100 metros, até 22,5°C nas áreas próximas de 600 metros de altitude (Feitoza et al. 1979). Nesta região, quando ocorrem períodos de estiagens, estes se apresentam coincidentes com o inverno, sendo mais marcantes no mês de agosto, podendo alongar-se até setembro, no início da primavera (Zangrande et al. 1978).

Os locais onde foram instalados os experimentos na região de Linhares estão situados, segundo a classificação de Köppen, sob um clima tropical tipo Aw (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 1978). Nesta área, observam-se locais com deficiência hídrica durante até oito meses do ano, abrangendo o período de fevereiro a outubro (Zangrande et al. 1978). A temperatura média mensal predominante nos meses de inverno situa-se em torno de 20°C e, nos meses de verão, em torno de 25,5°C (Feitoza et al. 1979).

Os solos dos locais onde foram instalados os experimentos apresentam a seguinte classificação:

— São Bento — Latossolo Vermelho-Amarelo, distrófico, textura argilosa, relevo montanhoso (terço inferior da encosta).

Mendes — Aluvial distrófico, textura média, relevo plano.

Caxixe 1 — Associação Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico + Solos Cambissólicos, textura média, relevo montanhoso.

Caxixe 2 — Associação Solos Cambissólicos distróficos + Latossolo Vermelho-Amarelo, distrófico, textura argilosa, relevo montanhoso (topo aplainado).

EMCAPA/Linhares 1 — Aluvial eutrófico, textura argilosa, relevo plano.

EMCAPA/Linhares 2 — Aluvial distrófico, textura média, relevo plano.

Fazenda Guandu — Terra Roxa Estruturada, eutrófico, textura argilosa, relevo montanhoso (terço inferior da encosta).

Venda Nova — Aluvial eutrófico, textura argilosa, relevo plano.

Parâmetros de adaptação e estabilidade fenotípica

Diferentes modelos estatísticos têm sido empregados para medir a resposta das cultivares às variações de ambientes, a fim de se selecionar aquelas com maior estabilidade fenotípica (menor interação a tais alterações).

TABELA 1. Ambientes observados nas avaliações de feijoeiro do grupo preto, entre 1981 e 1983, no Espírito Santo.

Ambiente	Ano	Safrá	Região/Município		Adubação (kg/ha)		
			(S-Serrana e N-Norte)	Local	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
I	1981	águas	S-Domingos Martins	São Bento	40	50	20
II	1981	águas	S-Domingos Martins	São Bento	40	200	20
III	1982	seca	S-Conc. do Castelo	Caxixe 1	40	50	20
IV	1982	seca	S-Conc. do Castelo	Caxixe 1	40	200	20
V	1982	seca	N-Linhares	EMCAPA 1	40	50	20
VI	1982	seca	N-Linhares	EMCAPA 1	40	200	20
VII	1982	seca	N-Linhares	EMCAPA 2	40	50	20
VIII	1982	seca	N-Linhares	EMCAPA 2	40	200	20
IX	1982	águas	S-Domingos Martins	São Bento	40	80	20
X	1982	águas	S-Conc. do Castelo	Venda Nova	40	80	20
XI	1982	águas	S-Conc. do Castelo	Caxixe 1	40	80	20
XII	1982	águas	N-Linhares	EMCAPA 1	40	80	20
XIII	1983	seca	S-Conc. do Castelo	Venda Nova	40	80	20
XIV	1983	seca	S-Conc. do Castelo	Caxixe 2	40	80	20
XV	1983	seca	S-Afonso Cláudio	Faz. Guandu	40	80	20

Oliveira (1976), em sua tese, comparando seis métodos sobre a estabilidade fenotípica, verificou que os mais práticos e informativos foram os de Finlay & Wilkinson (1963) e de Eberhart & Russell (1966).

Carvalho et al. (1983), comparando quatro modelos, concluíram que os de Eberhart & Russell e de Tai produziram equivalentes resultados e foram os mais favoráveis para este tipo de análise.

As metodologias de Finlay & Wilkinson (1963) e de Eberhart & Russell (1966) têm-se mostrado válidas, com comprovação na prática, através de vários estudos com diversas espécies vegetais, conforme a revisão de Pacova (1981). A primeira utiliza-se de dois parâmetros: o coeficiente de regressão (bi) e o rendimento médio da cultivar (\bar{Y}_i), enquanto a segunda inclui um terceiro parâmetro: a variância dos desvios da regressão ($S^2 di$), o que a torna mais completa. Assim, a cultivar com a adaptabilidade geral ou ampla e a estabilidade ideal a todos os ambientes estudados, seria a que apresentasse, estatisticamente, $\bar{Y}_i > \mu$, sendo μ a média geral, $bi = 1,0$ (há facilidade de resposta à melhoria do ambiente) e $S^2 di = 0$.

Portanto, os devidos cálculos da análise em questão foram determinados seguindo-se o modelo de Eberhart & Russell (1966).

Inicialmente, efetuou-se a análise de variância conjunta dos resultados, considerando as cultivares fixas e os ambientes variados, a fim de se medir também o efeito da interação cultivar-ambiente (C x A).

A seguir, para se obter a grandeza da contribuição de cada cultivar no efeito da interação, foi efetuada a análise de variância com a separação da soma dos quadrados em consequência dos ambientes para os componentes lineares e não lineares.

Baker (1969), incluindo cultivares de trigo susceptíveis à ferrugem, verificou haver um problema para estimar o verdadeiro efeito da interação (C x A). Desconhece-se a parte atribuída às cultivares susceptíveis, haja vista que as enfermidades não são consideradas características permanentes do ambiente como são aquelas gerais de clima e do solo, bem como não afetam equitativamente a todas as cultivares.

A maioria das cultivares de feijão incluídas neste trabalho é susceptível à antracnose, de acordo com as informações de Santos et al. (1983), especialmente quando experimentadas na Região Serrana do Estado. Já as cultivares consideradas resistentes ('Rio Tibagi' e 'Iguaçu') e moderadamente resistentes ('BAT 179' e 'BAT 304'), têm mostrado grande incidência de mancha angular e de ferrugem, com exceção da 'BAT 304' que está resistente à ferrugem, nas avaliações a campo.

Em geral, a introdução de cultivares susceptíveis às enfermidades reduz o valor quantitativo potencial do ambiente, quando não há o controle das mesmas. Deste modo, no cálculo das estimativas dos parâmetros de estabilidade fenotípica, pelo estudo da regressão, foi considerada como variável independente (valor do ambiente) a média das três melhores produtividades de grãos/ambiente, conforme sugeriu Laing, citado por Candal Neto & Vieira (1979), e como variável dependente, o valor médio da cultivar em cada ambiente.

Como os locais não foram comuns dentro das safras e dos anos, todas as interações relacionadas a estas fontes de variação não puderam ser calculadas e seus valores estão acumulados no quadrado médio da interação (QM C x A) e no quadrado médio do erro da análise conjunta (QMe). Portanto, o QMe está superestimado, o que impede de se

apresentar o real valor de S^2 di (igual ao quadrado médio dos desvios da regressão, QMdi, menos QMe). Neste caso, complementou-se com o R^2 (coeficiente de determinação) que, além de dar consistência ao efeito linear, mede, satisfatoriamente, o grau de estabilidade do rendimento das cultivares.

Para cada cultivar foram determinadas as significâncias estatísticas assim discriminadas:

- para $b_1 = 0$ e $b_1 = 1.0$, pelo teste "t" de Students;
- para o quadrado médio da regressão linear, QMRi, para QMdi e para S^2 di, respectivamente, pelos testes:

$$F = \frac{QMRi}{QMdi} \quad F = \frac{QMdi}{QMe} \quad \text{e} \quad F = \frac{S^2 \text{ di}}{QMe}$$

- para comparação de médias, pela diferença mínima significativa (DMS), conforme a equação citada por Markus (1974): para diferença entre médias de culti-

vares, $DMS \propto t \propto (GLE) \sqrt{\frac{2 QMe}{a \times r}}$; e entre a média da cultivar e a média geral (padrão),

$$DMS \propto t \propto (GLE) \sqrt{\frac{QMe}{a \times r}}, \text{ onde:}$$

- \propto = nível de significância a 5% ou 1% de probabilidade;
- $t \propto$ = valor de t conhecido na tabela a 5% ou 1% de probabilidade;
- GLE = os graus de liberdade do erro;
- QMe = quadrado médio do erro;
- a = número de ambientes;
- r = número de repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância conjunta (Tabela 2) evidencia efeitos altamente significativos para cultivares, para ambientes e para interação (C x A), mesmo considerando-se que o QM erro esteja superestimado.

A alta significância da interação (C x A) reforça, pois, as afirmações de Eberhart & Russell (1966) sobre a sua influência na expressão do rendimento de grãos, ou seja, que, independente do material botânico com que se esteja trabalhando, essas interações estão sempre presentes e causando dificuldades em demonstrar a significativa superioridade de qualquer cultivar. Portanto, ficou caracterizado que as cultivares de feijão testadas, entre 1981 e 1983, no Estado do Espírito Santo, responderam diferentemente à variação dos ambientes.

Também se verificou que na variação total o efeito de ambientes foi cerca de três vezes superior ao de cultivares, comparando-se as respectivas somas de quadrados; o que revela a importância, nos testes de cultivares realizados no Estado, da necessidade de se observar o maior número possível de ambientes diferenciados para se garantir uma recomendação mais fiel e segura para o plantio de uma nova cultivar de feijão.

A variação dos ambientes é apresentada na Tabela 3. A amplitude dos valores potenciais dos ambientes foi de 1.667 kg/ha, calculada pela diferença entre os valores extremos, 1.050 e 2.717 kg/ha, alcançados, respectivamente, em Conceição do Castelo, Região Centro-Sul, Serrana e em Linhares, Região Norte, de Baixa altitude, ambos na mesma safra, seca/1982.

Esta amplitude favorável a Linhares, provavelmente, atribuiu-se à não deficiência hídrica nos períodos críticos da cultura e, especialmente, aos efeitos benéficos da associação da temperatura moderada e a luminosidade que ocorrem no Norte do Estado, na safra da seca, ao passo que na região Serrana há períodos frios ou, principalmente, quedas da temperatura noturna, prejudiciais à planta do feijão, conforme as observações de Feitoza & Pacova (1984).

Entretanto, mesmo com o menor valor potencial do ambiente, isto é, de 1.050 kg/ha, ainda foi maior que a média de todas as cultivares, obtida naquele ambiente (798 kg/ha). Evidentemente que tal diferença é explicada porque, no segundo caso, estiveram incluídas também as médias das cultivares de mais baixo potencial produtivo e ou susceptíveis às enfermidades destrutivas, principalmente a antracnose, que ocorre com grande frequência na região Serrana.

Um exemplo claro desta diferença, na caracterização dos ambientes, é observado no ambiente IV (Conceição do Castelo, seca/82) onde, enquanto o valor potencial do ambiente foi de 1.622 kg/ha e a média de todas as cultivares, de 987 kg/ha, a cultivar 8017.1.1 susceptível à antracnose, de acordo com Santos et al. (1983), apenas contribuía com 183 kg/ha. Isto confirma declarações como as de Baker (1969) e de Candal Neto & Vieira (1979), de que as enfermidades dificultam a expressão dos rendimentos de grãos pelas cultivares, afetando-as

de modo desigual ao efetuado pelos verdadeiros fatores do ambiente (elementos climáticos e do solo).

Estes resultados, ainda, vêm reforçar adequada sugestão de Laing citado por Candal Neto & Vieira (1979), sobre o uso da média dos três melhores resultados obtidos em cada ambiente para descrever o valor potencial quantitativo desse ambiente.

Na Tabela 4 a análise de variância para a regressão mostra que todas as cultivares, a 1% de probabilidade, têm a resposta às alterações dos ambientes, explicada pelo modelo linear, embora 'Jamapa' a tivesse com 5% de probabilidade.

Obviamente que em quatro casos a 1% e em dois casos a 5% de probabilidade, os desvios da regressão foram também significativos, porém excetuando-se o caso de '8017.1.1', as somas de quadrados

TABELA 2. Análise de variância conjunta dos resultados de rendimento de grãos (kg/ha) de onze cultivares de feijão testadas em quinze ambientes variados do Estado do Espírito Santo, entre 1981 e 1983.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F
Cultivares (C)	10	18.533.121,293	1.855.312,10	18,87**
Ambientes (A)	14	60.214.906,776	4.301.064,70	43,74**
(C x A)	140	23.972.784,646	171.234,17	1,74**
Repetições/A	30	9.361.009,879	312.033,66	3,17**
Erro	300	29.499.316,788	98.331,06	
Total	494	141.601.139,382		

** Significante a 1% de probabilidade.

TABELA 3. Valores médios dos ambientes (kg/ha) obtidos em quatro principais municípios produtores de feijão do Estado do Espírito Santo, entre 1981 e 1983 e a participação de cultivares nesses valores.

Ambiente	Município	Safra/ ano	Média *	Valor potencial Ambiente**	Participação de cultivares***
I	Domingos Martins	águas/81	1.239	1.515	C3 C1 C5
II	Domingos Martins	águas/81	1.674	2.029	C1 C3 C4
III	Conc. do Castelo	seca/82	798	1.050	C3 C5 C4
IV	Conc. do Castelo	seca/82	987	1.622	C3 C11 C9
V	Linhares	seca/82	1.626	2.250	C5 C3 C9
VI	Linhares	seca/82	2.187	2.717	C5 C1 C3
VII	Linhares	seca/82	906	1.133	C1 C3 C5
VIII	Linhares	seca/82	1.047	1.400	C3 C1 C5
IX	Domingos Martins	águas/82	1.248	1.500	C9 C2 C3
X	Conc. do Castelo	águas/82	1.487	1.767	C3 C1 C4
XI	Conc. do Castelo	águas/82	1.024	1.178	C11 C1 C3 e C9
XII	Linhares	águas/82	1.022	1.255	C3 C9 C2
XIII	Conc. do Castelo	seca/83	1.394	1.830	C9 C3 C8
XIV	Conc. do Castelo	seca/83	1.290	1.489	C10 C4 C3
XV	Afonso Cláudio	seca/83	1.120	1.242	C6 C2 C10

* Média de todas as cultivares/ambiente;

** Média dos três melhores rendimentos de grãos/ambiente;

*** Da esquerda para a direita a classificação decrescente das três cultivares superiores usadas no cálculo do valor potencial do ambiente: C1 - 'BAT 179'; C2 - 'BAT 240'; C3 - 'BAT 304'; C4 - 'ICA Huasano'; C5 - 'Iguaçu'; C6 - 'Jamapa'; C8 - '8017.1.1'; C9 - 'Preto 60 dias'; C10 - 'Preto Redondo'; C11 - 'Rio Tibagi'.

TABELA 4. Análise de variância para a regressão linear mostrando o efeito da interação de cada cultivar com os ambientes observados no Estado do Espírito Santo entre 1981 e 1983.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F
'BAT 179' x Ambientes	14	11.212.363,05		
Regressão Linear	1	8.555.747,01	8.555.747,01	41,87**
Desvios da Regressão	13	2.656.616,04	204.355,08	2,08*
'BAT 240' x Ambientes	14	7.741.039,71		
Regressão Linear	1	4.933.851,99	4.933.851,99	22,85**
Desvios da Regressão	13	2.807.187,72	215.937,52	2,20**
'BAT 304' x Ambientes	14	9.006.019,35		
Regressão Linear	1	7.646.930,82	7.646.930,82	73,14**
Desvios da Regressão	13	1.359.088,53	104.545,27	1,06 NS
'ICA Huasano' x Ambientes	14	8.196.530,85		
Regressão Linear	1	5.064.156,57	5.064.156,57	21,02**
Desvios da Regressão	13	3.132.374,28	240.951,87	2,45**
'Iguaçu' x Ambientes	14	11.669.469,96		
Regressão Linear	1	10.482.415,92	0.482.415,92	14,79**
Desvios da Regressão	13	1.187.054,04	91.311,85	0,93 NS
'Jamapa' x Ambientes	14	3.458.047,68		
Regressão Linear	1	1.314.696,75	1.314.696,75	7,97*
Desvios da Regressão	13	2.143.350,93	164.873,15	1,68 NS
'Línea 29' x Ambientes	14	2.812.220,16		
Regressão Linear	1	1.342.485,96	1.342.485,96	11,87**
Desvios da Regressão	13	1.469.734,20	113.056,48	1,15 NS
'8017.1.1' x Ambientes	14	6.632.858,46		
Regressão Linear	1	2.769.346,74	2.769.346,74	9,32**
Desvios da Regressão	13	3.863.511,72	297.193,21	3,02**
'Preto 60 dias' x Ambientes	14	12.201.624,48		
Regressão Linear	1	9.395.945,25	9.395.945,25	43,53**
Desvios da Regressão	13	2.805.679,23	215.821,48	2,19**
'Preto Redondo' x Ambientes	14	5.843.977,47		
Regressão Linear	1	3.454.598,61	3.454.598,61	18,79**
Desvios da Regressão	13	2.389.378,86	183.798,37	1,87*
'Rio Tibagi' x Ambientes	14	5.419.566,48		
Regressão Linear	1	4.791.873,75	4.791.873,75	99,24**
Desvios da Regressão	13	627.692,73	48.284,06	0,49 NS
Erro	300	29.499.316,78	98.331,06	
F.05 (1,13) e F.01 (1,13)			4,67 e 9,07	
F.05 (13,300) e F.01 (13,300)			1,72 e 2,12	

* e ** Significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

dos desvios da regressão foram bem inferiores às respectivas somas de quadrados atribuídas à regressão linear, o que garante, portanto, a assertiva de que suas respostas foram mais expressivamente lineares à medida que se melhoravam os ambientes.

Os valores da Tabela 5 mostram o rendimento

médio de grãos e os parâmetros de estabilidade dos genótipos de feijão testados.

Para o rendimento de grãos houve diferenças significativas entre as médias dos genótipos testados, destacando-se 'BAT 304' que diferenciou dos

demais. Em relação ao valor da média geral (1.270,07 kg/ha), apresentaram-se com valores altamente significativos, portanto, de maior impacto positivamente: 'BAT 304', 'Iguaçu', 'Preto 60 dias' e 'BAT 179'. Foram, ainda, mais produtivas que a cultivar padrão do Estado, 'Rio Tibagi' (1.279,75 kg/ha), em torno de 27%, 12%, 12% e 11%, respectivamente.

Quanto ao coeficiente de regressão (bi), apenas não diferiram de $b = 0,0$, os valores de 'Jampa', 'Linea 29' e '8017.1.1', apesar de que a última, também não tenha diferenciado do coeficiente de regressão médio ($b = 1,0$), em virtude do seu alto valor do desvio do coeficiente de regressão ($s_{bi} = 0,32$). Os valores das demais cultivares foram significativos ou altamente significativos para $b = 0,0$ e não significativos para $b = 1,0$. Demonstra, pois, que excetuando-se aquelas três cultivares com bi próximos ao valor zero as outras tiveram comportamento semelhante e foram sensíveis às variações dos ambientes, respondendo relativamente bem à melhoria de tecnologia. Entretanto, com os respectivos coeficientes de regressão não diferindo da unidade, somente 'Iguaçu', 'Rio Tibagi',

'BAT 304', 'Preto 60 dias' e 'BAT 179' apresentaram valores de R^2 (coeficiente de determinação) mais expressivos, respectivamente de: 0,90, 0,88, 0,85, 0,77 e 0,76, isto é, que de 76% ou mais da variação no rendimento de grãos foram, realmente, atribuídas à relação linear entre o valor quantitativo dos ambientes e a média das cultivares.

Com relação à variância dos desvios da regressão ($S^2 di$), apenas o valor de '8017.1.1' foi significativamente superior, a 5% de probabilidade, em comparação com o QM erro. Talvez, a não significância dos valores das demais cultivares justifica-se porque o QM erro estava supervalorizado com a acumulação dos valores referentes às interações que não puderam ser extraídas; conseqüentemente, tenha reduzido os valores respectivos do teste F. Deste modo, para explicar o grau de estabilidade das cultivares, levou-se em consideração os valores de $S^2 di$, complementado com os devidos valores de R^2 .

Tendo em vista os resultados apresentados na Tabela 5, a representação gráfica das Figs. 1 e 2 e seguindo o modelo de estabilidade fenotípica adotado por Eberhart & Russell (1966), que requer

TABELA 5. Rendimento médio de grãos (kg/ha) e parâmetros de estabilidade de cultivares de feijão preto, testadas no Estado do Espírito Santo, entre 1981 a 1983.

Genótipos	Média (ȳi)	(%)	bi em relação a		$S^2 di$	R^2
			b = 0,0	b = 1,0		
'BAT 179'	bc 1.415,27**	110,6	0,98 ± 0,26**	NS	106.024,02 NS	0,76
'BAT 240'	cde 1.249,00NS	97,6	0,75 ± 0,27*	NS	117.606,46 NS	0,64
'BAT 304'	a 1.625,29**	127,0	0,93 ± 0,19**	NS	6.214,21 NS	0,85
'ICA Huasano'	c 1.306,38NS	102,1	0,76 ± 0,28*	NS	142.620,81 NS	0,62
'Iguaçu'	b 1.437,69**	112,3	1,09 ± 0,18**	NS	-7.019,21 NS	0,90
'Jamapa'	ef 1.068,07**	83,4	0,38 ± 0,20NS	**	66.542,09 NS	0,38
'Linea 29'	ef 1.089,55**	85,1	0,39 ± 0,20NS	**	14.725,42 NS	0,48
'8017.1.1'	g 920,60**	71,9	0,56 ± 0,32NS	NS	198.862,15 *	0,42
'Preto 60 dias'	bc 1.428,67**	111,6	1,03 ± 0,27**	NS	117.490,42 NS	0,77
'Preto Redondo'	ef 1.150,33*	89,9	0,62 ± 0,25*	NS	85.467,31 NS	0,59
'Rio Tibagi'	cde 1.279,75NS	100,0	0,74 ± 0,13**	NS	-50.047,00 NS	0,88
Média Geral (μ)	1.270,07					

DMS 5% e 1% (300) = 91,62 e 120,60, para testar \bar{Y}_i com a média geral (μ). Sinais à direita;

DMS 5% e 1% (300) = 129,58, para testar médias entre cultivares. Letras à esquerda diferentes, há significância estatística;

t5% e 1% (13) = 2,16 e 3,01, para testar bi contra $b = 0$;

t5% e 1% (300) = 1,96 e 2,58, para testar bi contra $b = 1,0$;

F5% e 1% (13,300) = 1,72 e 2,12, para testar $S^2 di$ contra QM erro;

* e ** = significativos a 5% e 1%, respectivamente;

NS = não significativo.

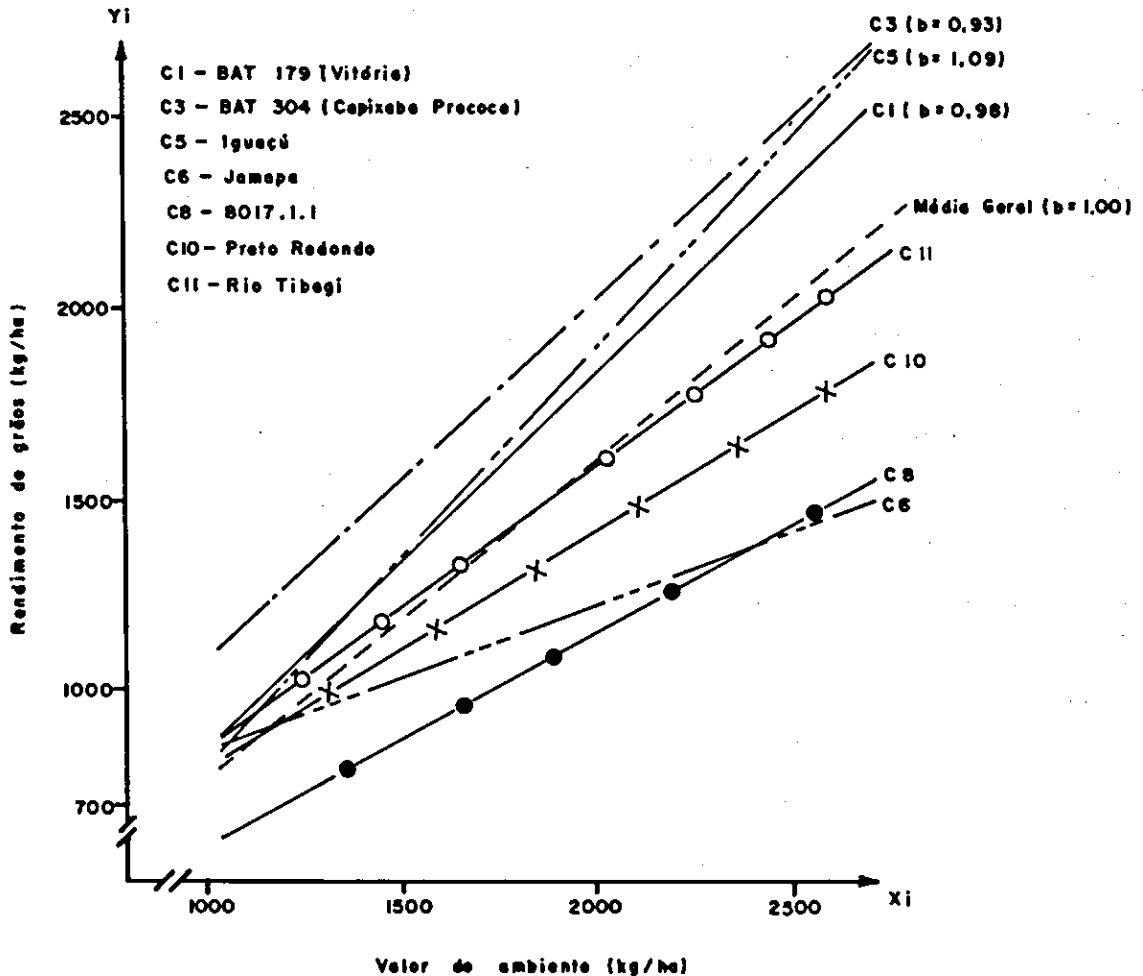


FIG. 1. Linhas de regressão de três cultivares superiores (C1, C3 e C5), de uma semelhante (C11) e de três inferiores (C6, C8 e C10) à resposta média com a variação dos ambientes no Espírito Santo, entre 1981-1983.

para uma cultivar ideal os valores de $b_i = 1,0$ e $S^2_{di} = 0$, associados a um alto potencial genético de produção, verifica-se que das quatro cultivares com rendimentos de grãos superiores à média geral, 'BAT 304' e 'Iguaçú' apresentaram as S^2_{di} de mais reduzidas, com um R^2 entre 0,85 e 0,90 e coeficiente de regressão em torno da unidade. Portanto, foram as mais estáveis do teste e mais próximas daquele ideal desejado.

'Preto 60 dias' e 'BAT 179' apesar de potencialmente muito produtivas, mostraram-se com intermediária estabilidade, em decorrência de suas rela-

tivamente grandes S^2_{di} , enquanto 'ICA Huasano' e '8017.1.1' foram as mais instáveis fenotipicamente (Tabela 5 e Fig. 2).

A adaptabilidade das cultivares é resumida pela Fig. 1, onde estão configuradas as respostas de algumas cultivares para representar o modo de atuação das demais testadas. Por exemplo, entre as duas mais estáveis, 'BAT 304' e 'Iguaçú', nota-se uma certa vantagem para 'BAT 304', que apresentou ampla adaptação aos ambientes observados, ou seja, mesmo em ambiente de menor produtividade ela é capaz de demonstrar um valor relativamente

alto de rendimento de grãos, enquanto 'Iguaçu' parece demonstrar esta característica quando em ambientes muito favoráveis.

'BAT 179', que também está representando o modelo de 'Preto 60 dias', pois são semelhantes os seus valores de b_i e \bar{Y}_i (Tabela 5), mostra-se com um grau de adaptação mais próximo ao de 'Iguaçu' que ao de 'BAT 304'.

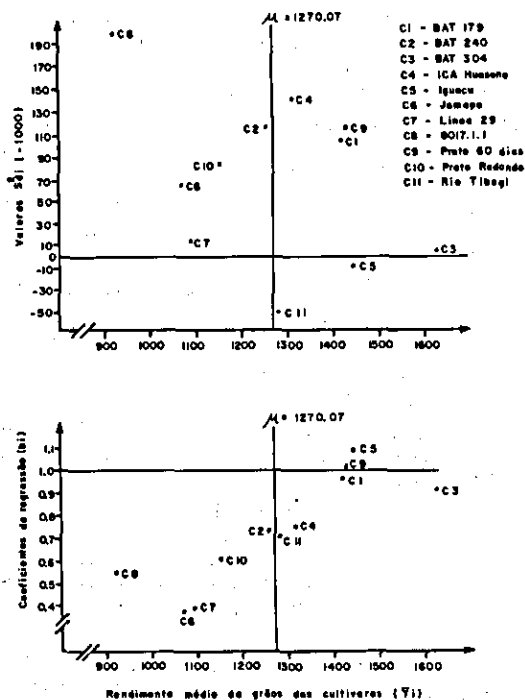


FIG. 2. Relação entre o rendimento médio de grãos e os parâmetros de estabilidade de 11 cultivares de feijão testadas no Espírito Santo, entre 1981-1983.

Cultivares com rendimentos de grãos semelhantes ao de 'Rio Tibagi', que respondem de maneira similar à da média geral, possuem adaptação a ambientes de produtividade média, isto é, embora sejam sensíveis à melhoria da qualidade do ambiente, apresentam-se sempre inferiores àquelas de maior potencial produtivo como a 'BAT 304'. Assim, elas só seriam recomendadas na ausência de cultivares geneticamente superiores.

Por outro lado, cultivares com resposta semelhante à de '8017.1.1' seriam desadaptadas a todos os ambientes.

De posse do conjunto dos resultados apresentados nesse estudo, deduz-se que as cultivares de maior interesse, portanto, para o Estado do Espírito Santo, foram 'BAT 304', 'Iguaçu' e 'BAT 179', haja vista que 'Preto 60 dias' apresenta característica de tamanho de grão não comercial.

Os genótipos de feijão 'BAT 179' e 'BAT 304' são provenientes do CIAT (Colômbia) e a cultivar Iguaçu, da Costa Rica e introduzida no Brasil pelo Ex-IPEAME (Curitiba, PR). A EMCAPA realizou, com as mesmas, na safra da seca de 1983, prova de lavoura, onde elas produziram, em condições de ambientes favoráveis, de 1.600 a 2.400 kg/ha.

Em setembro de 1983, de acordo com as normas da EMCAPA, 'BAT 304' e 'BAT 179' foram lançadas como novas cultivares, oficialmente denominadas de 'Capixaba Precoce' e 'Vitória', respectivamente, enquanto 'Iguaçu' foi recomendada para plantio no Estado do Espírito Santo.

CONCLUSÕES

1. Nos testes de onze cultivares de feijão preto realizados no Estado do Espírito Santo, entre 1981 e 1983, os valores potenciais quantitativos dos quinze ambientes oscilaram de 1.050 a 2.717 kg/ha, respectivamente, alcançados em Conceição do Castelo, Região Centro-Sul, Serrana e em Linhares, Região Norte, de baixa altitude, ambos na safra da seca/1982.

2. Excetuando-se 'Jamapa', 'Linea 29' e '8017.1.1', as demais cultivares, com os coeficientes de regressão próximos da unidade, foram sensíveis e responderam relativamente bem à melhoria de ambiente.

3. Para o rendimento médio de grãos de onze cultivares testadas, as mais produtivas foram "BAT 304", 'Iguaçu', 'Preto 60 dias' e 'BAT 179', que superaram em torno de 27%, 12%, 12% e 11% a cultivar testemunha do Estado, 'Rio Tibagi' (cerca de 1.280 kg/ha), respectivamente. Entretanto, 'BAT 304', com quase 1.625 kg/ha, diferenciou-se significativamente das demais.

4. De acordo com o modelo de Ebehart & Russell (1966), 'BAT 304' e 'Iguaçu' foram as mais estáveis, enquanto 'ICA Huasano' e '8017.1.1', as mais instáveis fenotipicamente.

5. 'BAT 304' apresentou-se, ainda, como de ampla adaptação aos ambientes, ou seja, é capaz de produzir relativamente muito bem, mesmo em ambientes de menor produtividade; 'Iguaçu', parece se adaptar melhor em ambientes muito favoráveis; 'Preto 60 dias' e 'BAT 179' assemelham-se mais à adaptação de 'Iguaçu' que de 'BAT 304'; enquanto que cultivares como '8017.1.1' seriam desadaptadas a todos os ambientes.

6. Fundamentalmente, desta análise, verifica-se que as cultivares que apresentaram maior interesse de comércio e plantio para o Estado do Espírito Santo, excetuando-se a 'Preto 60 dias' que tem o tamanho do grão não comercial, foram a 'BAT 304' ('Capixaba Precoce'), 'Iguaçu' e 'BAT 179' ('Vitória').

REFERÊNCIAS

- BAKER, R.J. Genotype - environment interactions in yield of wheat. *Can. J. Plant Sci.*, 49:743-51, 1969.
- CANDAL NETO, J.F. & PACOVA, B.E.V. Rio Tibagi, nova cultivar de feijão para o Espírito Santo. Cariacica, EMCAPA, 1980. 4p. (EMCAPA. Indicação EMCAPA, 1)
- CANDAL NETO, J.F. & VIEIRA, C. Comportamento de cultivares de feijão *Phaseolus vulgaris* L. no sul do estado do Espírito Santo. *R. Ceres*, 26(144):189-204, 1979.
- CARVALHO, F.I.F.; FEDERIZZI, L.C.; NODARI, R.O.; STORCK, L. Comparison among stability models in evaluating genotypes. *R. bras. Genét.*, 6(4):667-91, 1983.
- COMISSÃO ESTADUAL DE PLANEJAMENTO AGRÍCOLA, Vitória, ES. Produção de feijão no Espírito Santo; dados estatísticos, 1947/80. Vitória, 1980. n.p.
- EBERHART, S.S. & RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, 6:36-40, 1966.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Espírito Santo. Rio de Janeiro, 1978. 461p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim técnico, 45)
- FEITOZA, L.R. & PACOVA, B.E.V. Caracterização de períodos frios críticos para a agricultura tradicional capixaba. Cariacica, EMCAPA, 1984. 12p. (EMCAPA. Documentos, 7)
- FEITOZA, L.R.; SCARDUA, J.A.; SEDIYAMA, G.C.; VALLE, S.S. Estimativas das temperaturas médias mensais e anuais no estado do Espírito Santo. *R. Cent. Ci. Rurais*, 9(3):279-91, 1979.
- FINLAY, K.W. & WILKINSON, B.N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.*, 14:742-54, 1963.
- FUNDAÇÃO IBGE, Rio de Janeiro, RJ. Levantamento sistemático da produção agrícola no Espírito Santo, 1981/82. Vitória, 1983. n.p.
- MARKUS, R. Elementos de estatística aplicada. Porto Alegre, UFRGS, 1974. 329p.
- OLIVEIRA, A.C. de. Comparação de alguns métodos de determinação de estabilidade em plantas cultivadas. Brasília, UnB, 1976. 64p. Tese Mestrado.
- PACOVA, B.E.V. Medida de adaptação e estabilidade em cultivares de espécies vegetais. Cariacica, EMCAPA, 1981. 20p. (EMCAPA. Boletim técnico, 6)
- SANTOS, A.F. dos.; PACOVA, B.E.V.; ATHAYDE, J.T.; VARGAS, A.A.T. Reação de cultivares de feijão dos grupos preto e de cor à antracnose *Colletotrichum lindemuthianum* no Estado do Espírito Santo. Cariacica, EMCAPA, 1983. 5p. (EMCAPA. Comunicado técnico, 24)
- ZANGRANDE, M.B.; FEITOZA, L.R.; VALLE, S.S. Balanço hídrico do estado do Espírito Santo. Cariacica, EMCAPA, 1978. 36p.