

ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE FEIJÃO-COMUM NO ESTADO DE SANTA CATARINA¹

Glauber Henrique de Sousa Nunes²
Haroldo Tavares Elias²
Silmar Hemp³
Moacil Alves de Souza⁴

1. INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no Estado de Santa Catarina é explorada em uma amplitude muito grande de condições edafoclimáticas e, também, por agricultores que têm diferentes níveis de tecnologia, desde o cultivo para subsistência até lavouras empresariais (9). Por essas razões, espera-se que ocorra grande interação genótipos por ambientes e que essa tenha papel relevante na manifestação fenotípica, tornando difícil o processo de recomendação de cultivares. Esse fato exige a adoção de medidas que controlem ou reduzam os efeitos dessa interação.

Uma das alternativas mais utilizadas para atenuar a interação genótipos por ambientes é o uso de cultivares com estabilidade fenotípica (16). No entanto, não existem referências sobre a estabilidade dos principais cultivares de feijoeiro utilizados pelos agricultores catarinenses, sendo, portanto, necessárias mais informações sobre a estabilidade dos

¹ Aceito para publicação em 30.07.1999.

² Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, Cx. P. 37, 37200-000 Lavras, MG.

³ Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina-EPASC, Cx. P. 791, 89801-970 Chapecó, SC.

⁴ Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, 36571-000 Viçosa, MG.

materiais avaliados e cultivados no Estado. Além disso, considerando que os ensaios de avaliação de cultivares são onerosos, é importante melhor análise dos dados obtidos para se aprimorar e reduzir as chances de erro nas recomendações dos cultivares.

Existem várias metodologias empregadas na avaliação de estabilidade. Essas metodologias são amplamente discutidas na literatura (3, 5, 14), distinguindo-se pelos conceitos de estabilidade e princípios estatísticos empregados (6). As metodologias mais utilizadas são aquelas que empregam a regressão; contudo, mais recentemente novas alternativas têm sido propostas. A opção por uma das metodologias disponíveis está na dependência da informação fornecida e, acima de tudo, da facilidade de análise e interpretação dos resultados. Dentro desse contexto, as metodologias sugeridas por LIN e BINNS (13) e ANNICCHIARICO (1) apresentam-se como promissoras, em razão de suas facilidades de análise e interpretação. A primeira identifica quais materiais ocupam os primeiros lugares no maior número de ambientes. Já a segunda metodologia avalia o índice de confiança, levando em conta que a seleção de determinado cultivar é feita considerando-se o risco do mesmo ter um desempenho inferior a um padrão convenientemente escolhido. O padrão utilizado pelo autor foi a média geral dos cultivares nos ambientes estudados. ANNICCHIARICO *et al.* (2) aplicaram esse método para avaliar a estabilidade de milho híbrido na Itália. Apesar de ambas as metodologias possuírem fáceis interpretação e aplicação, foram pouco utilizadas. Assim sendo, maiores informações sobre as potencialidades das mesmas, bem como de suas relações, devem ser obtidas.

Diante dessas considerações, os objetivos do presente trabalho foram obter estimativas sobre parâmetros de estabilidade dos cultivares de feijão-comum recomendados para o Estado de Santa Catarina e comparar duas metodologias de análise de estabilidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os locais e as épocas de condução dos ensaios estão apresentados no Quadro 1.

Em cada ensaio foram avaliados oito cultivares (Quadro 2) no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. A parcela foi constituída por quatro linhas de 5 m, espaçadas de 0,5 m. A área útil da parcela foi as duas linhas centrais. A adubação e os tratos culturais foram feitos conforme as recomendações técnicas da cultura no Estado de Santa Catarina (10).

QUADRO 1 - Características dos locais e das épocas de condução dos experimentos				
Local	Região	Coordenadas geográficas	Altitude (m)	Safra
Campos Novos	6 (21/09 a 10/01)*	27° 24'S e 50° 32'L	934	janeiro** 94/95
Canoinhas	6 (21/09 a 10/01)	26° 09'S e 50° 23'L	839	janeiro 94/95 janeiro 95/96
Chapecó	3 (21/08 a 10/10) (11/01 a 20/02)	27° 07'S e 52° 16'L	674	janeiro 94/95 abril 95 janeiro 95/96 maio 96
Ituporanga	5 (01/09 a 10/10) (11/01 a 28/02)	27° 24'S e 49° 36'L	369	abril 95 maio 96
São Joaquim	6 (21/09 a 10/01)	28° 17'S e 49° 55'L	1353	fevereiro 94/95 fevereiro 95/96
Urussanga	1 (11/08 a 10/10) (11/01 a 28/02)	28° 31'S e 49° 14'L	499	maio 95 abril 96
*Período favorável para sementeira				
** Mês de colheita				

QUADRO 2 - Algumas características dos cultivares utilizados nos ensaios regionais no período de 1994 a 1996, no Estado de Santa Catarina					
Cultivar	Cor da semente	Hábito de crescimento	Início da floração (dias)	Maturação (dias)	Peso de 100 sementes (g)
FT-Nobre	Preta	II	42	88	192
Barriga Verde	Preta	II	40	86	206
EMPASC 201	Preta	II	41	88	195
Rio Tibagi	Preta	II	41	88	168
IAPAR 44	Preta	II	41	90	175
Carioca	Bege com listra marrom	III	41	86	239
FT-120	Preta	II	41	87	182
Carioca 80 SH	Bege com listra marrom	III	42	89	229

Para se estimar os parâmetros de estabilidade foi utilizada a metodologia de LIN e BINNS (13). Ela estima o parâmetro P_i pela seguinte

expressão: $P_i = \sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2 / 2n$, em que P_i : índice de superioridade do

cultivar i ; X_{ij} : produtividade do cultivar i no ambiente j ; M_j = produtividade máxima obtida com todos os cultivares no local j ; e n = número de locais. Se a seleção é baseada apenas no P_i , um genótipo com adaptabilidade estreita, isto é, pobre em adaptabilidade geral, mas com boa adaptabilidade

específica, poderá ser descartado. Para evitar esse tipo de problema, os autores propuseram a decomposição do índice de superioridade por meio da seguinte expressão:

$$P_i = [n(\bar{X}_i - \bar{M}_j)^2 + \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i - M_j + \bar{M})^2] / 2n, \text{ em que}$$

\bar{X}_i : média dos cultivares nos n ambientes, isto é: $\bar{X}_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} / n$; \bar{M} :

média das produtividades máximas de todos os cultivares em todos os ambientes, isto é: $\bar{M} = \sum_{j=1}^n M_j / n$. A primeira parte indica paralelismo

de resposta, isto é, a diferença em relação ao máximo é praticamente a mesma em todos os ambientes. Já na segunda parte ocorrem alterações na classificação dos cultivares. Nesse caso, o melhorista deve procurar aqueles ambientes de adaptação específica do genótipo. O cultivar ideal é aquele com menor estimativa de P_i e menor contribuição para a interação.

A metodologia de ANNICCHIARICO (1) estima o índice de confiança (*index reability*) de determinado cultivar. Para aplicação dessa metodologia, as médias de cada cultivar são transformadas em porcentagens da média dos ambientes. Posteriormente, é estimado o desvio-padrão (S_i) das porcentagens de cada cultivar. Com esses dois parâmetros, \bar{Y}_i e (S_i), estima-se o índice de confiança pela seguinte expressão: $I_i = \bar{Y}_i - Z_{(1-\alpha)} \cdot S_i$, em que: I_i = índice de confiança (%); \bar{Y}_i = média geral do cultivar i em porcentagem; $Z_{(1-\alpha)}$ = percentil $(1-\alpha)$ da função de distribuição normal acumulada; S_i = desvio-padrão dos valores percentuais; e α = nível de significância pré-fixado. O autor considerou o valor de α igual a 0,25, significando que de quatro casos apenas um é esperado abaixo da média do ambiente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância conjunta mostrou efeito significativo da interação cultivares x ambientes (Quadro 3), indicando que o desempenho dos cultivares não foi consistente nos ambientes. Esse resultado reflete as diferentes sensibilidades dos genótipos às diversas condições de ambientes encontradas (14). A interação genótipos x ambientes pode dificultar a recomendação de cultivares, de modo que maneiras de atenuá-la devem ser utilizadas pelos melhoristas, a fim de que as recomendações possam ser

feitas com maior critério científico e, conseqüentemente, reduzam a probabilidade de erros na recomendação.

QUADRO 3 - Resumo da análise de variância conjunta de oito cultivares de feijoeiro-comum em 13 ambientes no Estado de Santa Catarina

F.V.	GL	QM
Ambientes (A)	12	490430**
Cultivares (C)	7	318400**
C x A	84	205500**
Erro médio	273	109800
Média	1643	
CV (%)	20	

Uma das alternativas mais utilizadas é o uso de cultivares com estabilidade fenotípica. Contudo, em estudos de estabilidade um dos problemas é a conceituação dos termos adaptabilidade e estabilidade. No presente trabalho, o termo adaptação será considerado conforme a idéia de CECARRELLI (4). Segundo este autor, um cultivar é mais adaptado quanto maior for a sua produção econômica, e não necessariamente por ser capaz de sobreviver em determinada condição de ambiente. A adaptação aqui corresponde ao parâmetro b_0 do modelo de regressão linear proposto por EBERHART e RUSSELL (8) para estudar a estabilidade de cultivares. Dentro desse conceito, os cultivares mais adaptadas foram FT-Nobre e BR-Barriga Verde, com as maiores produtividades médias (Quadro 4). Já o termo estabilidade fenotípica designa a capacidade dos genótipos de exibirem um desempenho o mais constante possível, em função das variações ambientais (15).

QUADRO 4 - Estimativas dos parâmetros de estabilidade, segundo os métodos de Lin e Binns (1988) e Annicchiarico (1992), com base na produção de grãos de cultivares de feijoeiro em Santa Catarina, no período de 1994 a 1996

Cultivares	Média (kg/ha)	$P_i^{1/}$	Desvio		Contribuição para interação (%)	$I_i^{2/}$ (%)
			Genético	Interação		
FT-NOBRE	1916	92,8	35,6	57,2	2,32	106
BR-Barriga Verde	1745	613,0	325,7	287,3	11,64	97
FT-120	1662	810,0	572,5	237,5	9,62	92
EMPASC 201	1555	1423,7	988,8	434,9	17,63	84
Rio Tibagi	1510	1513,1	1200,1	313,0	12,68	85
IAPAR 44	1535	1401,6	1079,0	322,6	13,08	86
Carioca	1661	857,9	575,6	282,3	11,44	90
Carioca SH 80	1558	1509,1	976,5	532,6	21,59	80

^{1/} P_i : Índice de superioridade do cultivar i.

^{2/} I_i : Índice de confiança do cultivar i.

Além de bem adaptado, deseja-se um genótipo que apresente estabilidade fenotípica da produção. Para o melhorista, o cultivar ideal é aquele que permanece entre os melhores no maior número de ambientes (11). Assim sendo, sob esse ponto de vista a metodologia de LIN e BINNS (13) é boa alternativa na avaliação da estabilidade de cultivares. Esta metodologia mede a estabilidade dos genótipos pela estimativa do índice de superioridade P_i . O genótipo com menor P_i tem menor desvio em relação à produtividade máxima em cada ambiente, isto é, com desempenho próximo do máximo na maioria dos ambientes. Os melhores cultivares foram FT-Nobre, BR-Barriga Verde e FT 120, pois apresentaram os menores valores de P_i (Quadro 4).

A estimativa de P_i pode ser desdobrada em duas partes. A primeira é devida ao desvio genético em relação ao máximo, e corresponde à soma de quadrados de genótipos. A segunda refere-se à parte da interação genótipo x ambiente. A primeira parte não é prejudicial ao trabalho do melhorista, pois não implica alteração no "ranqueamento" dos materiais; enquanto a segunda pode alterar a classificação dos materiais, complicando o trabalho do melhorista (12, 17). Sobressaíram os cultivares FT-Nobre e FT-120 com as menores contribuições para a interação. Não houve grande variação nas contribuições de cada cultivar para a interação. Os que mais contribuíram para a interação foram EPASC-201- Chapecó e Carioca SH-80.

Constatou-se que, de modo geral, os cultivares com menores valores de P_i apresentaram as maiores contribuições da variação genética e reduzida participação na interação. Este resultado também foi observado por FARIAS (11) na cultura do algodoeiro. Considerando-se o valor de P_i e a contribuição para interação de cada cultivar, os mais estáveis foram o FT-Nobre, BR-Barriga Verde e FT-120 (Quadro 4).

A metodologia proposta por ANNICCHIARICO (1) avalia o índice de confiança. A vantagem do método está no fato de a seleção de determinado cultivar para os agricultores ser feita considerando-se o risco do mesmo ter um desempenho inferior a um padrão convenientemente escolhido. Neste trabalho, o padrão é a média geral dos cultivares avaliados. Dessa maneira, quanto maior o índice de confiança de um cultivar, menor a sua probabilidade de insucesso. Esse é talvez o objetivo principal dos produtores na escolha do cultivar a ser adquirido.

O cultivar FT-Nobre superou em 6% a média geral do ambiente, na pior das hipóteses, considerando um nível de probabilidade de 75%. Esse material é o de maior confiabilidade. Já o contrário ocorreu com o cultivar Carioca SH-80, cuja produtividade média esperada pode atingir 20% abaixo da média do ambiente (Quadro 4).

Observou-se boa concordância entre as metodologias empregadas. Conforme se esperava, a correlação de Spearman entre as estimativas de P_i e I_i foi alta e negativa (-0,97*). GONÇALVES (12), avaliando variedades de milho, também observou uma correlação alta e negativa, concordando com os resultados obtidos nesse trabalho. Segundo a autora, dada a facilidade na identificação e interpretação, as metodologias de LIN e BINNS (13) e ANNICHIARICO (1) deveriam ser mais utilizadas pelos melhoristas.

Por outro lado, um fato importante é que em nenhum dos estudos anteriores com essas metodologias foram feitas as correlações entre a média e os parâmetros das mesmas. Neste trabalho, observou-se que as correlações da produção dos cultivares com o parâmetro P_i e os desvios genético e da interação foram altos e negativos. Além disso, a correlação entre a produção e o índice de confiança foi alta e positiva (Quadro 5). Esses resultados evidenciam que se o melhorista selecionasse apenas com base na média dos cultivares, estaria selecionando aqueles mais estáveis também. Em outras palavras, pode ser dito que ambos os métodos, neste estudo, apenas estabeleceram um "raking" de adaptação para os cultivares, mas não informou sobre o potencial deles em ambientes favoráveis ou desfavoráveis, como informam os métodos de EBERHART e RUSSELL (8) e CRUZ *et al.* (7). Contudo, segundo GONÇALVES (12), a metodologia de LIN e BINNS (13) pode informar sobre os locais de adaptação específica de um cultivar, pois um genótipo pode ter baixo valor de P_i e alta contribuição para a interação em alguns casos.

QUADRO 5 – Correlações entre a média de produção e os parâmetros das metodologias e entre os parâmetros P_i e I_i

	P_i	I_i	DG	DI
Média	-0,98**	0,96**	-0,90	-0,75**
I_i	0,97**			

P_i = índice de superioridade do cultivar i ; I_i = índice de confiança do cultivar i ;
 DG = desvio genético do cultivar i ; e DI = desvio da interação do cultivar i .

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Os objetivos do presente trabalho foram avaliar a estabilidade de oito cultivares de feijoeiro-comum e comparar duas metodologias de análise. Foram utilizados os dados de produtividade de feijão de 13 ensaios estaduais de avaliação de cultivares conduzidos pela Empresa de Pesquisa

Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), no período de 1994 a 1996. Foram empregadas as metodologias de LIN e BINNS (13) e ANNICHIARICO (1). Observou-se que os cultivares FT-Nobre e BR-Barriga Verde foram os mais estáveis segundo as duas metodologias empregadas, enquanto os cultivares Rio Tibagi e Carioca 80 SH foram os mais instáveis. Verificou-se que ambas as metodologias são altamente correlacionadas com a produtividade média dos cultivares.

5. SUMMARY

(STABILITY OF COMMON BEAN CULTIVARS IN THE STATE OF SANTA CATARINA)

The present work evaluated the stability of eight cultivars of common bean and compared two methodologies using the data of thirteen yield trials carried out in the period of 1994 to 1996 by Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (EPAGRI), Santa Catarina State, Brazil, from 1994 to 1996. The data were analyzed by LIN and BINNS' (13) and ANNICHIARICO's (1) methodologies. The cultivars FT-Nobre and BR-Barriga Verde were found to be the most stable by the two methodologies, whereas the cultivars Rio Tibagi and Carioca 80 SH were the least stable. A high correlation was verified among the mean yield of the cultivars and the methodologies studied.

6. LITERATURA CITADA

1. ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. *Journal of Genetics and Breeding*, 46(1):269-278. 1992.
2. ANNICCHIARICO, P.; BERTOLINI, M. & MAZZINELLI, G. Analysis of genotype-environment interactions for maize hybrids in Italy. *Journal of Genetics and Breeding*, 49(1): 61-68, 1994.
3. BECKER, H. C. & LÉON, J. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*, 101(1):1-23. 1988.
4. CECCARELLI, S. Adaptation to low/high input cultivation. *Euphytica*, 92(2): 203-214. 1996.
5. CROSSA, J. Statistical analysis of multilocation trials. *Advances in Agronomy*, 44:55-85. 1990.
6. CRUZ, C. D. & REGAZZI, A. J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa, Imprensa Universitária, 1994. 390p.
7. CRUZ, C.D.; TORRES, A. de A.R. & VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. *Revista Brasileira de Genética*, 12(2): 567-580, 1989.
8. EBERHART, S. A. & RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6(1): 36-40, 1966.

9. EPAGRI. *A cultura do feijão em Santa Catarina*. Florianópolis, 1992. 285p. (Sistemas de Produção).
10. EPAGRI. *Recomendações técnicas para a cultura do feijão em Santa Catarina*. Florianópolis, 1997. 70p. (Sistemas de produção).
11. FARIAS, F.J.C. *Parâmetros de estabilidade em cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium*) avaliadas na região Nordeste no período de 1981 a 1982*. Lavras, Universidade Federal de Lavras (UFLA), 1995. 89p. (Tese de Mestrado).
12. GONÇALVES, F.M.A. *Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho avaliadas em "safrinha" no período de 1993 a 1995*. Lavras, Universidade Federal de Lavras (UFLA), 1997. 86p. (Tese de Mestrado).
13. LIN, C.S. & BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, 68(1):193-198. 1998.
14. LIN, C. S.; BINNS, M. R. & LEFROVITCH, L. P. Stability analysis: Where do we stand? *Crop Science*, 26(5):894-899. 1986.
15. MARIOTTI, J.A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J.M.; BULACIO, A.N.R. & ALMADA, G.H. Analisis de estabilidad y adaptabilidad de genótipos de caña de azúcar. I. Internaciones dentro de una localidad experimental. *Revista Agronomica del Noroeste Argentino*, 13(1/4): 105-127. 1976.
16. RAMALHO, M.A.R.; SANTOS, J.B. dos & ZIMMERMANN, M.J.de O. *Genética quantitativa em plantas autógamas*. Goiânia, UFG, 1993. 272 p.
17. XIE, C. & MOSJIDIS, J.A. Selection of stable cultivars using phenotypic variances. *Crop Science*, 36(5): 572-576. 1996.