

GLAUCO VIEIRA DE OLIVEIRA

ESTRATIFICAÇÃO AMBIENTAL, ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE LINHAGENS DE FEIJÃO

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em
Genética e Melhoramento, para a
obtenção do título de “Magister
Scientiae”

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2004

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T	Oliveira, Glauco Vieira de, 1978-
O48e	Estratificação ambiental, adaptabilidade e estabilidade
2004	de linhagens de feijão / Glauco Vieira de Oliveira.– Viçosa : UFV, 2004 100p. : il.
	Orientador: Pedro Crescêncio Souza Carneiro Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa
	1. Feijão - Melhoramento genético. 2. Feijão - Adapta- bilidade. 3. Interação genótipo-ambiente.I. Universidade Federal de Viçosa. II.Título.
	CDD 20.ed. 635.6523

GLAUCO VIEIRA DE OLIVEIRA

**ESTRATIFICAÇÃO AMBIENTAL, ADAPTABILIDADE E
ESTABILIDADE DE LINHAGENS DE FEIJÃO**

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em
Genética e Melhoramento, para a
obtenção do título de “Magister
Scientiae”

Aprovada: 20 de fevereiro de 2004.

Prof. José Eustáquio de Souza Carneiro
(Conselheiro)

Prof. Cosme Damião Cruz
(Conselheiro)

Dr. Alexandre Cunha de B. Ferreira

Dr. Luiz Antônio dos Santos Dias

Prof. Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença, orientação e conforto em todos momentos da minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Programa de Genética e Melhoramento e ao Departamento de Biologia Geral, pela oportunidade de realização deste curso.

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Pedro Crescêncio Souza Carneiro, pela orientação, amizade, confiança, apoio e ensinamentos, imprescindíveis para realização deste trabalho.

Aos professores José Eustáquio de Souza Carneiro e Cosme Damião Cruz, pelo auxílio, atenção, avaliação crítica e valiosas sugestões, sempre oportunas.

Aos meus pais, pois vocês sempre me apoiaram.

A minha esposa por sua presença. Sem você Viçosa não seria a mesma.

Aos meus amigos da Primeira Igreja Batista de Viçosa, pelos bons momentos compartilhados juntos.

Aos colegas de curso, Adésio, Marcinha, Odilon, Adilson, Emanuel., pela amizade e companheirismo.

Aos alunos da graduação Alex, José Ângelo, Renato, Aline, pelo auxílio na realização deste trabalho.

A todos funcionários da Agronomia e Secretaria de Pós-Graduação de Genética e Melhoramento, em especial: Gilberto, Conceição, Rita, pela ajuda e amizade.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

GLAUCO VIEIRA DE OLIVEIRA, filho de Fábio Suzé de Oliveira e Celeste Ainda Vieira de Oliveira, nasceu em Niterói, Estado do Rio de Janeiro, em 21 de abril de 1978.

Em fevereiro de 1997, ingressou na Universidade Federal de Viçosa – UFV, onde, em maio de 2002, graduou-se em Agronomia.

Em maio de 2002, iniciou o curso de Mestrado em Genética e Melhoramento, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, submetendo-se à defesa de tese em fevereiro de 2004.

ÍNDICE

LISTA DE QUADROS-----	vii
LISTA DE FIGURAS-----	xi
RESUMO-----	xiii
ABSTRACT-----	xv
1. INTRODUÇÃO-----	1
2. REVISÃO DE LITERATURA-----	3
2.1. Feijão: aspectos gerais-----	3
2.2. Avaliação e recomendação de cultivares de feijão no Brasil-----	6
2.3. Interação genótipos por ambientes-----	10
2.3.1. Medidas mitigadoras da interação-----	13
2.3.1.1. Capitalização da interação-----	13
2.3.1.2. Estratificação ambiental-----	13
2.3.1.3. Recomendação baseada na adaptabilidade e estabilidade-----	14
2.3.1.4. Recomendação baseada simultaneamente na estratificação e adaptabilidade -----	18
2.4. Principais doenças do feijoeiro-----	20
3. MATERIAL E MÉTODOS-----	24
3.1. Caracterização dos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU)-----	24
3.2. Caracteres avaliados -----	26
3.3. Procedimentos estatísticos-----	27
3.3.1. Análise individual de variância -----	27

3.3.2. Análise conjunta de variância -----	28
3.3.3. Estratificação de ambientes-----	28
3.3.3.1. Estratificação de ambientes pelo método tradicional-----	28
3.3.3.2. Estratificação de ambientes pela decomposição da Interação Genótipos x Ambientes em partes simples e complexa-----	30
3.4. Análise de adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos	30
3.4.1. Método tradicional-----	30
3.4.2. Método da regressão linear simples de EBERHART e RUSSELL (1966) -----	31
3.4.3. Método de regressão linear bisegmentada de CRUZ, TORRES e VENCOVSKY (1989)-----	32
3.4.4. Método do trapézio quadrático de CARNEIRO (1998)-----	34
3.5. Análise de estratificação ambiental e adaptabilidade de MURAKAMI (2001)-----	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO-----	38
4.1. Análises de variância individuais-----	38
4.2. Interação genótipo por ambientes-----	50
4.2.1. Análise de variância conjunta -----	50
4.2.2. Estratificação de ambientes-----	53
4.2.2.1. Estratificação de ambientes pelo método tradicional -----	53
4.2.2.2. Estratificação de ambientes pelo método da decomposição da interação GxA em partes simples e complexa-----	55
4.2.3. Adaptabilidade e estabilidade das linhagens-----	57
4.2.3.1. Método tradicional-----	57
4.2.3.2. Método de EBERHART e RUSSELL (1966)-----	60
4.2.3.3. Método de CRUZ, TORRES e VENCOVSKY (1989)-----	66
4.2.3.4. Método do trapézio quadrático de CARNEIRO (1998) -----	71
4.2.4. Análise de estratificação ambiental e adaptabilidade de MURAKAMI (2001)-----	77
5. CONCLUSÕES-----	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	94

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1. Linhagens utilizadas no ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU), grupos preto e carioca-----	26
Quadro 2. Esquema da análise de variância individual e esperanças de quadrado médio -----	28
Quadro 3. Esquema de análise de variância conjunta e esperanças de quadrado médio-----	29
Quadro 4. Resumo das análises de variância individuais referentes aos ensaios de VCU grupos preto e carioca conduzido em Minas Gerais em diferentes safras nos anos de 2002 e 2003 -----	39
Quadro 5. Produtividade de grãos (kg/ha) de linhagens de feijão preto, avaliadas no ensaio de VCU em Minas Gerais, nas safras águas/2002, inverno/2002 e seca/2003 -----	41
Quadro 5. (continuação) -----	42
Quadro 6. Produtividade de grãos (kg/ha) de linhagens de feijão carioca, avaliadas no ensaio de VCU em Minas Gerais, nas safras águas/2002, inverno/2002 e seca/2003 -----	43
Quadro 6. (continuação) -----	44

Quadro 7. Produtividade de grãos(Kg/ha), grau de severidade: crestamento bacteriano (CB), ferrugem (FE) e arquitetura (ARQ) de linhagens de feijão preto, avaliadas no ensaio de VCU em Viçosa e Coimbra nas safras de inverno e seca, 2002/2003-----	47
Quadro 8. Produtividade de grãos (Kg/ha), grau de severidade: crestamento bacteriano (CB), ferrugem (FE), arquitetura (ARQ) e mancha angular (MA) de linhagens de feijão carioca, avaliados no VCU em Viçosa e Coimbra nas safras de inverno e seca, 2002/2003-----	48
Quadro 9. Resumo da análise de variância conjunta dos 20 genótipos de feijão dos ensaios de VCU de feijão preto e carioca avaliados em 12 ambientes no Estado de Minas Gerais-----	51
Quadro 10. Produtividade de grãos (kg/ha) por ambiente referentes aos ensaios de VCU's de feijão preto e carioca -----	54
Quadro 11. Grupos de ambientes que proporcionam interação genótipos x ambientes não-significativa e seus respectivos quadrados médios da interação (QMGA), F calculado (Fcal), F tabelado (Ftab), em nível de 5% de probabilidade com base na produtividade de 20 linhagens de feijão do ensaio de VCU preto-----	54
Quadro 12. Grupos de ambientes que proporcionam interação genótipos x ambientes não-significativa e seus respectivos quadrados médios da interação (QMGA), F calculado (Fcal), F tabelado (Ftab), no nível de 5% de probabilidade baseado na produtividade de linhagens de feijão no ensaio de VCU carioca-----	54
Quadro 13. Pares de ambientes, suas correlações (r) e porcentagem da parte simples (PS%) da interação GxA conforme CRUZ e CASTOLDI (1991), nos ensaios de VCU de feijão preto e carioca avaliados no Estado de Minas Gerais-----	56
Quadro 14. Produtividade de grãos (kg/ha), estimativas do parâmetro de estabilidade, dado pelo quadrado médio de ambientes dentro de cada genótipo (QMA/G) e posição relativa das linhagens de feijão preto, avaliadas no ensaio de valor de cultivo e uso (VCU) em Minas Gerais, nas safras inverno/2002, seca/2003 e inverno/2003-----	58
Quadro 15. Produtividade de grãos (kg/ha), estimativas do parâmetro de estabilidade dado pelo quadrado médio de ambientes dentro de cada genótipo (QMA/G) e posição relativa das linhagens de feijão carioca, avaliada no ensaio de valor de cultivo e uso (VCU) em Minas Gerais, nas safras	

inverno/2002, seca/2003 e inverno/2003-----	59
Quadro 16. Resumo da análise de variância conjunta com a decomposição da soma de quadrados de ambientes/genótipos e estimativa da produtividade média de grãos em Kg/ha (β_{0i}), dos coeficientes de regressão (β_{1i}), e de determinação (R^2), segundo a metodologia de EBERHART e RUSSELL (1966), de 20 linhagens de feijão preto avaliadas em 12 ambientes no Estado de Minas Gerais-----	61
Quadro 17. Resumo da análise de variância conjunta com a decomposição da soma de quadrados de ambientes/genótipos e estimativa da produtividade média de grãos em Kg/ha (β_{0i}), dos coeficientes de regressão (β_{1i}), e de determinação (R^2), segundo a metodologia de EBERHART e RUSSELL (1966), de 20 linhagens de feijão carioca avaliadas em 12 ambientes no Estado de Minas Gerais-----	62
Quadro 18. Índices ambientais (I_j) proporcionados por cada ambiente avaliado nos ensaios de VCU de feijão preto e carioca-----	63
Quadro 19. Estimativas das médias de produtividade de grãos, em Kg/ha, dos coeficientes (β_1 e $\beta_1 + \beta_2$) e desvios da regressão (s_{di}^2) e coeficientes de determinação (R^2) para as linhagens de feijão no ensaio VCU preto em Minas Gerais segundo a metodologia de CRUZ, TORRES e VENCOVSKY (1989)-----	68
Quadro 20. Estimativas das médias de produtividade de grãos, em Kg/ha, dos coeficientes (β_1 e $\beta_1 + \beta_2$) e desvios da regressão (s_{di}^2) e coeficientes de determinação (R^2) para as linhagens de feijão no ensaio VCU carioca em Minas Gerais segundo a metodologia de CRUZ, TORRES e VENCOVSKY (1989)-----	69
Quadro 21. Produtividade de grãos (Kg/ha), e estimativas de P_i geral, P_i favorável, P_i desfavorável suas classificações (class.) pela metodologia do trapézio quadrático ponderado pelo CV segundo CARNEIRO (1998), para 20 linhagens de feijão preto avaliadas em 12 ambientes no estado de em Minas Gerais-----	72
Quadro 22. Produtividade de grãos (Kg/ha), e estimativas de P_i geral, P_i favorável, P_i desfavorável suas classificações (class.) pela metodologia do trapézio quadrático ponderado pelo CV segundo CARNEIRO (1998), para 20 linhagens de feijão carioca avaliadas em 12 ambientes no estado de em Minas	

Gerais-----	73
Quadro 23. Produção média de linhagens de feijão nos ensaios de VCU preto e carioca nos ambientes favoráveis (Amb. Fav.) e desfavoráveis (Amb. Desfav.)-----	77
Quadro 24. Estratificação de ambientes, segundo a metodologia de MURAKAMI (2001) baseada na análise de fatores e avaliação de 20 linhagens de feijão preto em 12 ambientes no Estado de Minas Gerais-----	79
Quadro 25. Estratificação de ambientes, segundo a metodologia de MURAKAMI (2001) baseada na análise de fatores e avaliação de 20 linhagens de feijão carioca em 12 ambientes no Estado de Minas Gerais-----	79
Quadro 26. Escores dos quatros fatores para os 20 genótipos de feijão preto avaliados no ensaio de valor de cultivo e uso (VCU) no Estado de Minas Gerais-----	81
Quadro 27. Escores dos quatros fatores para os 20 genótipos de feijão carioca avaliados no ensaio de valor de cultivo e uso (VCU) no Estado de Minas Gerais-----	81
Quadro 28. Produtividade média das 20 linhagens de feijão preto, para os ambientes componentes de cada fator, avaliadas no ensaio de valor de cultivo e uso (VCU) no Estado de Minas Gerais-----	86
Quadro 29. Produtividade média das 20 linhagens de feijão carioca, para os ambientes componentes de cada fator, avaliadas no ensaio de valor de cultivo e uso (VCU) no Estado de Minas Gerais-----	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema da disposição dos quadrantes no gráfico bidimensional-----	19
Figura 2. Mapa com as distâncias relativas ao município de Viçosa-----	25
Figura 3. Ilustração da distância de um genótipo qualquer em relação a cultivar ideal dada pela diferença de área de trapézios-----	36
Figura 4. Comportamento fenotípico da linhagem carioca OP-S-16 pelo método de EBERHART e RUSSELL (a) e CRUZ, TORRES e VENCOVSKY (b)-----	70
Figura 5. Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos preto com base nos fatores 1 (inverno) e 2 (Viçosa – seca e inverno 2003) ---	82
Figura 6. Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos preto com base nos fatores 1 (inverno) e 3 (Ponte Nova e Florestal – seca 2003) -----	82
Figura 7. Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos preto com base nos fatores 1 (inverno) e 4 (Coimbra – seca 2003) -----	83
Figura 8. Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos preto com base nos fatores 2 (Viçosa – seca e inverno 2003) e 3 (Ponte Nova e Florestal – seca 2003) -----	83
Figura 9. Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos preto com base nos fatores 2 (Viçosa – seca e inverno 2003) e 4 (Coimbra – seca 2003)-----	84

Figura 10. Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos preto com base nos fatores 3 (Ponte Nova e Florestal – seca 2003) e 4 (Coimbra – seca 2003)-----	84
Figura 11. Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos carioca com base nos fatores 1 (Viçosa e Coimbra inverno 2002 e Viçosa - inverno 2003) e 2 (Coimbra e Florestal – seca 2003)-----	88
Figura 12. Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos carioca com base nos fatores 1 (Viçosa e Coimbra inverno 2002 e Viçosa - inverno 2003) e 3 (Viçosa e Capinópolis – Seca 2003)-----	88
Figura 13. Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos carioca com base nos fatores 1 (Viçosa e Coimbra –inverno 2002 e Viçosa - inverno 2003) e 4 (Ponte Nova/seca e Coimbra/inverno 2003) -----	89
Figura 14. Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos carioca com base nos fatores 2 (Coimbra e Florestal - seca 2003) e 3 (Viçosa e Capinópolis – seca 2003) -----	89
Figura 15. Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos carioca com base nos fatores 2 (Coimbra e Florestal – seca 2003) e 4 (Ponte Nova/seca e Coimbra/inverno 2003)-----	90
Figura 16. Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos carioca com base nos fatores 3 (Viçosa e Capinópolis – seca 2003) e 4 (Ponte Nova/seca e Coimbra/inverno 2003)-----	90

RESUMO

OLIVEIRA, Glauco Vieira, M. S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2004. **Estratificação ambiental, adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão**. Orientador: Pedro Crescêncio Souza Carneiro. Conselheiros: José Eustáquio de Souza Carneiro e Cosme Damião Cruz.

Dois ensaios de valor de cultivo e uso (VCU), um com feijão do grupo preto e outro do grupo carioca, foram conduzidos nas safras das “águas”, da “seca” e do “inverno”, nos municípios de Viçosa, Ponte Nova, Coimbra, Leopoldina, Florestal e Capinópolis, em Minas Gerais, nos anos de 2002 e 2003, com o objetivo de avaliar a interação genótipos por ambientes e investigar a eficiência de diferentes métodos para a obtenção de estimativas dos parâmetros adaptabilidade e estabilidade de 20 linhagens avaliadas em 14 ambientes (combinação de safras, anos e locais), bem como a estratificação dos ambientes, com base na produtividade de grãos. As linhagens, de diferentes instituições de origem, incluídas nestes ensaios apresentaram expressiva variabilidade genética, bem como os ambientes de cada ensaio apresentaram variação suficiente para discriminar o potencial destas linhagens, que também apresentaram comportamento diferenciado ao longo dos ambientes em função da ocorrência de interação genótipos por ambientes. Tanto a performance, em relação à produtividade, de algumas linhagens do tipo preto quanto carioca apresentou relação inversa às suas sensibilidades à ferrugem. Os subgrupos formados pela estratificação

ambiental, baseada no algoritmo proposto por Lin (1982), apresentaram, em sua maioria, ambientes referentes à safra de inverno, indicando, neste caso, pequeno efeito de locais sobre o comportamento das linhagens nesta safra. A decomposição da interação nas suas frações componentes simples e complexa, pela metodologia de CRUZ e CASTOLDI (1991), não foi eficiente em aprimorar o agrupamento com base no método tradicional de estratificação. A metodologia de estratificação ambiental de MURAKAMI (2001) foi mais eficiente em apontar a similaridade entre os ambientes do que aquela baseada no princípio de interação genótipos x ambientes não significativa, indicando seu potencial neste tipo de estudo. Para a recomendação de cultivares destacou-se o método de CARNEIRO (1998), baseado no trapézio quadrático ponderado pelo CV, em razão da unicidade do parâmetro MAEC, que englobou os conceitos de adaptação, adaptabilidade e estabilidade. Além da recomendação das linhagens para o grupo de ambientes em avaliação, o método permitiu avaliar o comportamento das linhagens em estudo. As linhagens Ouro negro e VI 5700P, de grãos pretos, e OP-NS-331, VI 4899C e VI 0669C, de grãos carioca, apresentaram adaptabilidade geral. Linhagens Valente e VP1, de grãos pretos, e OP-S-82, VC2 e OP-S-16, de grãos carioca, apresentaram adaptabilidade específica às condições favoráveis, ou seja, responsivas à melhoria das condições ambientais. Já para adaptabilidade específica às condições desfavoráveis destacaram-se as linhagens VI 5500P e VP5, de grãos pretos, e VC4, VC5 e VI 4599C, de grãos carioca, sendo, portanto, mais indicadas para os pequenos agricultores.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Glauco Vieira de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, February 2004. **Interaction genotypes for environment in the evaluation of common bean lines.** Adviser: Pedro Crescêncio Souza Carneiro. Committee members: José Eustáquio de Souza Carneiro and Cosme Damião Cruz.

Two studies of cultivation value and use (VCU), using black and carioca beans were carried in different sowing times: "waters", "drought" and "winter", in farm zone of the cities: Viçosa, Ponte Nova, Coimbra, Leopoldina, Florestal and Capinópolis, in Minas Gerais State, during years 2002 and 2003. The objective was evaluate genotypes x environment interaction and investigate the efficiency of different methods to estimate parameters of adaptability and stability of 20 lines evaluated in 14 ambients (combination of sowing times, years and places), as well as environmental stratification, based in grains yield. The lines from different origin, used in these experiments presented genetic variability, as well as the environmental component of each experiments, presented enough variation to discriminate the lines potential. The lines also presented behavior differentiated along the environmental as function of genotypes x environments interaction. Performance related to the productivity, of some lines of black bean as carioca beans presented inverse relationship to their sensibilities to rust. Subgroups formed by the environmental stratification, based on the algorithm proposed by Lin (1982), presented majority ambient regarding the winter

sowing dates, indicating, in this case, little effect of places on lines behavior in this harvest. The decomposition of interaction in their components fractions simple and complex, by CRUZ and CASTOLDI (1991), methodology was not efficient to improve grouping based in traditional method of stratification. The methodology of environmental stratification proposed by MURAKAMI (2001) was more efficient to showing similarity among environments than the methodology based in the principle of genotypes x environments interaction no significant, indicating in potential for use in studies like this. For cultivate recommendation stood out the CARNEIRO (1998) methods, based on the quadratic trapezium meditated by CV, in reason of unique parameter MAEC, that included the adaptation, adaptability and stability concepts. Besides, the recommendation of the lines for group of environments evaluates, the method allowed to evaluate the behavior of lines studied. Lines Ouro Negro and VI 5700P, of black grains, and OP-NS-331, VI 4899C and VI 0669C of carioca grains, presented general adaptability. Lines Valente and VP1, of black grains, and OP-S-82, VC2 and OP-S-16, of carioca grains, presented specific adaptability to favorable conditions, in other words, responsiveness to improvement environmental conditions. To specific adaptability in unfavorable conditions pointed out lines VI 5500P and VP5, of black grains, and VC4, VC5 and VI 4599C, of carioca grains, being, therefore, more suitable for smaller farmers.

1. INTRODUÇÃO

Uma das grandes dificuldades de se fazer, com sucesso, o melhoramento genético do feijoeiro, em nível de Brasil, são as variadas condições ambientais a que a cultura está exposta, pois o feijoeiro é cultivado em praticamente todos os estados brasileiros, em diversas condições edafo-climáticas e em diferentes épocas e sistemas de cultivo (CARNEIRO, 2002). Ainda ocorre ampla variação no nível tecnológico que vai desde o agricultor de subsistência até o grande produtor, hoje denominado de empresário agrícola. Os ambientes a que estão sujeitos a cultura do feijoeiro podem ser caracterizados por anos, locais, safras e nível tecnológico. Entretanto, nos programas de melhoramento do feijão, seja pela escassez de recursos humanos e financeiros, ou seja pelas dificuldades inerentes à própria cultura ou estratégia de melhoramento adotada, as populações segregantes, com raríssimas exceções, são avançadas ou submetidas à seleção em um único local (RAMALHO et al., 1993c). Assim, pode-se estar selecionando linhagens com adaptação específica a determinados ambientes, o que reduz a região de abrangência de recomendação de cultivares e a eficiência dos programas de melhoramento, forçando a seleção de maior número de linhagens que serão, na etapa final,

avaliadas em diversos ambientes visando a recomendação de algumas delas.

Maior ênfase tem sido dada à interação genótipos x ambientes na fase final dos programas de melhoramento, ou seja, na fase de avaliação das linhagens nos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU), em que as linhagens desenvolvidas pelos programas de melhoramento, juntamente com as testemunhas (cultivares utilizadas pelos agricultores) são avaliadas por no mínimo dois anos em diferentes locais e safras. Alguns trabalhos, evidenciam ser a interação genótipos x safras a mais importante quando comparada com interações de genótipos com anos ou locais na cultura do feijoeiro. Uma hipótese é que isto se deve, principalmente, a ocorrência de determinadas doenças em cada safra, decorrentes de suas peculiares condições edafo-climáticas.

Diversas estratégias são adotadas para contornar os inconvenientes proporcionados pela interação GxA, sendo os estudos de adaptabilidade e estabilidade os preferidos por vários autores, existindo para tal mais de uma dezena de metodologias. A portaria Nº 294 do Ministério da Agricultura, que trata da Lei de Proteção de Cultivares estabelece os critérios mínimos a serem observados nos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) de feijão. Entretanto, não define um ou mais métodos para a estimativa de adaptabilidade e estabilidade para a recomendação de linhagens.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a interação genótipos x ambientes nos ensaios de VCU's de feijão dos grupos preto e carioca conduzidos nos anos 2002 e 2003, bem como investigar a eficiência de diferentes métodos, utilizados na obtenção de estimativas da adaptabilidade e estabilidade, com vistas à recomendação de linhagens de feijoeiro para o Estado de Minas Gerais e estratificação ambiental.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Feijão: aspectos gerais

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de feijão e o primeiro quando se considera apenas a espécie *Phaseolus vulgaris*. A importância dessa produção deve-se ao fato de que o feijão, além de constituir um dos alimentos básicos da população brasileira, é uma das principais fontes de proteína na dieta alimentar dos estratos sociais economicamente menos favorecidos.

No Brasil o consumo *per capita* de feijão ao longo dos últimos 40 anos apresentou uma tendência decrescente da ordem de 1,3% ao ano, enquanto a população cresceu 2,2%. Porém, o decréscimo não ocorreu de forma contínua, existindo oscilações entre os anos. Na década de 60, Junqueira et al. (1971), citados por FERREIRA et al. (2002), mostraram que a queda de consumo estava associada à questões de clima, pragas e doenças e de outros problemas agrônômicos, bem como os de política agrícola. Alguns estudos mostram que o processo de urbanização explica mais da metade da redução no consumo no período compreendido entre meados da década de 70 e final dos anos 80. Entre outros fatores, esta rápida urbanização associada à crescente inserção da mulher no mercado de trabalho, provocaram um efeito acentuado nas mudanças do hábito alimentar da população e originaram novas demandas quanto à qualidade, apresentação, facilidade e menor tempo de preparo dos alimentos. Uma pequena parcela

da mudança de hábito alimentar pode ser relatada, pois neste período os preços reduziram em média 10% e o consumo diminuiu em cerca de 30%.

Uma situação que requer atenção refere-se ao fato que no início do Plano Real o consumo de feijão aumentou de 16 kg/hab/ano (1990-1993), para 18kg/hab/ano, mantendo-se neste patamar pelos dois anos seguintes. No final da década de 90, contudo, o consumo *per capita* voltou a cair para 16kg/hab/ano. Este fato induz a suposição sobre o porquê, após a implantação do plano real, o aumento verificado não foi mantido, como aconteceu para outros produtos (carne, leite e derivados, cereais matinais etc.). Uma parcela dos consumidores passou a se interessar com mais veemência pelo fator saúde, por outro lado, a outra parcela dos consumidores tem optado pela “modernidade”, representada pelas “marcas globais” e *fast food* (FERREIRA et al., 2002). Apesar de todos os percalços, a população brasileira, seja por motivos culturais, econômicos ou nutricionais, continuará consumindo feijão. A projeção, até 2005, indica que, independente da taxa de crescimento e renda, o consumo *per capita* de feijão permanecerá em níveis elevados, comparados aos níveis de outros países, embora se observe que a tendência de redução do consumo, mesmo lenta, será mantida. Assim, pode-se inferir que essa leguminosa continuará sendo importante para a alimentação do brasileiro.

A preferência por determinado tipo de grão varia com a região. De acordo com RAMALHO e ABREU (1998) em Minas Gerais, na Zona da mata, a preferência recai sobre os grãos de cores preta, vermelha e do tipo carioca. No Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro, os feijões de cores roxa e amarela ocupam uma parcela do mercado, mas a maior preferência é para o tipo carioca, o mesmo ocorrendo nas demais regiões do Estado.

O feijão continua numa posição de destaque no agronegócio brasileiro, apesar da forte concorrência de produtos mais voltados para o mercado externo, pois, no período de 1990 a 2002 respondeu por 5,2% da renda agrícola total, sendo o oitavo produto em renda, ficando atrás da soja (17,1%), milho (13,9%), cana-de-açúcar (13,5%), café (8,1%), laranja (7,4%), banana (7,08%) e arroz (7,05%). FERREIRA et al. (2002) observaram que no período de 1994 a 2001, a produção de feijão no Brasil representou 4,2 milhões de reais, no PIB, o que equivale à cerca de 0,39% do PIB Nacional.

Os autores ressaltam ainda que esses valores não incluem a produção de auto-consumo (feijão consumido na maioria pelos próprios agricultores familiares), que na década de 60 era cerca de 40% do consumo total.

O feijão tem uma ampla adaptação edafo-climática, o que permite seu cultivo durante todo o ano, em quase todos os estados da federação, possibilitando constante oferta do produto no mercado. Outra característica dessa leguminosa é possibilitar a sua produção em diversos ecossistemas tropicais e temperados, em monocultivo e/ou consórcio, nos mais variados arranjos de plantas inter e intraespecíficos, o que favorece a diversificação na produção, mas limita uma maior integração na sua cadeia produtiva. A comercialização do feijão no mercado interno é muito instável, devido a sua rápida perda de qualidade e à grande influência que exercem os "atravessadores" na formação do preço final do produto (Embrapa Arroz e Feijão, 2002).

Considerando a diversidade fisiográfica do país e a adaptação do feijoeiro a diversas condições de clima e solo, é possível explorar a cultura em três épocas diferentes, no mesmo ano. A safra "das águas", cujo plantio é feito de agosto a novembro, com predominância na região sul; o plantio "da seca", realizado de fevereiro a março, abrangendo a maioria dos estados produtores e "do inverno", de abril a julho realizada nas regiões centro-oeste e sudeste.

As duas primeiras safras são responsáveis por 90% da produção nacional que provém de 2,9 milhões de hectares de lavouras de pequenos e médios produtores que utilizam, na sua maioria, mão-de-obra familiar com baixo nível tecnológico, o que reflete em uma produtividade média de 776 kg/ha, considerada baixa. A safra de inverno, de aproximadamente 156.000 hectares, garante os 10% restantes da produção e tem como origem lavouras com alto nível tecnológico, onde a irrigação é essencial para alcançar altas produtividades, podendo atingir mais de 3.000 kg/ha. Desta maneira ficam bem caracterizadas três safras de produção de feijão, cujos ciclos de desenvolvimento devem coincidir com o maior número de fatores de ambiente que propiciem o máximo rendimento produto (Embrapa Arroz e Feijão, 2002).

2.2. Avaliação e recomendação de cultivares de feijão no Brasil

Com a finalidade de coordenar, promover a avaliação e subsequente recomendação de cultivares de feijão no país, foi instituída em 21/07/81 pela Portaria MA 178, do Ministério da Agricultura, a Comissão Regional de Avaliação e Recomendação de Cultivares de Feijão (CRC-Feijão). Essa comissão tinha como objetivo fornecer, anualmente, uma relação das cultivares recomendadas e suas áreas de atuação. Portanto, a partir dessa data foi instituída uma recomendação oficial de cultivares.

Em 1982 foram criadas as Comissões Técnicas Regionais, com o objetivo de subsidiar a CRC na sua função. Seguindo o mesmo critério da CRC, o Brasil foi dividido em três regiões, sendo a região I composta pelos estados do sul (RS, SC, e PR), a região II pelos estados da região centro-oeste e sudeste (MT, MS, GO/DF, MG, SP, RJ, e ES) e a região III pelos estados do nordeste e norte (BA, SE, PE, AL, PB, RN, PI, CE, MA, PA, AM, AC, RO, TO, RR e AP). Assim, foi instituída uma estratégia de avaliação de linhagens de forma integrada e participativa, envolvendo todas instituições de pesquisa do País. Tal estratégia foi viabilizada por meio dos ensaios nacionais, em que cada instituição tinha a oportunidade de avaliar o comportamento de suas linhagens em outras regiões, assim como introduzir linhagens de outros programas de melhoramento.

Até o ano de 1992, as instituições de pesquisa recebiam os ensaios nacionais e com base em seus resultados, selecionavam as melhores linhagens para os ensaios estaduais. A partir de 1993, foi criado o ensaio regional, composto pelas melhores linhagens do ensaio nacional, numa dada região (I, II ou III, conforme descrito anteriormente). Assim, a Embrapa Arroz e Feijão passou a ter a responsabilidade de enviar os ensaios nacionais e regionais a todas as instituições de pesquisa que os solicitassem. Com isso, o ensaio regional passou a ser o ensaio final ou estadual, de onde se obtinham informações que subsidiavam a recomendação de novas cultivares.

No período de 1982 a 1995, foram difundidas, no Brasil, 1122 linhagens, oriundas de diversas instituições. Dessas, 68 foram

recomendadas, sendo que 35 foram introduzidas via ensaio nacional (CARNEIRO, 2002).

Em 31/12/97 extinguiram-se as antigas CRCs através da Portaria 527 e instituiu-se o Registro Nacional de Cultivares (RNC) como única listagem oficial de cultivares habilitados para produção e comercialização de sementes em todo o território nacional.

Para assegurar o direito à propriedade intelectual dos obtentores de novas variedades vegetais no Brasil foi sancionada, em 25 de abril de 1997, a Lei de Proteção de Cultivares (LPC), de nº 9456, e as conseqüentes portarias e regulamentações. A LPC confere o direito de proteção sobre o material de reprodução ou de multiplicação vegetativa da planta inteira. Para que uma cultivar possa ser legalmente protegida, deve-se atender comprovadamente a três requisitos: distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade; apresentar a característica de “novidade” e integrar a lista oficial de cultivares passíveis de proteção. Portanto, com o sancionamento da LPC foi abolido o conceito de “recomendação oficial de cultivares” surgindo o termo VCU para determinar o valor de uma nova cultivar visando o seu registro, denominado Valor de Cultivo e Uso, através da Portaria 294 de 14/10/98 do Ministério da Agricultura. Toda a responsabilidade da recomendação foi transferida ao obtentor da cultivar, que também passou a assumir toda a responsabilidade perante o Código de Defesa do Consumidor.

A Portaria N.º 294 de 14 de Outubro de 1998, estabelece os critérios mínimos a serem observados nos ensaios para determinação do Valor de Cultivo e Uso (VCU) de cultivares de algodão, arroz, batata, feijão, milho, soja, sorgo e trigo e disponibiliza os respectivos formulários para solicitação de inscrição de cultivares no RNC. A inscrição de cultivares no RNC deverá ser requerida por pessoa física ou jurídica que obtiver, introduzir ou detiver os direitos de exploração de novas cultivares no País. Os melhoristas deverão comunicar, previamente, ao Serviço Nacional de Proteção de Cultivares - SNPC a data de início e local de instalação dos ensaios de VCU, para fins de inspeção pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento ou órgão/entidade delegada.

Quanto ao VCU da cultura do feijoeiro, tem-se algumas exigências, como abaixo:

- a) Número de locais: 3 (três) locais por região edafo-climática de importância para a cultura, para cada época de cultivo (águas, seca e inverno).
- b) Período mínimo de realização: dois anos.
- c) Tratos culturais: recomenda-se não efetuar o controle de doenças, exceto o tratamento de sementes. As pragas deverão ser controladas sempre que necessário. O uso de irrigação é recomendado somente para o estabelecimento da população inicial de plantas ou quando esta prática for usual no sistema de produção utilizado. Se houver interesse por parte do requerente/responsável pela cultivar, dados adicionais de ensaios conduzidos com controle químico de doenças poderão ser apresentados.

O delineamento experimental deverá ser conduzido da seguinte maneira:

- a) Blocos casualizados com no mínimo três repetições, ou outro delineamento com igual ou maior precisão experimental.
- b) Dimensão das parcelas: as parcelas deverão ser constituídas de no mínimo quatro fileiras de 4 metros de comprimento, desprezando-se as duas fileiras laterais.
- c) Testemunhas: deverão ser utilizadas no mínimo duas cultivares inscritas no RNC, por grupo de cor, sendo que a escolha deverá obedecer aos seguintes critérios: c.1) cultivar mais plantada na região ou a cultivar com maior potencial de rendimento e c.2) cultivar de livre escolha.
- d) Análise estatística: Os ensaios deverão ser analisados estatisticamente, sendo que serão considerados aqueles que apresentarem coeficiente de variação (CV) de no máximo 20%.

As características a serem avaliadas dentre outras são:

- a) Características agronômicas:

- a.1) Hábito de crescimento: determinado ou indeterminado;

- a.2) Porte: ereto, semi ereto ou prostrado, a ser determinado na maturação fisiológica;

- a.3) Reação a doenças:

- Antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*): resistente, intermediária, suscetível;

Crestamento-bacteriano-comum (*Xanthomonas campestris* pv *phaseoli*): resistente, intermediária, suscetível;

Ferrugem (*Uromyces phaseoli* var. *typica*): resistente, intermediária, suscetível;

Mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*): resistente, intermediária, suscetível;

Mosaico-comum (BCMV): resistente, suscetível;

Mosaico-dourado (VMDF, BGMV): resistente, intermediária, suscetível, sem informação;

Murcha-de-Fusarium (*Fusarium oxysporum*): resistente, intermediária, suscetível, sem informação;

b) Observação: qualquer informação adicional poderá ser acrescentada.

CARNEIRO (2002) acredita que para culturas como o feijoeiro, a Lei de Proteção de Cultivares não trará grandes mudanças, pelo fato da cultura ser predominantemente de agricultura familiar, em que os agricultores utilizam suas próprias sementes. Isto desestimula as empresas privadas a investir no melhoramento e produção de sementes para esta cultura. Assim, tem predominado os programas de melhoramento de feijão em instituições públicas. Contudo o autor começa a perceber algumas restrições em termos de intercâmbio de germoplasma e de informações técnicas.

A partir de 2002, as instituições UFV (Universidade Federal de Viçosa), EPAMIG – (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), UFLA (Universidade Federal de Lavras) e Embrapa Arroz e Feijão firmaram um convênio para avaliação e recomendação de cultivares de feijão. As linhagens desenvolvidas por cada uma destas instituições são incluídas nos ensaios de VCU para a conseqüente recomendação e lançamento no Estado, ficando o direito de propriedade conferido ao convênio. A cultivar de feijão Talismã, de grãos tipo carioca, foi o primeiro lançamento feito em nome do referido convênio. (RAMALHO et al., 2002b)

2.3. Interação genótipos por ambientes

O valor fenotípico de um indivíduo, quando avaliado em um ambiente, é o resultado do efeito genotípico sob a influência do ambiente ao qual é submetido. No entanto, ao avaliar o mesmo indivíduo em vários ambientes, surge freqüentemente, um componente adicional que influencia o seu valor fenotípico, que é denominado interação entre os efeitos genotípicos e os ambientais. Essa interação quantifica o comportamento diferenciado dos genótipos diante das variações ambientais. A interação significativa é um indicativo de que podem existir genótipos particulares para ambientes específicos (SANTOS, 1980).

Segundo CARNEIRO (2002), no Brasil, o feijoeiro é cultivado em praticamente todos os estados, nas mais variadas condições edafo-climáticas e em diferentes épocas e sistemas de cultivo. Aliado a isso, ocorre ampla variação no nível tecnológico, que vai desde o agricultor de subsistência até o empresário agrícola. Portanto, fica evidente a grande dificuldade para realizar, com sucesso, o melhoramento do feijoeiro nas condições brasileiras. Além do mais, nas condições tropicais, o melhorista tem um desafio muito maior do que aqueles das regiões temperadas. A instabilidade climática e a heterogeneidade dos solos são maiores nas condições tropicais, exigindo que as cultivares recomendadas aos agricultores contemplem alta produtividade de grãos e maior estabilidade (PATERNIANI, 1986).

A existência da interação está associada a duas frações. A primeira, denominada simples, é proporcionada pela diferença de variabilidade entre genótipos nos ambientes, ou seja, esta fração da interação representa a ocorrência da resposta diferencial dos genótipos nos diferentes ambientes, porém a posição relativa de cada genótipo não é alterada. A segunda, denominada complexa, é dada pela falta de correlação entre os genótipos, ou seja, esta fração da interação representa a ocorrência da alteração na ordem de classificação dos genótipos nos ambientes avaliados (CRUZ e REGAZZI, 2001).

A interação não só interfere na recomendação de cultivares, como dificulta o trabalho do melhorista em relação a vários aspectos. Além do mais, a ocorrência de interação complexa entre as progênes irá diminuir a eficiência do programa de melhoramento, porque a seleção é normalmente realizada na média dos vários ambientes, o que não garante a seleção das melhores progênes para cada ambiente. Portanto, é consenso que a interação $G \times A$ é um desafio para os melhoristas, pois afeta diretamente o processo com a seleção (RAMALHO et al., 1993c).

Na cultura do feijoeiro, os ambientes podem ser caracterizados por anos, locais e safras. A decomposição da interação e avaliação da magnitude das interações genótipos x locais, genótipos x anos, genótipos x safras é de grande importância, pois orientam o planejamento e as estratégias do melhoramento, além de serem determinantes na recomendação de cultivares (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992).

RAMALHO et al. (1993b), ao analisarem os resultados de experimentos de cultivares de feijoeiro no Estado de Minas Gerais, em 16 ambientes, envolvendo dois locais e duas épocas de semeadura, verificaram, em termos de produtividade de grãos, que os efeitos de local, ano, época de semeadura e cultivar foram responsáveis por mais de 50% da variação total. As interações envolvendo cultivares, que são as mais importantes, revelaram pequena participação na variação total (14%), sendo a interação cultivar x época de plantio (safra) a mais expressiva. Os autores concluíram que as futuras avaliações de cultivares de feijoeiro deveriam ser realizadas durante as várias épocas, em detrimento de alguns locais. Diferenças no comportamento de linhagens e cultivares de acordo com a época de plantio também foram observadas por MIRANDA et al. (1993).

RAMALHO et al. (1998) constataram que a interação cultivares x safras foi mais importante que cultivares x locais e cultivares x anos na cultura do feijoeiro. Posteriormente, RAMALHO et al. (2002c), estudando o efeito das diferentes safras para a interação, observaram que a semeadura das águas, da seca e do inverno contribuíram com 29,42%, 23,54% e 47,04% para a interação genótipos x safras, respectivamente, concluindo que para se ter uma recomendação mais segura é indispensável que as avaliações sejam conduzidas nas três safras.

Estudos a respeito da interação genótipos x ambientes, apesar de serem de grande importância para o melhoramento, não proporcionam informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais. Para tal objetivo, realizam-se análises de adaptabilidade e estabilidade, pelas quais torna-se possível a identificação de cultivares de comportamento previsível e que sejam responsivas às variações ambientais, em condições específicas ou amplas (CRUZ e REGAZZI, 2001).

A indicação generalizada, sem considerar que há ambientes favoráveis ou desfavoráveis ao cultivo do feijoeiro, beneficia as cultivares com as maiores produtividades nos ambientes bons e que podem produzir mal nos piores ambientes. Além disso, é possível que, em certas localidades, um dos cultivares se destaque, enquanto, em outras, uma cultivar diferente o suplante. Essa diferença de comportamento dos cultivares nos distintos ambientes é explicada pela interação genótipos x ambientes (MIRANDA et al., 1997).

Na etapa inicial e intermediária do melhoramento do feijoeiro, com raríssimas exceções, não se dá a devida atenção à interação, pois as populações segregantes são avançadas ou submetidas à seleção em um único local. Assim, pode-se estar selecionando linhagens com adaptação a um ambiente específico, o que reduz a região de abrangência de recomendação da cultivar e a eficiência dos programas de melhoramento. Este fato foi observado em um estudo realizado por PIROLA (2000), quando avaliou progênies $F_{14:16}$ oriundas de uma população conduzida em “bulk” em três localidades distintas no sul de Minas. O trabalho evidenciou que a seleção natural atuou preservando os indivíduos mais adaptados a um ambiente particular. Vários outros estudos realizados com o feijoeiro em que se avaliaram progênies em diferentes gerações e/ou locais, também observaram marcante interação (ABREU et al., 1990; TAKEDA et al., 1991; RAPOSO, 1999; PIROLA, 2000; SANTOS, 2001; CARNEIRO, 2002).

A escolha de vários locais para o ensaio de competição de linhagens é importante, uma vez que, visa a obtenção de uma boa divergência de condições ambientais, que possam refletir no desempenho da cultura e,

conseqüentemente, nas inferências genéticas a respeito dos resultados obtidos (CARNEIRO, 2002).

2.3.1. Medidas mitigadoras da interação

2.3.1.1. Capitalização da interação

A capitalização da interação é uma das propostas para atenuar o efeito da interação (RAMALHO et al., 1993c). Ela consiste na identificação de cultivares específicas para cada ambiente. Embora tecnicamente possível, torna-se dispendiosa pois a gama de ambientes é muito grande, não sendo economicamente viável a avaliação dos materiais em todos eles. Duas outras alternativas são apresentadas pelos autores, que são a estratificação dos ambientes e a indicação de cultivares fenotipicamente estáveis.

2.3.1.2. Estratificação ambiental

A estratificação de ambientes consiste em subdividir a área heterogênea em sub-regiões mais uniformes, de modo que não haja interação significativa das cultivares com os ambientes. Porém, essa metodologia só é coerente para a interação genótipos x locais e não para genótipos x anos e/ou genótipos x locais x anos (EBERHART e RUSSELL, 1966), o mesmo acontecendo para interação genótipos x safras.

CRUZ e REGAZZI (2001) apresentam duas formas de estratificação ambiental. A primeira, com base no algoritmo de Lin (1982), agrupa os genótipos que se comportam de modo semelhante e entre os quais, em consequência, a interação é não significativa. A segunda, com base na expressão proposta por Cruz e Castoldi (1991) em que são agrupados os ambientes cujos pares apresentem interação GxA de natureza simples em predominância.

CARBONELL e POMPEU (1997) propuseram estratificação ambiental dentro de cada safra onde a interação fosse não significativa. Segundo os autores, esta proposta serve para identificar ambientes específicos para a seleção e avaliação de genótipos resistentes ou tolerantes aos fatores desta

interação (doença, temperatura, estiagem, etc). Estes autores concluíram que os ambientes contrastantes foram identificados principalmente em decorrência de doenças como antracnose, mancha-angular, fusariose e bacteriose.

2.3.1.3. Recomendação baseada na adaptabilidade e estabilidade

EBERHART e RUSSELL (1966) e TAI (1971) afirmam que a medida mais eficiente, menos onerosa e mais fácil para amenizar as influências da interação genótipos x ambientes é a obtenção de cultivares com maior estabilidade. Para MONGE (1981), o melhorista de feijão, tal qual o de qualquer outra cultura, sempre procura obter materiais genéticos de altos rendimentos. Não obstante, a experiência mostra que, no caso do feijão, os agricultores, embora não rejeitem as cultivares de alta produtividade, preferem os que tenham comportamento mais consistente no tempo. Assim, a adaptabilidade e a estabilidade de rendimento são, portanto, dois conceitos importantes para um programa de melhoramento de feijão.

Atualmente há mais de uma dezena de metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade destinadas à avaliação de um grupo de materiais genotípicos testados.

O método tradicional considera a variação de ambientes dentro de cada genótipo como estimativa de estabilidade, ou seja, o genótipo que proporcionar menor quadrado médio, nos vários ambientes, é considerado o mais estável. MIRANDA et al. (1997) verificaram que no feijoeiro as cultivares mais produtivas foram as menos estáveis por este método, confirmando as afirmativas de CRUZ e REGAZZI (2001). A literatura relata, freqüentemente, a existência de correlação positiva e de alta magnitude entre a produtividade de grãos e a variação de cada genótipo ao longo dos ambientes, ou seja, os materiais que não respondem a melhoria do ambiente, considerados de maior estabilidade biológica, são os menos produtivos (LIN et al., 1986). Neste sentido, RAMALHO et al. (1993a), avaliando cultivares precoces de feijão, relataram que apesar da afirmativa acima, a estabilidade biológica não foi plenamente constatada, haja vista que a correlação entre os coeficientes de regressão e a produtividade média

de grãos, apesar de positiva, foi não significativa ($r=0,32$). Estes mesmos autores ressaltam que, de um modo geral, as progênies mais precoces foram as mais instáveis, e as que mostraram menor resposta à melhoria do ambiente, foram as mais produtivas.

Métodos propostos por PLAISTED e PETERSON (1959) e WRICKE (1965) quantificam a contribuição relativa de cada genótipo para a interação genótipos x ambientes, permitindo identificar aqueles de maior estabilidade.

Os métodos propostos por FINLAY e WILKINSON (1963) e EBERHART e RUSSELL (1966) baseiam-se em análise de regressão linear, os quais medem a resposta de cada genótipo às variações ambientais.

MONGE (1981) analisou dados de produção de linhagens e cultivares de feijão preto, em 124 experimentos conduzidos em 80 localidades de 20 países, durante quatro anos, verificando que os dados de adaptabilidade da maioria do material testado foram semelhantes, apresentando alto grau de correlação positiva ($r > 0,79$) entre as estimativas de adaptabilidade obtidas pelo método de EBERHART e RUSSELL (1966) e de PLAISTED e PETERSON (1959).

A metodologia proposta por EBERHART e RUSSELL (1966) diferencia basicamente da de FINLAY e WILKINSON (1963) pela adoção do desvio da regressão como estimativa de estabilidade. Esse desvio é entendido como a previsibilidade da produção do material genético sob estímulo ambiental. O índice ambiental é obtido pela diferença entre a média de todos os cultivares, em dado ambiente, e a média geral. Quando a cultivar apresentar desvio de regressão não significativo, seu comportamento terá alta previsibilidade segundo uma resposta dada pelo coeficiente de regressão linear. O coeficiente de regressão linear (β_1), por sua vez, estima a adaptabilidade da cultivar, ou seja, sua capacidade de aproveitar vantajosamente o estímulo ambiental. Considerando esse parâmetro, os genótipos podem ser classificados como de adaptabilidade geral ($\beta_1 = 1$), específica a ambientes favoráveis ($\beta_1 > 1$) ou a ambientes desfavoráveis ($\beta_1 < 1$). CRUZ e REGAZZI (2001) utilizam o coeficiente de determinação (R^2) como medida auxiliar de estabilidade na decisão de selecionar genótipos, considerando que os cultivares que apresentam R^2

acima de 80%, mesmo com desvios de regressão significativos, podem ser selecionados.

Os métodos baseados em regressão, embora sejam de emprego generalizado, possuem limitações que têm sido freqüentemente relatadas na literatura. CRUZ e CARNEIRO (2003) e DUARTE e VENCOVSKY (1999) argumentam que a análise de regressão linear não é informativa se a linearidade falhar, sendo altamente dependente do grupo de genótipos e ambientes incluídos e tende a simplificar modelos de resposta, explicando a variação devida à interação em uma única dimensão, quando na realidade ela pode ser bastante complexa.

VERMA et al. (1978) propuseram uma dupla análise de regressão, uma para ambientes favoráveis (índices positivos) e outra para ambientes desfavoráveis (índices negativos). O genótipo ideal seria aquele de média elevada, baixa sensibilidade aos ambientes desfavoráveis ($\beta_{1i} < 1$) e responsivos à melhoria do ambiente ($\beta_{2i} > 1$). Esse conceito tem sido utilizado tanto na metodologia proposta por SILVA e BARRETO (1985) quanto nas de CRUZ et al. (1989) e CARNEIRO (1998).

SILVA e BARRETO (1985) propuseram a utilização de uma única regressão linear constituída de dois segmentos de reta, com união no ponto correspondente no valor zero do índice ambiental. CRUZ et al. (1989) aprimoraram essa metodologia, tornando-a estatisticamente mais adequada. Nessas duas técnicas permanece a concepção original de adaptabilidade e estabilidade proposta por VERMA et al. (1978), que permite a caracterização de cada genótipo por dois coeficientes de regressão, ao invés de um, como em FINLAY e WILKINSON (1963) e EBERHART e RUSSELL (1966), além do uso dos desvios de regressão para estimar a previsibilidade de comportamento de cada genótipo. Assim, nos ambientes desfavoráveis, o parâmetro que descreve a adaptabilidade é o coeficiente de regressão β_{1i} , e nos ambientes favoráveis é o coeficiente dado pela soma dos coeficientes β_{1i} e β_{2i} . Já o parâmetro que descreve a estabilidade é o componente da variância do desvio da regressão (σ_{di}^2).

LIN e BINNS (1988) desenvolveram uma metodologia de análise de adaptabilidade e estabilidade com base em um modelo não-paramétrico, que permite a identificação de genótipos com desempenho próximo ao máximo nos vários ambientes testados. Essa metodologia consiste em estimar para cada genótipo a estatística P_i , definida como o quadrado da distância entre o genótipo i e a resposta máxima observada entre todos os genótipos no ambiente j . Deste modo, o genótipo ideal será aquele que apresentar a menor estimativa de P_i , ou seja, aquele que apresenta o melhor desempenho no maior número de ambientes possível. Essa metodologia foi aprimorada por CARNEIRO (1998), que decompôs o estimador P_i nas partes devidas à ambientes favoráveis e desfavoráveis, introduziu o conceito de genótipo ideal definido por VERMA et al. (1978) e também utilizou o princípio de cálculo de áreas, segundo HERNANDES et al. (1993), apresentando o método do trapézio quadrático ponderado pelo coeficiente de variação residual (CV) – multivariado, além de outros métodos. CARNEIRO (1998) ainda ressalta que essa metodologia permite que dados como avaliação de doenças, cujo julgamento são notas, ou altura de plantas, cujo valor desejado é fixo, sejam avaliados em conjunto com outras variáveis, como exemplo, produtividade de grãos, bem como considera o conceito de genótipo ideal de VERMA et al. (1978) e a similaridade entre os ambientes desconsiderada na análise de regressão.

Estudando o comportamento de linhagens de feijoeiro no Estado de São Paulo quanto à adaptabilidade e estabilidade, CARBONELL e POMPEU (2000), conduziram dois grupos de experimentos instalados nas épocas das águas (setembro-outubro), da seca (janeiro-fevereiro) e de inverno (maio-junho). Os autores concluíram que diversos genótipos comportaram-se como responsivos e estáveis nos experimentos realizados e que os resultados sugerem a possibilidade de direcionar a recomendação de cultivares com a escolha das linhagens mais adaptadas e responsivas às específicas épocas de cultivo. Posteriormente, CARBONELL et al. (2001) sugeriram que o comportamento diferencial em relação à adaptabilidade ou à responsividade das cultivares nas épocas de plantio deve-se, provavelmente, à presença ou ausência de patógenos e, em alguns casos, de suas raças, nas diferentes épocas. Todavia, a avaliação da produtividade média contemplada no

estudo, em conjunto com a estabilidade, possibilitou alguma segurança na recomendação de cultivares, mesmo na ausência de análise de dados de incidência de doença. Nessas circunstâncias, a resistência é avaliada como proteção contra a perda de produção, considerando-se que as cultivares resistentes seriam aquelas mais produtivas e estáveis e, portanto, com a menor perda. Foi constatado neste estudo que o método de LIN e BINNS (1988), modificado por CARNEIRO (1998), mostrou resultados mais informativos e consistentes, indicando que as cultivares mais estáveis e responsivas foram também as mais produtivas.

Um dos fatores que mais afetam a recomendação de cultivares, além das condições edafo-climáticas, são os diferentes patógenos a ela associados. Neste sentido, PEREIRA et al. (1987) identificaram a linhagem ESAL 502 como a mais produtiva do experimento, porém esta linhagem apresentou baixo rendimento em Lavras (MG) devido ao ataque severo da antracnose. Essa doença também foi determinante no estudo dos parâmetros de estabilidade das cultivares Carioca e ESAL 639 (ABREU et al., 1992).

A cultivar Ouro Negro foi apontada como de alto potencial produtivo e estável em vários ambientes contrastantes por BORGES et al., (2000) e RAMALHO et al. (2002a) nas safras das águas, da seca e do inverno, devido a sua resistência as doenças fúngicas mais importantes da cultura. Entretanto MIRANDA et al. (1993), recomendam a utilização dessa cultivar na Zona da Mata de Minas Gerais, apenas no inverno devido à sua susceptibilidade ao crestamento-bacteriano-comum. Outras doenças vêm sendo relatadas como determinantes dos diferentes desempenhos de cultivares avaliadas em diferentes locais e épocas de plantio (RAMALHO et al., 1993a; RAMALHO et al., 2002a, CORTE et al., 2001; entre outros).

2.3.1.4. Recomendação baseada simultaneamente na estratificação e adaptabilidade

A análise combinada de estratificação de ambientes e da adaptabilidade é sugerida por MURAKAMI (2001) com base na análise de fatores. A análise de fatores é uma técnica multivariada que permite reduzir um número elevado de variáveis originais, observadas, a um pequeno

número de variáveis abstratas, os fatores. As variáveis são agrupadas por meio de suas correlações e as que caracterizam determinado fator estão fortemente correlacionadas entre si, mas fracamente em outro fator. Nas situações em que apenas dois fatores sejam suficientes para explicar mais de 80% da variação total, os escores dos genótipos são plotados num plano bidimensional, de modo a estabelecer quatro quadrantes (Figura 1). No quadrante I estão situados aqueles genótipos de adaptabilidade ampla; nos quadrantes II e IV, genótipos com adaptabilidade específica às sub-regiões determinada pelo fator da ordenada e abcissa, respectivamente, e aqueles localizados no quadrante III, genótipos ruins, de baixo desempenho e passíveis de descarte ou de não indicação para cultivo. Nos casos onde há mais de duas sub-regiões ou fatores, tem-se o número de gráficos correspondentes à combinação dos n fatores, tomados dois a dois e, quando a análise de fatores agrupa todos os ambientes em um único fator, a análise direta dos escores fornece condições de se identificar quais genótipos estão apresentando baixa adaptabilidade (escores inferiores à média geral dos escores) ou alta adaptabilidade (escores superiores à média geral dos escores).

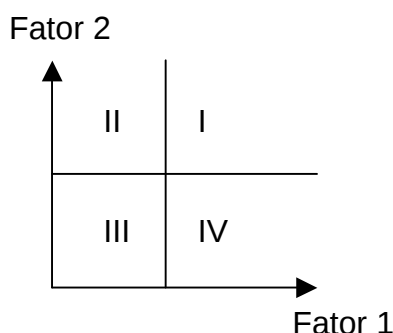


Figura 1 – Esquema da disposição dos quadrantes no gráfico bidimensional

A metodologia, segundo o autor, mostrou-se eficiente em reunir locais por suas similaridades de desempenho genotípico, além de ter apresentado grande potencial para se estudar a adaptabilidade de genótipos de modo mais eficiente que os métodos tradicionais, apresentando resultados de acordo com a estratificação ambiental. A metodologia proposta para

avaliação da capacidade representativa de locais revelou-se eficiente, com a vantagem de facilitar a interpretação e execução. Essa metodologia também indica qual o melhor ambiente capaz de substituir o local de melhor capacidade geral de representatividade quando este apresentar algum imprevisto ou problema. Embora interessante, não existem relatos da utilização dessa metodologia no feijoeiro.

2.4. Principais doenças do feijoeiro

O feijão é cultivado durante todo o ano, numa grande diversidade de ecossistemas, o que faz com que inúmeros fatores tornem-se limitantes para sua produção. Desses, um dos principais são as doenças que o afetam. Muitas doenças podem causar, dependendo das condições ambientais, perdas totais na produção ou, dependendo do nível de contaminação, inviabilizar determinadas áreas para o cultivo. VIEIRA (1983) cita mais de 45 enfermidades que assolam a cultura, em maior ou menor importância, causada por vírus, bactérias, fungos e nematóides. Em geral, as mais importantes no País são a antracnose, a mancha-angular, o mosaico-dourado, o crestamento-bacteriano-comum e a ferrugem. Entretanto, em determinados ambientes, outras doenças podem tornar-se altamente prejudiciais. É o caso, por exemplo, do mofo-branco e a murcha-de-fusarium no plantio irrigado de inverno.

A incorporação de resistência às doenças nas cultivares comerciais vem sendo utilizada com êxito pelos melhoristas de feijão. Dessa forma, obtém-se um maior efeito estabilizador sobre as cultivares, evitando-lhes uma oscilação de rendimento, de uma safra para outra, em decorrência da menor susceptibilidade (VIEIRA et al., 1999).

Os patógenos podem apresentar raças fisiológicas ou estirpes. Isso constitui uma dificuldade para os programas de melhoramento, pois as cultivares podem ser resistentes a certas raças e suscetíveis a outras. Assim, surgindo uma nova raça, cultivares resistentes podem tornar-se suscetíveis. Outro problema é a mudança das raças que predominam em determinada área. O surgimento de novas raças pode limitar a vida útil das cultivares lançadas como resistentes e é, por isso, que o trabalho do melhoramento nesta questão deve ser contínuo.

Entre as doenças fúngicas, a antracnose, cujo agente causal é o fungo *Colletotrichum lindemutianum*, é sem dúvida uma das mais importantes, sendo que as perdas ocasionadas na cultura podem atingir até 100% quando sementes infectadas são utilizadas e as condições de ambiente são favoráveis. As condições ambientais que favorecem a enfermidade são temperaturas moderadas, com um ótimo de 17°C e alta umidade relativa. Esses fatores são comuns no plantio, ou “safra”, “das águas” ou no plantio de outono/inverno com irrigação suplementar, e são pouco frequentes no plantio da “seca”. Esse patógeno apresenta grande diversidade e muitas raças já foram identificadas no Brasil (RAVA et al., 1994; ANDRADE et al., 1999).

A mancha-angular, cujo agente causal é o fungo *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.), tem sido apontada como a doença mais importante da parte aérea, causando sérios prejuízos, especialmente nos plantios da seca (fevereiro-março) quando as temperaturas são amenas e há ocorrência de orvalho. No estado de Minas Gerais alguns fatores fizeram com que a doença se tornasse uma ameaça à cultura tais como: o plantio da cultura em novas épocas (especialmente inverno, quando as temperaturas são favoráveis), ocorrendo assim a presença desta cultura e seus restos contaminados no campo durante todo o ano; o plantio irrigado com pivôs centrais, que propicia condição de alta umidade; a utilização de sementes contaminadas, introduzindo o patógeno em novas regiões; plantio de novas cultivares, que quase sempre apresentam uma base genética de resistência à doença bastante restrita; e as possíveis alterações no quadro das raças do patógeno ao longo dos anos (PAULA Jr e ZAMBOLIM, 1998). A extensa variabilidade de *P. griseola* no Brasil, particularmente em Minas Gerais, tem sido um desafio aos programas de melhoramento do feijoeiro para resistência à mancha angular no Estado. Neste sentido NIETSCHE et al. (1997) apontam as cultivares México 54, AND 277, MAR-2 e Cornell 49-242 como boas fontes de resistência em Minas Gerais.

A ferrugem do feijoeiro, causada pelo fungo *Uromyces appendiculatus* (Pers) Unger var *appendiculatus*, é uma importante doença do feijoeiro, especialmente no plantio do inverno (referências). A doença é considerada um dos mais importantes problemas fitopatológicos relacionados à cultura

(PAULA Jr e ZAMBOLIM, 1998). As plantas são mais vulneráveis à doença nos estádios de pré-floração e floração, o que acontece normalmente dos 30 aos 45 dias após a germinação. Se as plantas forem infestadas nestes períodos, as perdas podem atingir até 68%. Longos períodos (10-18 horas) de umidade relativa superior a 95% e temperaturas entre 17 e 27°C favorecem a infecção. Para o controle da doença, recomenda-se o uso de cultivares resistentes. Segundo PAULA Jr e ZAMBOLIM (1998) as cultivares de feijão resistentes, lançadas em Minas Gerais têm a vida útil variável, geralmente em torno de 4 anos. FALEIRO (1997) comprovou as observações, em nível de campo, de VIEIRA et al. (1992) quanto à resistência das cultivares Ouro Negro, Meia noite, Vermelho 2157 e Ouro, depois de inocularem artificialmente diversas variedades de feijão com uma mistura de isolados de *U. appendiculatus*, coletados na Zona da Mata de Minas Gerais. Segundo RAGAGNIN (2001) atualmente o BIOAGRO (UFV) vem utilizando linhas quase-isogênicas empregando a cultivar Ouro Negro como fonte de resistência a *U. appendiculatus*, *P. griseola* e *C. lindemutianum*.

O mofo-branco incitado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, é uma doença bastante difundida nas regiões produtoras dessa leguminosa, principalmente no plantio de inverno. As perdas no rendimento atingem em média 50%, podendo, ser mais elevadas. Com a introdução da 3ª época de plantio (feijão de “inverno”) na região Centro-Oeste e em outras regiões do país, implicando o uso da irrigação por aspersão, o patógeno encontrou condições favoráveis para o seu desenvolvimento, tornando-se um problema para os produtores. A disseminação do fungo pode ser realizada por meio do próprio escleródio aderido aos implementos agrícolas, em restos culturais ou em mistura com sementes. Entre as condições de ambiente que favorecem a doença, encontram-se alta umidade e a baixa temperatura. O controle pode ser realizado por meio da utilização de semente de boa qualidade, da aração profunda do solo com tombamento da leiva, do aumento da distância entre plantas, da queima dos restos culturais contaminados, do controle da água de irrigação e da aplicação foliar de fungicidas (SARTORATO, 2003). Outra medida importante é a utilização de

cultivares de feijão de porte ereto, evitando-se, também, adubações pesadas com nitrogênio, para que não ocorra acamamento.

A doença causada por *Xanthomonas campestris* pv. *Phaseoli* Dye (crestamento-bacteriano-comum) apresenta ampla distribuição, ocasionando graves perdas na produção, especialmente em regiões de clima quente e úmido. Tem sido problemática no Estado de Minas Gerais, principalmente na safra das “águas” (BIANCHINI et al., 1997). As condições ótimas para o patógeno são temperaturas altas (com um ótimo de 28°C), alta umidade e chuvas freqüentes (SARTORATO et al., 1987). Infelizmente, a maioria dos cultivares de feijoeiro em uso, nas diferentes regiões do país, é susceptível a essa doença. BIANCHINI et al (1997) citam GN Nebraska # 1 sel. 27 e PI 207.262 como fonte de resistência ao crestamento-bacteriano-comum empregada pela maioria dos melhoristas. Outros genótipos de *P. vulgaris* apresentam níveis satisfatórios de resistência, entre os quais Feijão de 60 dias, GN Jules, Colección 10B, México 168, Desconhecido Amarelo, 65 (B) Retinto, Santa Rosa, Retinto Dulce, Col 72.6652, México 29, Sacavén 705, A 417, A 420 e Xan 161.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização dos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU)

Foram utilizados dados de dois grupos de ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) de feijões dos grupos preto e carioca. Os experimentos foram conduzidos em Viçosa, Ponte Nova e Coimbra, regiões da Zona da Mata de Minas Gerais, nas safras das “águas”, da “seca” e do “inverno”, nos anos de 2002 e 2003. Além destes foram utilizados experimentos de Leopoldina (inverno 2002), Florestal (seca 2003) e Capinópolis (inverno 2003). Os locais e suas distancias e posições relativas à cidade de Viçosa encontram-se na Figura 2.

Os experimentos foram instalados segundo a exigência mínima estabelecida para o ensaio de VCU de feijão, que consiste no delineamento em blocos casualizados, com três repetições e parcelas de quatro fileiras de 4 metros de comprimento. Os dados obtidos foram coletados, desconsiderando as duas linhas laterais (bordadura).

Cada experimento foi composto de 20 linhagens do grupo carioca ou preto, sendo duas testemunhas (cultivares recomendadas para o Estado de Minas Gerais) por grupo. As linhagens constituintes de cada ensaio de VCU, bem como suas instituições de origem, são apresentadas no Quadro 1.

Não foi realizado controle de doenças e as pragas foram controladas sempre que necessário.

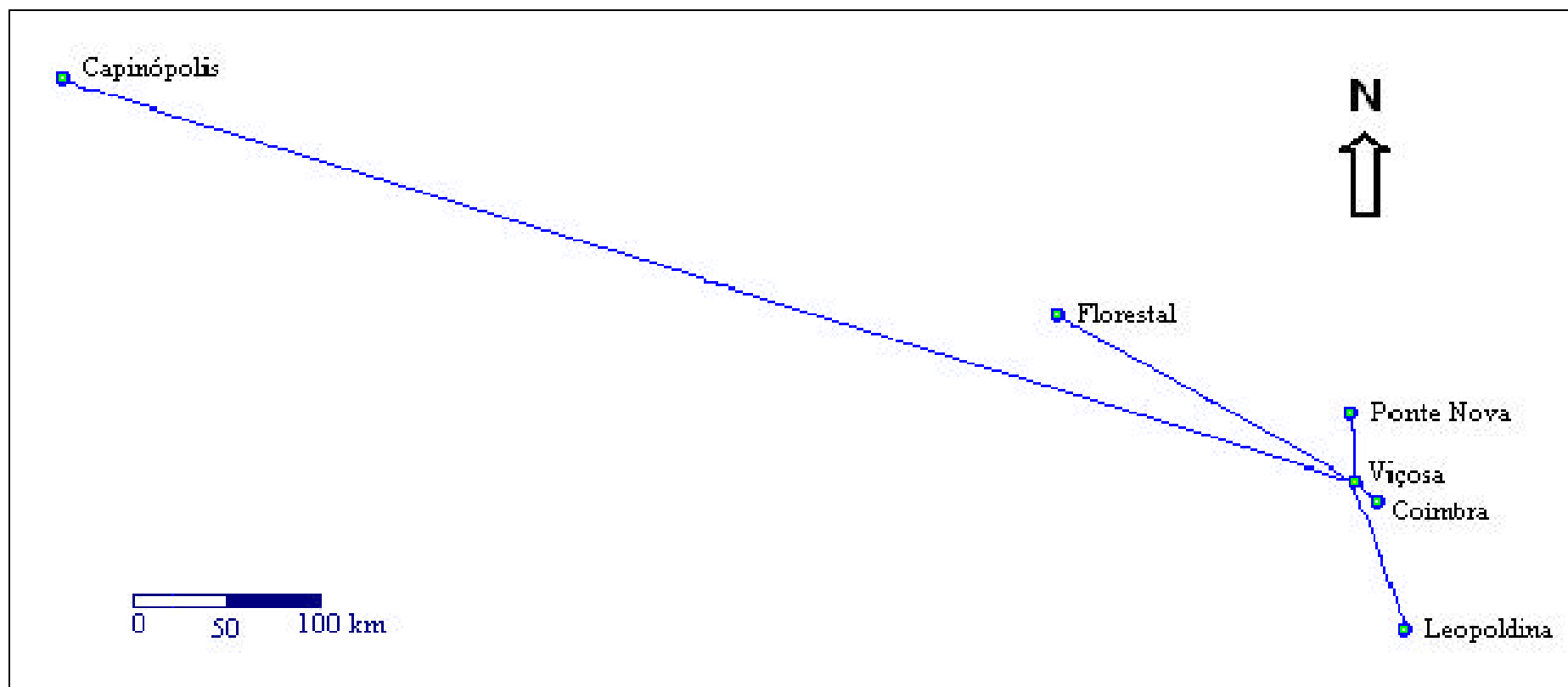


Figura 2 – Mapa com as distâncias relativas ao município de Viçosa

Quadro 1 - Linhagens utilizadas no ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU), grupos preto e carioca

Grupo Preto		Grupo Carioca	
Linhagem	Origem	Linhagem	Origem
VP1	UFV	VC1	UFV
VP2	UFV	VC2	UFV
VP3	UFV	VC3	UFV
VP4	UFV	VC4	UFV
VP5	UFV	VC5	UFV
VP6	UFV	Vi 0669	UFV
VP7	UFV	Vi 4899	UFV
VP8	UFV	Vi 4599	UFV
VP9	UFV	OP-S-30	UFLA/UFV
VP10	UFV	OP-S-82	UFLA/UFV
VP11	UFV	OP-NS-331	UFLA/UFV
VP12	UFV	OP-S-16	UFLA/UFV
VP13	UFV	OP-S-193	UFLA/UFV
Vi 5700	UFV	AN-LAV-51	UFLA
Vi 5500	UFV	CIII-R-3-19	UFLA
Vi 7800	UFV	CIII-H-4-12	UFLA
CNFP 9346	Embrapa**	CNFC 9437	Embrapa**
CNFP 7988	Embrapa**	CNFE 8017	Embrapa**
Ouro Negro*	Honduras	Talisma*	Convênio-MG***
Valente*	Embrapa**	Perola*	Embrapa**

* Testemunhas

** Embrapa Arroz e Feijão

*** Embrapa Arroz e Feijão/UFV/UFLA/Epamig

3.2. Caracteres avaliados

Foi realizada a avaliação dos seguintes caracteres:

a- Estande Inicial: número de plantas por parcela;

b- Estande Final: número de plantas por parcela;

c- Reação a doenças: escala diagramática, com notas variando de 1 (plantas sem nenhum sintoma de doença) a 9 (plantas totalmente infectadas pelo patógeno). As doenças avaliadas foram: cretamento-bacteriano-comum (*Xanthomonas campestris* pv *phaseoli*), ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) e mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*). Já para a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) foi informada, para cada linhagem, a presença ou ausência do patógeno;

d- arquitetura de planta: escala descritiva com notas variando de 1 a 9, sendo 1 plantas sem nenhuma ramificação, eretas e nenhuma vagem

tocando o solo e 9 plantas muito ramificadas e prostradas, “guia” longa e a maioria das vagens em contato com o solo;

e- Produtividade: dado em kg/ha.

3.3. Procedimentos estatísticos

Cada ensaio foi conduzido em vários ambientes, constituídos por diferentes safras, locais e anos, perfazendo um total de quatorze ambientes, ou seja, cada ensaio (VCU preto ou carioca) foi constituído inicialmente por 14 experimentos.

3.3.1. Análise individual de variância

Para a análise de variância de cada experimento foi adotado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ik} = \mu + G_i + B_k + e_{ik}$$

em que

Y_{ik} = valor observado do i-ésimo genótipo (linhagem), no k-ésimo bloco;

μ = média geral;

G_i = efeito do i-ésimo genótipo ($i = 1, 2, \dots, g$);

B_k = efeito do bloco k ($k = 1, 2, \dots, r$); e

e_{ik} = erro aleatório.

Os efeitos de genótipos foram considerados fixos e os demais, aleatórios. Foram admitidas as seguintes pressuposições:

$$\sum_{i=1}^g g_i = 0;$$

$$B_k \sim \text{NID}(0, \sigma_b^2);$$

$$e_{ik} \sim \text{NID}(0, \sigma^2);$$

B_k e e_{ik} são independentes.

O esquema da análise de variância, para cada ambiente (experimento), encontra-se no Quadro 2.

Quadro 2 – Esquema da análise de variância individual e esperanças de quadrado médio

FV	GL	QM	E(QM)
Blocos	$r - 1$	QMB	$\sigma^2 + g\sigma_b^2$
Genótipos	$g - 1$	QMG	$\sigma^2 + r \phi_g$
Resíduo	$(r - 1)(g - 1)$	QMR	σ^2

$$\phi_g = \sum_i G_i^2 / (g - 1)$$

3.3.2. Análise de variância conjunta

Na análise conjunta foram selecionados aqueles experimentos que obedeceram ao critério proposto por Pimentel Gomes (1985), isto é, o maior quadrado médio residual dos ensaios incluídos na análise conjunta não deve superar em sete vezes o menor quadrado médio.

O modelo utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + B/A_{jk} + A_j + GA_{ij} + e_{ijk}$$

em que

Y_{ijk} = valor observado do i-ésimo genótipo, no j-ésimo ambiente e no k-ésimo bloco;

μ = média geral do ensaio;

G_i = efeito do i-ésimo genótipo ($i = 1, 2, \dots, g$);

B/A_{jk} = efeito do bloco k dentro do ambiente A_j ($k = 1, 2, \dots, r$);

A_j = efeito do j-ésimo ambiente; ($j = 1, 2, \dots, a$); e

GA_{ij} = efeito da interação do i-ésimo genótipo com o j-ésimo ambiente;

e_{ijk} = erro aleatório.

O esquema da análise de variância conjunta encontra-se no Quadro 3.

3.3.3. Estratificação de ambientes

3.3.3.1. Estratificação de ambientes pelo Método Tradicional

O método tradicional de agrupamento de ambientes é baseado no algoritmo de Lin (1982), que consiste em estimar a soma de quadrados da interação entre genótipos e pares de ambientes e, posteriormente, agrupar aqueles ambientes cuja interação é não-significativa (CRUZ e REGAZZI, 2001).

Quadro 3 - Esquema da análise de variância conjunta e esperanças de quadrado médio

FV	GL	QM	E(QM)
Blocos/Ambientes	$a(r - 1)$	QMB	$s^2 + g s_{b/a}^2$
Ambientes (A)	$a - 1$	QMA	$s^2 + g s_{b/a}^2 + g r s_a^2$
Genótipos (G)	$g - 1$	QMG	$s^2 + r l s_{ga}^2 + a r f_g$
GxA	$(g - 1)(a - 1)$	QMGxA	$s^2 + r l s_{ga}^2$
Resíduo	$a(g - 1)(r - 1)$	QMR	s^2

$$l = g/(g-1)$$

$$f_g = \sum_i G_i^2 / (g - 1)$$

Para a obtenção da soma de quadrados da interação entre genótipos e pares de ambientes ($SQGA_{jj'}$), utilizou-se a equação (CRUZ e REGAZZI, 2001): $SQGA_{jj'} = \hat{e}_{jj'} = \frac{1}{\zeta} [d_{jj'}^2 - \frac{1}{g} (Y_{.j} - Y_{.j'})^2]$ em que ζ é o nº de ambientes considerados na interação e $d_{jj'}^2$ é o quadrado da distância euclidiana entre os ambientes j e j' , dado por:

$$d_{jj'}^2 = \sum_i (\tilde{O}_{ij} - \tilde{O}_{ij'})^2$$

A estimativa da soma de quadrados da interação entre genótipos e três ambientes foi obtida por:

$$SQGA_{jj'k} = \frac{2}{\zeta} (\hat{e}_{jj'} + \hat{e}_{jk} + \hat{e}_{j'k}) = \frac{2}{n} (S_{jj'k})$$

em que

$S_{jj'k}$ = somatório das somas de quadrados da interação entre genótipos e combinações, dois a dois, dos ambientes, j , j' e k . De modo análogo, foram determinadas as outras somas de quadrados entre genótipos e quatro, cinco ou mais ambientes.

Para verificar se o grupo de ambientes proporciona interação não-significativa utilizou-se o teste F dado por $F = \frac{[\hat{e}_{jj'} / (\zeta - 1)(g - 1)]}{QMR/r}$, associado à $(\zeta - 1)(g - 1)$ e $a(g - 1)(r - 1)$ graus de liberdade, em que g é o número de linhagens avaliadas e QMR/r é o quadrado médio do resíduo da análise conjunta dividido pelo número de repetições de cada experimento.

3.3.3.2. Estratificação de ambientes pela decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa

A decomposição da interação de genótipos x pares de ambientes em partes simples e complexa foi realizada considerando a variável produtividade de grãos (kg/ha), segundo a metodologia proposta por CRUZ e CASTOLDI (1991), conforme a expressão abaixo:

$$QMG \times A = \text{simples (S)} + \text{complexa (C)}$$

$$S = \frac{1}{2} (\sqrt{QM1} - \sqrt{QM2})^2$$

$$C = \sqrt{(1-r)^3 QM1 \times QM2}$$

em que:

QM1 e QM2 são os quadrados médios de genótipos, nos ambientes 1 e 2, respectivamente, divididos pelo número de repetições, e r é a correlação entre as médias dos genótipos nos dois ambientes.

Os ambientes foram agrupados de forma que seus pares formados, em cada grupo, apresentassem interação predominantemente de natureza simples, ou seja, onde $S \geq 50\%$. Isto é, se por exemplo, os ambientes 1, 3 e 5 forem agrupados é porque os pares 1x3, 1x5 e 3x5 apresentaram interação de natureza simples em predominância.

3.4. Análise de adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos

3.4.1. Método Tradicional

Este método consiste na análise conjunta dos experimentos, considerando todos os ambientes, e o posterior desdobramento da soma de quadrados dos efeitos de ambientes e da interação genótipos x ambientes em efeitos de ambientes dentro de cada genótipo.

A variação de ambientes dentro de cada genótipo é utilizada como estimativa de estabilidade, de tal forma que o genótipo que proporcionar menor quadrado médio, nos vários ambientes, será considerado o mais estável.

O estimador do parâmetro estabilidade é descrito por:

$$QM(A/G_i) = \frac{1}{(a-1)} \left[\sum_j Y_{ij}^2 - \frac{(Y_{i.})^2}{a} \right]$$

3.4.2. Método da Regressão linear simples de EBERHART e RUSSELL (1966)

Este método baseia-se na análise de regressão linear, que mede a resposta de cada genótipo às variações ambientais. O coeficiente de regressão dos valores fenotípicos de cada genótipo em relação ao índice ambiental e os desvios desta regressão proporcionam estimativas dos parâmetros adaptabilidade e estabilidade, respectivamente. O modelo adotado é dado por:

$$Y_{ij} = \beta_{oi} + \beta_{ii}I_j + \delta_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij}$$

em que:

Y_{ij} – média de produtividade de grãos (kg/ha) do genótipo i, no ambiente j;

β_{oi} – constante da regressão; dado por $\beta_{oi} = \bar{Y}_i$.

β_{ii} – coeficiente da regressão linear que mede a resposta do i-ésimo genótipo à variação dos ambientes;

I_j – índice ambiental codificado $\left(\sum_j I_j = 0 \right)$; dado por

$$I_j = \frac{1}{g} \sum_i Y_{ij} - \frac{1}{ag} Y_{..};$$

δ_{ij} – desvio da regressão.

$\bar{\varepsilon}_{ij}$ – erro experimental médio.

Estimação do coeficiente de regressão (β_{ii})

$$\hat{\beta}_{ii} = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}$$

Teste de $\hat{\beta}_{ii} \begin{cases} H_0 : \beta_{ii} = 1 \\ H_a : \beta_{ii} \neq 1 \end{cases} \quad t(\alpha : \text{glResíduo})$

$$t = \frac{\hat{\beta}_{ii} - 1}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta}_{ii})}} \quad \hat{V}(\hat{\beta}_{ii}) = \frac{\hat{\sigma}^2}{r \sum_j I_j^2}$$

Estimação do parâmetro de estabilidade s_{di}^2

$$\hat{\sigma}_{\delta_i}^2 = \frac{QMD_i - QMR}{r}, \text{ em que } QMD_i = \frac{r}{a-2} \left[\sum_j Y_{ij} - \frac{Y_i^2}{a} - \frac{\left(\sum_j Y_{ij} I_j \right)^2}{\sum_j I_j^2} \right]$$

$$\text{Teste do } \sigma_{di}^2 \begin{cases} H_0 : \sigma_{di}^2 = 0 \\ H_a : \sigma_{di}^2 \neq 0 \end{cases} \quad F_{tab}(\alpha : a - 2 : gl_{\text{Resíduo}})$$

$$F_c = \frac{QMD_i}{QMR}$$

Cálculo do R_i^2 (%)

$$R_i^2 (\%) = \frac{SQ(\text{Regressão})}{SQ(A/G_i)} \cdot 100$$

Os genótipos foram classificados da seguinte maneira:

- a) Genótipo de adaptação geral: ($\beta_1 = 1$, $\sigma_{di}^2 = 0$ e β_o acima da média geral);
- b) Genótipos adaptados a ambientes favoráveis: ($\beta_1 > 1$, $\sigma_{di}^2 = 0$ e β_o acima da média geral);
- c) Genótipos adaptados a ambientes desfavoráveis: ($\beta_1 < 1$, $\sigma_{di}^2 = 0$ e β_o acima da média geral);

3.4.3. Método da Regressão linear bi-segmentada de CRUZ, TORRES e VENCOVSKY (1989)

Este método baseia-se na análise de regressão bissegmentada e tem, como parâmetros de adaptabilidade, a média ($\hat{\beta}_{oi}$) e a resposta linear aos ambientes desfavoráveis ($\hat{\beta}_{1i}$) e aos ambientes favoráveis ($\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$). A estabilidade dos genótipos é avaliada pelo desvio da regressão $\hat{\sigma}_{\delta_i}^2$ de cada genótipo em função das variações ambientais.

O modelo adotado é dado por:

$$Y_{ij} = \beta_{oi} + \beta_{1i} I_j + \beta_{2i} T(I_j) + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

em que:

Y_{ij} , β_{oi} , I_j , δ_{ij} e $\bar{\varepsilon}_{ij}$ definidos como anteriormente;

β_{1i} – coeficiente da regressão linear que mede a resposta do i-ésimo genótipo à variação dos ambientes desfavoráveis;

$\beta_{1i} + \beta_{2i}$ – coeficiente da regressão linear que mede a resposta do i-ésimo genótipo à variação dos ambientes favoráveis;

Para o cálculo dos parâmetros de estabilidade e adaptabilidade são necessárias as seguintes estatísticas auxiliares.

$$T(I_j) \begin{cases} = 0 \rightarrow \text{se } I_j < 0 \\ = I_j - \bar{I}_+ \rightarrow \text{se } I_j > 0 \end{cases}$$

$\bar{I}_+$ = média dos índices I_j positivos

$$\hat{\beta}_{oi} = \bar{Y}_i = \frac{\sum Y_{ij}}{a}$$

$$\hat{\beta}_{1i} = \frac{\sum Y_{ij}I_j - \sum Y_{ij}T(I_j)}{\sum I_j^2 - \sum T^2(I_j)}$$

$$\text{Teste de } \hat{\beta}_{1i} \begin{cases} H_0 : \beta_{1i} = 0 \\ H_a : \beta_{1i} \neq 0 \end{cases}$$

$$t = \frac{\hat{\beta}_{1i} - 0}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta}_{1i})}} \quad \hat{V}(\hat{\beta}_{1i}) = \frac{\hat{\sigma}^2}{r \left[\sum_j I_j^2 - \sum_j T^2(I_j) \right]}$$

$$\text{Teste de } \beta_{2i} \begin{cases} H_0 : \beta_{2i} = 1 \\ H_a : \beta_{2i} \neq 1 \end{cases}$$

$$t = \frac{\hat{\beta}_{2i} - 1}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta}_{2i})}}$$

$$\hat{\beta}_{2i} = \frac{\sum I_j^2 \sum Y_{ij}T(I_j) - \sum T^2(I_j) \sum Y_{ij}I_j}{\sum T^2(I_j) \left[\sum I_j^2 - \sum T^2(I_j) \right]}$$

$$\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i} = \frac{\sum Y_{ij}T(I_j)}{\sum T^2(I_j)}$$

$$\text{Teste de } \hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i} \begin{cases} H_0 : \beta_{1i} + \beta_{2i} = 1 \\ H_a : \beta_{1i} + \beta_{2i} \neq 1 \end{cases}$$

$$t = \frac{(\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}) - 1}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i})}}$$

$$\hat{V}(\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}) = \frac{\hat{\sigma}^2}{r \left[\sum T^2(I_j) \right]}$$

O grau de estabilidade dos genótipos é avaliado com base no $QMD_i (\sigma_{di}^2 = 0)$ e para sua estimativa têm-se:

$$SQ(\text{total da regressão})_1 = SQ(A/G_1)$$

$$\text{Teste do QM(Regressão)} \begin{cases} H_0 : \sigma_r^2 = 0 \\ H_a : \sigma_r^2 \neq 0 \end{cases}$$

$$F_c = \frac{QM(\text{regressão})}{QMR}$$

Estimativa do $\sigma_{\delta_i}^2$

$$\hat{\sigma}_{\delta_1}^2 = \frac{QMD_1 - QMR}{r}$$

Cálculo do R_i^2 (%)

$$R_i^2 (\%) = \frac{SQ(\text{Regressão})}{SQ(A/G_i)} \cdot 100$$

Os genótipos foram classificados da seguinte maneira:

- a) Genótipo ideal: ($\beta_1 < 1$, $\beta_1 + \beta_2 > 1$, $\sigma_{di}^2 = 0$ e β_o acima da média geral);
- b) Genótipos com adaptabilidade específica a ambientes favoráveis: ($\beta_1 > 1$, $\beta_1 + \beta_2 > 1$, $\sigma_{di}^2 = 0$ e β_o acima da média geral);
- c) Genótipos com adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis: ($\beta_1 < 1$, $\beta_1 + \beta_2 < 1$, $\sigma_{di}^2 = 0$ e β_o acima da média geral);

3.4.4. Método do trapézio quadrático de CARNEIRO (1998)

Para a avaliação da adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos foi adotado o método do trapézio quadrático ponderado pelo coeficiente de variação residual (CV), proposta por CARNEIRO (1998), dada pela estatística a seguir:

$$P_i = \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{Y_{g(j+1)} + Y_{gj}}{2} \right) - \left(\frac{Y_{i(j+1)} + Y_{ij}}{2} \right) \right]^2 (\bar{Y}_{\cdot(j+1)} - \bar{Y}_{\cdot j})$$

em que:

P_i : estimativa da estatística MAEC (Medida de Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento) do genótipo i ;

Y_{ij} : produtividade do i -ésimo genótipo no j -ésimo ambiente;

Y_{mj} : estimativa da produtividade do genótipo hipotético ideal no ambiente j ;

Dado que: $Y_g = Y_{mj}$, estabelecido conforme CRUZ et al. (1989), dado a seguir:

$$Y_g = Y_{mj} = \beta_{0m} + \beta_{1m}I_j + \beta_{2m}T(I_j)$$

Y_{mj} : resposta ideal do genótipo hipotético no ambiente j ;

β_{0m} : valor fornecido para que a resposta ideal seja máxima para todos os ambientes;

(I_j) : índice ambiental codificado dado por:

$$I_j = \frac{1}{g} \sum_i Y_{ij} - \frac{1}{ag} Y_{..} \text{ que apresenta as seguintes pressuposições:}$$

$$T(I_j) \begin{cases} = 0 \rightarrow \text{se } I_j < 0 \\ = I_j - \bar{I}_+ \rightarrow \text{se } I_j > 0 \end{cases}$$

Foi estabelecido o valor dos betas de acordo com o proposto por CRUZ e CARNEIRO (2003) que são: $\beta_{1m} = 0,5$ e $\beta_{2m} = 1,0$, que refletem baixa resposta aos ambientes desfavoráveis ($\beta_{1m} = 0,5$) e são responsivos às condições favoráveis ($\beta_{1m} + \beta_{2m} = 1,5$). Ao β_{0m} foi atribuído o valor máximo de produtividade em todo o ensaio, pois assim elimina-se o risco de excluir alguma linhagem por apresentar valores que ultrapassem o genótipo ideal em qualquer que seja o ambiente considerado. Desse modo, a cultivar de melhor performance é a que mais se aproxima da produtividade ideal para cada ambiente (Figura 3).

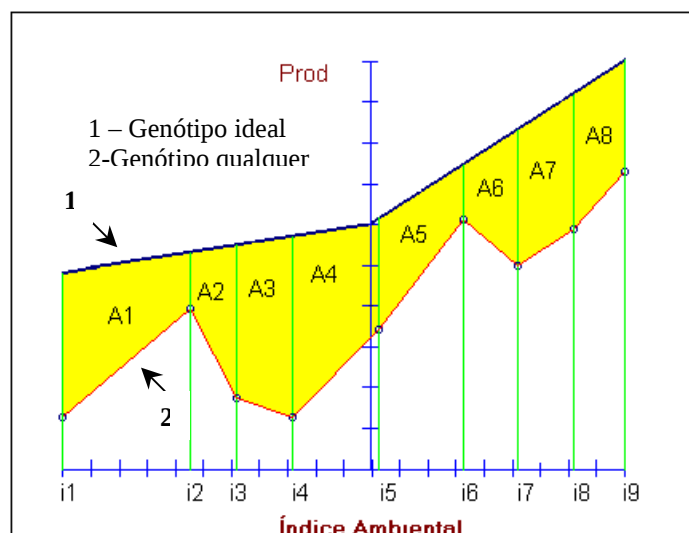


Figura 3 – Ilustração da distância de um genótipo qualquer em relação ao cultivar ideal, dada pela diferença de área de trapézios

Essa estatística é ponderada pelo fator f dado a seguir:

$f = \frac{CV_j}{CVT}$, em que CV_j representa o coeficiente de variação residual do ambiente j e CVT a soma dos coeficientes de variação dos j ambientes. Dessa forma, os ensaios com maior precisão experimental (menor CV) terão maior peso na estimativa da adaptabilidade e estabilidade dos genótipos.

3.5. Análise de estratificação ambiental e adaptabilidade de MURAKAMI (2001)

O autor propõe a análise de fatores como uma alternativa auxiliar na estratificação de ambientes e na análise da adaptabilidade dos genótipos.

O modelo de análise de fatores é: $X_j = I_{j1}F_1 + I_{j2}F_2 + \dots + I_{jm}F_m + \varepsilon_j$

em que

X_j = produtividade no j -ésimo ambiente ($j = 1, 2, \dots, v$);

I_{jk} = carga fatorial para a j -ésima variável associada ao k -ésimo fator, sendo $k = 1, 2, \dots, m$;

F_k = k -ésimo fator comum; e

ε_j = fator específico.

A análise de fatores procura explicar o máximo da variação em X_j com o menor número possível de fatores, tornando ε_j mínimo. Neste trabalho

estabeleceu-se, segundo CRUZ e CARNEIRO (2003), que o número de fatores finais será igual ao número de autovalores superiores à unidade existente na matriz de correlações fenotípicas das variáveis padronizadas ou até obter proporção adequada de variabilidade, geralmente maior que 80% da variação total.

O agrupamento de ambientes foi baseado nas cargas fatoriais finais conforme descrito por JOHNSON e WICHERN (1992). Cargas fatoriais superiores ou iguais a 0,70 e de mesmo sinal indicam ambientes com alto padrão de similaridade e estes são agrupados dentro de cada fator. A extração das cargas fatoriais é feita pelo método dos componentes principais, e os fatores são estabelecidos pelo método de rotação varimax, com máximo de 50 rotações.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o Programa GENES (CRUZ, 2001).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análises de variância individuais

No Quadro 4 são apresentados os resumos das análises de variância em cada ambiente, a média e o coeficiente de variação experimental para o caráter produtividade de grãos, referentes aos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) de feijão preto e carioca conduzidos no Estado de Minas Gerais, nos anos de 2002 e 2003. Observa-se neste quadro que, tanto no ensaio de VCU de feijão preto quanto carioca, o efeito de genótipos (linhagens) foi significativo, a 1% de probabilidade pelo teste F, na maioria dos ambientes, os quais compreendem diferentes anos, locais e safras. Apenas no ensaio de VCU de feijão carioca em Capinópolis, no inverno de 2003, e no ensaio de VCU de feijão preto e carioca, em Ponte Nova, na safra da seca de 2003, o efeito de linhagens foi não significativo. Cabe ressaltar que nos experimentos de Ponte Nova, observou-se heterogeneidade dentro de blocos, o que pode ter contribuído para a não-significância.

De modo geral, os experimentos apresentaram boa precisão experimental, com coeficientes de variação (CV's) abaixo de 20%, que é o limite postulado pela Portaria N.º 294 (LPC) que estabelece os critérios mínimos a serem observados nos ensaios para determinação do Valor de Cultivo e Uso (VCU), visando a recomendação de cultivares de feijão.

Quadro 4 - Resumo das análises de variância individuais referentes aos ensaios de VCU, grupos preto e carioca, conduzidos em Minas Gerais, em diferentes safras nos anos de 2002 e 2003

Ambientes		VCU preto			VCU carioca		
Safra	Local	QM Genótipos	Produtividade (kg/ha)	CV (%)	QM Genótipos	Produtividade (kg/ha)	CV (%)
Águas ¹	Viçosa	330996,78**	880	1,55	167853,25**	1057	25,18
	Coimbra	171378,34**	991	6,55	-	-	-
inverno ¹	Viçosa	236474,58**	1647	1,57	308592,25**	2034	14,51
	Coimbra	358596,73**	2578	7,95	566173,96**	2552	10,87
	Ponte Nova	232520,89**	2520	2,25	350526,66**	2246	9,92
	Leopoldina	162334,56**	2004	9,73	318741,68**	1926	16,81
seca ²	Viçosa	237500,55**	3098	9,72	420589,90**	2846	11,19
	Coimbra	327314,57**	2145	3,96	406117,70**	2327	16,77
	Ponte Nova	193303,13 ^{ns}	2767	4,26	305689,58 ^{ns}	3130	15,42
	Florestal	665533,63**	1607	7,03	277756,50**	1711	17,83
inverno ²	Viçosa	395164,82**	1436	9,83	591615,57**	1487	18,99
	Coimbra	302560,14**	3665	6,34	281418,85**	3824	7,83
	Ponte Nova	241482,12**	2599	1,10	203427,73**	3168	10,42
	Capinópolis	204997,77*	2602	1,33	102109,57 ^{ns}	2989	8,72

ns, ** e * - não-significativo ($P > 0,05$), significativo a 1 e 5% pelo teste F, respectivamente;

¹- Ano de 2002;

²- Ano de 2003.

Os três experimentos da safra das águas (Quadro 4), Viçosa e Coimbra (VCU preto) e Viçosa (VCU carioca), apresentaram CV acima de 20%. Os demais experimentos desta safra não proporcionaram dados suficientes para que pudessem ser analisados. Estes resultados evidenciam a enorme dificuldade de condução de experimentos de feijão na safra das águas, em virtude da maior incidência de plantas daninhas e, principalmente, da concentração das chuvas na ocasião da colheita, o que resulta na germinação das sementes ainda nas vagens, antes mesmo de serem colhidas, contribuindo para a perda da maioria destes experimentos, ou reduzindo sobremaneira a precisão dos mesmos.

Pode-se também observar no Quadro 4 que a produtividade média das linhagens avaliadas foi sempre maior que a média nacional, de 776 kg/ha (Embrapa Arroz e Feijão, 2002), com ambientes que proporcionaram rendimentos de mais de 3.000 kg/ha, indicando o elevado potencial genético produtivo das linhagens de feijão incluídas nestes ensaios.

As médias de produtividade de grãos (kg/ha), por local e por safra, das linhagens avaliadas nos ensaios de VCU de feijão preto e carioca, são apresentadas nos Quadros 5 e 6, respectivamente. Também são apresentadas nesses quadros, em destaque (negrito), a produtividade da linhagem e da testemunha que sobressaíram em cada um dos diferentes ambientes. Em nove dos 14 ambientes de avaliação do ensaio de VCU de feijão preto (Quadro 5) ocorreu pelo menos uma linhagem com produtividade média superior à média da testemunha mais produtiva, sendo que em seis destes ambientes esta diferença em produtividade foi significativa pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Já no ensaio de VCU de feijão carioca (Quadro 6), verificou-se que em todos os 13 ambientes ocorreu pelo menos uma linhagem com produtividade média superior à média da testemunha mais produtiva, e que em 11 destes 13 ambientes, a diferença foi significativa pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Esses resultados, principalmente os do ensaio de VCU de feijão carioca, evidenciam o bom potencial produtivo das linhagens em avaliação, bem como o empenho e o sucesso dos programas de melhoramento de feijão no Estado de Minas Gerais para o desenvolvimento de potenciais cultivares de feijão.

Nos dois experimentos das águas, em Viçosa e Coimbra, no ensaio de VCU de feijão preto, e em Viçosa no ensaio de VCU carioca, as linhagens que sobressaíram (média superior a testemunha de maior média) foram a VP8 e a CNFP 9346 de tegumentos pretos (Quadro 5), e a VC3 de tegumento carioca (Quadro 6). Entretanto, para fins de recomendação os dados destes três experimentos não serão considerados, uma vez que apresentaram CV acima do limite (20%) estabelecido pela portaria N° 294 (LPC), como já discutido anteriormente.

Na safra de inverno de 2002 e 2003 (Quadro 5) as linhagens de grãos pretos VP1, VP3, Vi 5700 e Vi 5500 sobressaíram como as mais produtivas, no entanto, estas superaram somente a cultivar testemunha de menor produtividade média (Valente) pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade. Apesar da coincidente superioridade dessas cinco linhagens na safra de inverno nos dois anos de avaliação, a linhagem VP5 superou a testemunha Valente somente no ano de 2003; isto evidencia

Quadro 5 – Produtividade de grãos (kg/ha) de linhagens de feijão preto, avaliadas no ensaio de VCU em Minas Gerais, nas safras das águas/2002, de inverno/2002 e da seca/2003

Linhagem	águas 2002			inverno/02					seca 2003	
	Viçosa	Coimbra	Média	Viçosa	Coimbra	Ponte Nova	Leopoldina	Média	Viçosa	Coimbra
VP1	255	989ab	622	1863	3061ab	2588 b	2171ab	2421	3475 b	1656
VP2	732ab	711	721	1483 b	2250	2485 b	1982ab	2050	3005a	1774
VP3	836ab	1200ab	1018ab	2133a	2955ab	2878	2043ab	2505	2860a	2065a
VP4	531a	834	682	1839	2782	2429 b	1995ab	2261 b	2689	1897
VP5	618ab	578	598	1741	2411	2790	2209a	2288 b	3326ab	2017a
VP6	323	690	506	1782	2548	2836	2009ab	2294 b	3007a	1364
VP7	1408	1019ab	1213ab	1491 b	2176	2111 b	1811	1897	2774	2516 b
VP8	1353	1327ab	1340	1544 b	2370	2668 b	2285a	2217 b	3164a	2099ab
VP9	1187	875	1031ab	1416 b	2186	2431 b	1795	1957	3364ab	2705
VP10	963ab	1388ab	1175ab	1481 b	2243	2390 b	1796	1977	2746	2251ab
VP11	883ab	1086ab	985ab	1475 b	2365	2375 b	1943ab	2040	2983a	2471ab
VP12	1085 b	1163ab	1124ab	1424 b	2302	2210 b	1928ab	1966	3279ab	2475ab
VP13	1044 b	1100ab	1072ab	1635 b	2376	2349 b	2161ab	2130	3098a	1974a
Vi 5700	965ab	980ab	973ab	1861	3110ab	2563 b	2375	2477	3488 b	2586 b
Vi 5500	600a	751	675	1687 b	3044ab	2820	2421	2493	2977a	2110ab
Vi 7800	611ab	609	610	1899	2735	2403 b	1892b	2232 b	2535	2182ab
CNFP 9346	1315	1238ab	1276	1308	2288	2214 b	1456	1816	3261ab	2177ab
CNFP 7988	1262	926 b	1094ab	1087	2311	2248 b	1710	1839	3307ab	1972a
Ouro Negro	751a	1221a	986a	2260a	3006a	3230a	2096a	2648a	3110a	2217a
Valente	875 b	1132 b	1003 b	1531 b	3049 b	2376 b	2009 b	2241 b	3504 b	2389 b
Média	880	991		1647	2578	2520	2004		3098	2145
CV(%)	31,55	26,55		11,58	7,95	12,25	9,73		9,72	13,96
DMS (5%)	270	256	256	185	199	300	189	107	293	291

Quadro 5 – (continuação)

Linhagem	inverno/03								Média Geral ¹
	Ponte Nova	Florestal	Média	Viçosa	Coimbra	Ponte Nova	Capinópolis	Média	
VP1	2701 b	712	2136	1230	3891	2850ab	2858 b	2707	2421 b ²
VP2	3081ab	1551ab	2356	1623	3322	2585ab	2508 b	2510 b	2304
VP3	2704 b	1052	2170	2215	4047 b	2760ab	2480 b	2876	2516 b
VP4	2203	1571ab	2090	1612	3367	2695ab	2464 b	2534 b	2295
VP5	2828ab	2479	2663ab	1495	3403	2902ab	3058a	2715	2555
VP6	2837ab	1632ab	2210	1410	3669	2817ab	2436 b	2583 b	2362
VP7	2886ab	2476	2663ab	1565	3531	2496	2564 b	2539 b	2366
VP8	2853ab	1566ab	2420a	1346	3516	2581ab	2619 b	2516 b	2384 b
VP9	2912ab	1969	2738	1027	3494	2065	2480 b	2267	2320
VP10	2572 b	1412a	2245	1368	3548	2358	2181	2364	2195
VP11	2577 b	1719ab	2437ab	1343	3879	2345	2664 b	2558 b	2345
VP12	2452 b	1359	2391a	1247	3596	2242	2430 b	2379	2245
VP13	2798ab	1469ab	2335	1353	3669	2436	2597 b	2514 b	2326
Vi 5700	2753ab	1689ab	2629ab	1626	3856	3000ab	2969	2863	2656
Vi 5500	3307a	1992	2596ab	1843a	3902	3050ab	2358	2788	2626
Vi 7800	2724ab	1452ab	2223	1679a	3445	2641ab	2419 b	2546 b	2334
CNFP 9346	2963ab	2051	2613ab	1253	3478	2486	2447 b	2416 b	2282
CNFP 7988	2405 b	639	2081	1026	3097	2085	2541 b	2187	2036
Ouro Negro	3094a	1659a	2520a	1937a	4405a	2804a	3285a	3108a	2759a
Valente	2702 b	1686 b	2570 b	530 b	4179 b	2785 b	2680 b	2543 b	2451 b
Média	2145	2767	1607	1436	3665	2599	2602,40		2181
CV(%)	13,96	14,26	17,03	19,83	6,34	11,10	11,33		-
DMS (5%)	291	384	266	277	226	280,	287,08	128	74

¹ Médias dos ambientes que apresentaram coeficiente de variação experimental abaixo de 20%.

² Médias dentro de cada coluna seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente da testemunha pelo teste Dunnett a 5% de significância.

Quadro 6 - Produtividade de grãos (kg/ha) de linhagens de feijão carioca, avaliadas no ensaio de VCU em Minas Gerais, nas safras das águas/2002, de inverno/2002 e da seca/2003

Linhagem	águas/02	inverno/02					seca/03	
	Viçosa	Viçosa	Coimbra	Ponte Nova	Leopoldina	Média	Viçosa	Coimbra
VC1	768	1307	1689	1722 b	1495	1553	2616a	2111 b
VC2	1196ab	2097ab	3175	1918 b	2295 b	2371	2312 b	1961 b
VC3	1653	2038ab	2946	2140a	2510	2408	2355ab	2128 b
VC4	1002a	2748	3193	2587	2126ab	2663	2910a	2375a
VC5	1367ab	2346	2745	2921	2357	2592	2714a	2251 b
Vi 0669	862	2290	3044	2574	2182ab	2522	2858a	1850 b
Vi 4899	880	2140ab	2991	2768	2200ab	2525	3135	2182 b
Vi 4599	659	2112ab	2425ab	2365a	2375	2319	3015	2084 b
OP-S-30	958a	1633ab	2133a	2282a	1694ab	1935 b	3276	2196 b
OP-S-82	896	2427	2506ab	2203a	1670a	2202a	3223	2876a
OP-NS-331	1224ab	2289	2972	2501	1875ab	2409	3293	2606a
OP-S-16	952a	2110ab	2844	2601	2042ab	2399	3451	1992 b
OP-S-193	1218ab	1880ab	2262ab	1985 b	1580	1927 b	2975	2894a
AN-LAV-51	1008ab	1777ab	1820	2020 b	1695ab	1828	2607a	1916 b
CIII-R-3-19	1187ab	2190	2110a	2298a	1417	2004ab	3123	2905a
CIII-H-4-12	964a	1841ab	2572ab	2250a	1651a	2079ab	3055	2536a
CNFC 9437	765	1655ab	2252ab	1996 b	1561	1866	2299 b	2097 b
CNFE 8017	1130ab	2055ab	2568ab	1702 b	1855ab	2045ab	2932a	2873a
Talismã	1182a	1892a	2345a	2279a	1945a	2115a	2655a	2742a
Perola	1264 b	1860 b	2450 b	1816 b	2005 b	2033 b	2125 b	1957 b
Média	1057	2034	2552	2246	1926		2846	2327
CV(%)	25,18	14,51	10,87	9,92	16,81		11,19	16,77
DMS (5%)	259	287	270	217	315	131	309	379

Quadro 6 – (continuação)

Linhagem				inverno/03				Média	Média Geral ¹
	Ponte Nova	Florestal	Média	Viçosa	Coimbra	Ponte Nova	Capinópolis		
VC1	3477	1846ab	2512a	766a	3621ab	2943ab	2930ab	2565a	2210 b ²
VC2	3391a	1602ab	2317	1535 b	4490	3445	2886ab	3089	2592
VC3	3566	1569ab	2404a	1450 b	4594	3069ab	2980ab	3023	2612
VC4	3199a	1774ab	2564a	2255	3835ab	3305 b	3011ab	3102	2776
VC5	3065a	1352	2346a	1504 b	3810ab	3026ab	3030ab	2842 b	2593
Vi 0669	3055a	1466a	2307	2197	3789ab	3285 b	3146a	3104	2645
Vi 4899	3411	1369	2524a	2217	3820ab	3418	3152a	3152	2734
Vi 4599	3069a	1952ab	2530a	1751 b	3738ab	3166 b	3294a	2987	2612
OP-S-30	3492	2106 b	2767	1340	3895ab	3078ab	3194a	2877 b	2526
OP-S-82	3087a	1964ab	2788	1495 b	4156	3533	3036ab	3055	2681
OP-NS-331	2767a	1864ab	2632a	1958	3822ab	3326 b	3194a	3075	2706
OP-S-16	2778a	1109	2332	1418 b	3532b	3488	3080a	2879 b	2537
OP-S-193	2959a	1752ab	2645a	1644 b	3732ab	3123 b	2963ab	2866 b	2479a
AN-LAV-51	3117a	1279	2230	722a	3643ab	3195 b	3085a	2661a	2240 b
CIII-R-3-19	3073a	2419	2880	1414 b	4011a	3440	2886ab	2937 b	2607
CIII-H-4-12	3180a	1799ab	2642a	1203a	3626ab	3205 b	2636 b	2667a	2463a
CNFC 9437	3389a	1786ab	2393a	1120a	3478 b	2464a	2586 b	2412	2223 b
CNFE 8017	3391a	1619ab	2704	1135a	3327	3025ab	2778 b	2566a	2438a
TALISMA	2927a	1726a	2512a	948a	3851a	2765a	3091a	2664a	2430a
PEROLA	2203 b	1866 b	2037 b	1670 b	3712 b	3069 b	2819 b	2818 b	2296 b
Média	3130	1711		1487	3824	3168	2989		2520
CV(%)	15,42	17,83		18,99	7,83	10,42	8,72		
DMS (5%)	469	296	177	274	291	321	253	131	85

¹ Médias dos ambientes que apresentaram coeficiente de variação experimental abaixo de 20%.

² Médias dentro de cada coluna seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente da testemunha pelo teste Dunnett a 5% de significância.

diferença de magnitude da resposta de cultivares frente ao efeito de anos. Considerando cada um dos locais em avaliação, nessa safra, verifica-se que não houve consistência da superioridade de uma particular linhagem em todos eles (Quadro 5), ou seja, a linhagem mais produtiva em cada um destes locais não foi a mesma. Estes resultados evidenciam a existência de interação genótipos x locais.

Ao contrário da safra de inverno, foi possível identificar para a safra da seca de 2003, linhagens com produtividades médias iguais ou superiores à testemunha de maior produção (Valente). Destacaram-se CNFP 9346, Vi 5500, Vi 5700, VP11, VP7, VP5, e VP9, sendo esta última a única que superou a cultivar Valente pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Cabe ressaltar que nenhuma destas linhagens coincide com aquelas que se destacaram na safra de inverno. Este fato mostra a ocorrência de interação genótipos x safras.

Na safra de inverno de 2002 e 2003 (Quadro 6), as linhagens de grãos tipo carioca VC2, VC3, VC4, Vi 0669, Vi 4899, Vi 4599 e OP-NS-331 foram mais produtivas que a cultivar Pérola (testemunha de maior produtividade) pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade. Embora coincidente a superioridade destas sete linhagens nestes dois anos consecutivos, apenas as linhagens VC5 e OP-S-16 superaram a cultivar Pérola no ano de 2002 e somente a linhagem OP-S-82 foi superior a esta testemunha no ano de 2003. Resultados dessa natureza mostram diferença de variabilidade entre as linhagens ocorrida em função das variações ambientais, o que, normalmente, resulta em interação genótipos por anos. Assim como no ensaio de VCU de feijão preto, considerando cada um dos locais em avaliação na safra de inverno, verifica-se que não houve consistência da superioridade de uma particular linhagem em todos locais (Quadro 6). Novamente, esses resultados evidenciam a existência de interação genótipos de feijoeiro por locais. Esta troca de superioridade também é verificada quando se consideram as duas testemunhas. Já para a safra da seca de 2003 a testemunha de maior produtividade foi a cultivar Talismã (média da safra) e as linhagens que se destacaram foram OP-S-30, CIII-R-3-19 e OP-S-82. Observa-se que essas linhagens, exceto OP-S-82, não coincidem com aquelas que se destacaram na safra de inverno.

Novamente, estes resultados podem evidenciar a presença da interação genótipos de feijoeiro com safras.

Nos Quadros 7 e 8 são apresentadas a produtividade e as notas de avaliação de algumas doenças, bem como suas correlações, para as linhagens avaliadas em Viçosa e Coimbra, nas safras de inverno e da seca para os respectivos ensaios de VCU de feijão preto e carioca. Pode-se observar que ocorreu associação linear entre a severidade das doenças, principalmente ferrugem, com a produtividade de grãos, dada pela estimativa da correlação com valores variando de $-0,64$ a $-0,77$ nas safras de inverno (Quadro 7), cujas condições climáticas foram mais favoráveis para o patógeno. A incidência de crestamento-bacteriano-comum e de ferrugem na seca de 2003 não afetou a produtividade de grãos, uma vez que as correlações observadas foram de baixa magnitude ($0,04$ e $0,12$). Cabe ressaltar que, praticamente, não houve incidência de ferrugem, o que se verifica pelas notas, em sua maioria, iguais à unidade para as linhagens avaliadas (Quadro 7). Isto já era esperado, uma vez que as condições ambientais (climáticas) desta safra são menos propícias ao desenvolvimento do patógeno.

Fato interessante a ser comentado é a correlação de alta magnitude e de sinal positivo ($0,78$) entre a produtividade de grãos das linhagens e suas notas relativas ao crestamento-bacteriano, na safra de inverno de 2002 em Viçosa (Quadro 7). Isto parece contradizer a tese de que quanto mais severa a doença maior será as perdas em produtividade. Essa contradição pode ser devida à magnitude das notas observadas, sempre abaixo de $5,5$, mostrando que a maioria das linhagens não foram muito atacadas pelo patógeno, em razão das condições ambientais dessa safra não serem as mais favoráveis ao desenvolvimento da doença. Essa hipótese pode ser reforçada pela performance da cultivar Ouro Negro, que apesar de ser relatada como susceptível ao crestamento-bacteriano-comum (MIRANDA et al., 1993), apresentou a maior média de produtividade nessa safra. Comportamento semelhante é verificado pelas linhagens VP4 e Vi 5500, com rendimentos superiores ao da testemunha Valente.

Quadro 7 - Produtividade de grãos (kg/ha), grau de severidade de: cretamento-bacteriano (CB), ferrugem (FE) e arquitetura (ARQ) de linhagens de feijão preto, avaliada no ensaio de VCU em Viçosa e Coimbra nas safras de inverno e seca, 2002/2003

TRAT	NOME	inverno/2002							seca/2003				inverno/2003	
		VIÇOSA			COIMBRA				VIÇOSA				VIÇOSA	
		PROD (kg/ha)	CB	FE	ARQ	PROD (kg/ha)	FE	ARQ	PROD (kg/ha)	CB	FE	ARQ	PROD (kg/ha)	FE
1	VP1	1863	4,33	1,67	6,17	3061ab	1,17	5,33	3475 b	3,00	1,00	4,00	1230	1,67
2	VP2	1483 b	3,33	6,17	5,67	2250	4,00	6,00	3005a	3,00	1,00	4,00	1623	4,67
3	VP3	2133a	4,67	1,50	5,67	2955ab	1,67	5,33	2860a	4,00	1,00	5,50	2215	1,33
4	VP4	1839	5,00	2,67	5,83	2782	1,50	5,33	2689	4,30	1,00	4,50	1612	3,00
5	VP5	1741	3,33	5,17	5,50	2411	5,33	4,33	3326ab	2,50	1,00	6,50	1495	5,67
6	VP6	1782	5,67	1,33	5,83	2548	1,17	6,33	3007a	5,00	1,00	7,00	1410	1,00
7	VP7	1491 b	2,17	6,33	3,33	2176	4,67	3,67	2774	3,00	1,00	4,50	1565	5,50
8	VP8	1544 b	2,17	6,67	4,50	2370	5,67	3,67	3164a	2,50	1,00	3,50	1346	6,33
9	VP9	1416 b	1,67	4,83	4,50	2186	3,50	2,67	3364ab	7,00	1,00	4,50	1027	5,50
10	VP10	1481 b	1,67	5,67	3,83	2243	4,00	3,00	2746	4,00	1,00	6,50	1368	5,33
11	VP11	1475 b	1,33	5,67	4,00	2365	3,67	3,67	2983a	5,50	3,00	5,00	1343	5,83
12	VP12	1424 b	1,50	6,67	4,83	2302	5,50	3,33	3279ab	6,00	1,50	6,00	1247	5,83
13	VP13	1635 b	1,50	5,00	3,83	2376	3,17	3,33	3098a	2,50	1,00	6,00	1353	4,67
14	Vi 5700	1861	3,83	2,00	4,00	3110ab	1,50	4,67	3488 b	6,00	1,00	4,00	1626	3,00
15	Vi 5500	1687 b	5,33	1,33	5,17	3044ab	1,83	6,33	2977a	8,00	1,00	6,00	1843a	2,00
16	Vi 7800	1899	5,00	1,33	6,17	2735	1,50	6,33	2535	4,00	1,00	7,00	1679a	2,67
17	CNFP 9346	1308	1,33	5,67	4,50	2288	2,83	2,33	3261ab	4,50	1,00	6,50	1253	4,67
18	CNFP 7988	1087	1,33	5,33	3,33	2311	6,50	1,33	3307ab	5,00	4,33	2,00	1026	5,00
19	Ouro negro	2260a	4,33	1,50	6,17	3006a	1,00	7,00	3110a	5,50	1,00	7,50	1937a	1,00
20	Valente	1531 b	1,33	4,33	4,67	3049 b	1,83	2,67	3504 b	2,50	1,00	5,50	530 b	6,33
MÉDIA		1647	3,04	4,04	4,88	2578	3,10	4,33	3098	4,39	1,29	5,30	1436	4,05
CV (%)		11,58	25,75	18,05	13,27	7,95	25,76	17,88	9,72	17,45	50,72	17,01	19,83	14,33
Correlação		-	0,78	-0,78	-0,68	-	-0,77	0,55	-	0,04	0,12	-0,30	-	-0,64

¹Médias seguidas da mesma letra não diferem da testemunha de acordo com o teste de Dunnett a 5%.

Quadro 8 – Produtividade de grãos (kg/ha), grau de severidade de: cretamento bacteriano (CB), ferrugem (FE), arquitetura (ARQ) e mancha angular (MA) de linhagens de feijão carioca, avaliados no ensaio de VCU em Viçosa e Coimbra nas safras de inverno e seca, 2002/2003

TRAT	NOME	inverno/2002							seca/2003				inverno/2003	
		VIÇOSA			COIMBRA				VIÇOSA				VIÇOSA	
		PROD (kg/ha)	CB	FE	ARQ	PROD (kg/ha)	FE	ARQ	PROD (kg/ha)	MA	CB	FE	PROD (kg/ha)	FE
1	VC1	1307	4,33	6,83	5,33	1689	6,67	5,00	2616a	3,50	7,00	4,50	766a	7,33
2	VC2	2097ab	2,67	3,00	6,17	3175	1,50	5,67	2312 b	3,50	3,50	3,00	1535 b	4,67
3	VC3	2038ab	3,83	4,83	6,00	2946	1,33	6,00	2355ab	3,00	6,50	2,00	1450 b	6,00
4	VC4	2748	2,50	2,00	5,17	3193	2,00	4,67	2910a	2,00	4,50	1,00	2255	3,00
5	VC5	2346	3,00	1,67	6,00	2745	1,00	5,33	2714a	3,50	5,50	1,00	1504 b	3,33
6	Vi 0669	2290	2,83	1,50	5,17	3044	1,50	4,67	2858a	3,00	5,00	2,50	2197	2,00
7	Vi 4899	2140ab	2,33	1,00	5,33	2991	1,17	4,67	3135	2,00	5,50	4,00	2217	1,00
8	Vi 4599	2112ab	2,17	2,50	5,33	2425ab	2,17	4,67	3015	3,00	6,00	1,00	1751 b	2,00
9	OP-S-30	1633ab	3,67	4,50	5,50	2133a	6,67	3,67	3276	3,50	5,00	2,00	1340	7,67
10	OP-S-82	2427	2,83	4,67	5,83	2506ab	4,67	5,67	3223	2,00	6,00	2,50	1495 b	5,00
11	OP-NS-331	2289	2,67	1,33	5,00	2972	1,17	4,67	3293	3,50	6,50	2,00	1958	1,00
12	OP-S-16	2110ab	3,00	3,50	5,00	2844	1,83	4,67	3451	3,00	5,50	2,50	1418 b	4,67
13	OP-S-193	1880ab	2,83	6,00	5,83	2262ab	5,00	5,67	2975	3,00	7,00	2,00	1644 b	6,00
14	AN-LAV-51	1777ab	3,17	5,17	5,33	1820	5,17	5,33	2607a	3,50	5,00	2,00	722a	7,00
15	CIII-R-3-19	2190	2,83	4,17	5,67	2110a	3,33	5,00	3123	3,00	6,50	2,00	1414 b	6,67
16	CIII-H-4-12	1841ab	3,17	3,67	5,50	2572ab	3,17	4,67	3055	2,50	5,50	1,50	1203a	5,67
17	CNFC 9437	1655ab	2,50	1,67	4,50	2252ab	1,00	3,00	2299 b	2,00	4,50	1,50	1120a	1,00
18	CNFE 8017	2055ab	3,33	4,67	5,50	2568ab	3,00	3,67	2932a	2,00	4,50	1,50	1135a	6,67
19	Talismã	1892a	2,33	3,33	6,33	2345a	6,00	4,33	2655a	3,00	4,50	1,00	948a	6,67
20	Pérola	1860 b	3,67	4,17	5,17	2450 b	4,67	5,33	2125 b	2,00	4,00	2,00	1670 b	4,33
MÉDIA		2024	2,98	3,51	5,48	2552	3,15	4,82	2846	2,83	5,40	2,08	1487	4,58
CV (%)		15,06	31,76	23,55	7,00	10,87	16,90	13,9	11,19	30,90	9,59	40,2	18,99	11,43
Correlação		-	-0,54	-0,55	0,10	-	-0,76	0,15	-	0,07	0,43	0,01	-	-0,8

¹Médias seguidas da mesma letra não diferem da testemunha de acordo com o teste de Dunnett a 5%.

Pode-se destacar como susceptíveis à ferrugem a cultivar Valente e as linhagens VP8, VP12 em Viçosa, na safra de inverno, nos anos de 2002 e 2003, pois apresentaram rendimento inferior à média geral e nota de severidade acima de 5,5. Além destes dois ambientes, a linhagem CNFP 7988 também apresentou susceptibilidade em Coimbra (inverno de 2002). Já algumas linhagens como VP2 e VP5 manifestaram susceptibilidade apenas em um dos três ambientes, onde a ferrugem foi mais severa. Tais resultados evidenciam a existência de diferentes raças atuando nos diferentes ambientes. As linhagens consideradas resistentes à ferrugem foram VP1, VP3, VP6, Vi 5500 e a cultivar Ouro Negro, pois apresentaram notas abaixo de 2,5 e superioridade produtiva nos quatro ambientes avaliados.

No Quadro 8 também é possível verificar uma associação inversa entre a severidade da ferrugem e a produção de grãos para feijões do tipo carioca, em razão da magnitude dos valores de correlação variando de $-0,55$ a $-0,80$ na safra de inverno. Já na safra da seca de 2003, a ocorrência de crestamento-bacteriano-comum e da ferrugem não afetou a produtividade, embora tenham sido observadas notas altas (acima de 6) para a primeira doença. Apenas as linhagens VC1 e VC3 apresentaram rendimento inferior à média geral e notas de severidade acima de 6,5, porém suas produtividades equipararam-se à testemunha de maior produtividade (Talismã).

Ao contrário do comportamento verificado pela produtividade e crestamento-bacteriano em feijão preto (correlação de 0,78), na safra de inverno de 2002 em Viçosa (Quadro 7), a correlação destas características para as linhagens do tipo carioca foi de sinal negativo, $-0,54$, (Quadro 8). Cabe ressaltar que nesse ensaio as notas observadas foram sempre abaixo de 4,5.

Pode-se destacar como susceptíveis à ferrugem as linhagens VC1, AN-LAV-51 e OP-S-193, com as duas primeiras apresentando notas superiores a 5 em Coimbra (inverno de 2002) e Viçosa (inverno de 2003) e a última nos três ambientes do inverno (Quadro 8). O maior número de linhagens susceptíveis foram observadas na safra de inverno de 2003 em Viçosa, com um total de oito linhagens com nota superior a 5. Essa variação

na susceptibilidade evidencia a existência de diferentes raças presentes nos diferentes ambientes, como verificado para o ensaio de feijão preto.

As linhagens de grãos tipo carioca, mais resistentes à ferrugem foram Vi 0669, Vi 4899 e CNFC9437, pois apresentaram notas abaixo de 2,5 nos quatro ambientes avaliados. Além disso, foi constatada a superioridade das duas primeiras linhagens na maioria destes ambientes em que foram feitas as avaliações de doença. Apesar destas observações, seria um erro admitir doença como único fator de determinação de produtividade; isto pode ser exemplificado pela linhagem CNFC 9437 que, apesar de suas baixas notas, próximas da unidade, foi uma das que apresentaram menor rendimento no ensaio de inverno de 2003 (Quadros 6 e 8).

Os resultados apresentados ratificam a importância da interação GxA na cultura do feijoeiro, relatada por outros autores (ABREU et al., 1992; CORTE et al., 2001; CARBONELL et al., 2001; RAMALHO et al., 2002a), bem como sua complexidade. Assim, fica evidente a necessidade de estudos pormenorizados da interação GxA, principalmente, na fase de recomendação de cultivares.

4.2. Interação genótipos por ambientes

4.2.1. Análise de variância conjunta

O resumo da análise de variância conjunta dos experimentos que compuseram os ensaios de VCU dos grupos preto ou carioca, é apresentados no Quadro 9. A relação entre o maior quadrado médio do resíduo pelo menor está de acordo com o sugerido por Pimentel-Gomes (1985) para a realização da análise conjunta dos dados, podendo-se concluir pela homogeneidade de variância residual dos experimentos em avaliação.

Verifica-se, pelo Quadro 9, diferença significativa entre média de genótipos (linhagens), variância significativa de ambientes e interação genótipos x ambientes (GxA), tanto para o ensaio de VCU de feijão preto quanto para o carioca. Efeito significativo de genótipos na presença de interação GxA, com variância também significativa, evidencia elevada variabilidade entre as linhagens avaliadas, uma vez que o componente de variância da interação GxA (s_{ga}^2) tende a reduzir ou consumir a variabilidade

estimada entre as linhagens. Já o efeito significativo de ambientes possibilita concluir que os experimentos foram conduzidos em ambientes (no caso locais e safras) que apresentaram variação suficiente para discriminar as linhagens estudadas; enquanto efeito significativo da interação GxA indica que os genótipos apresentaram comportamento diferencial ao longo dos ambientes, ou seja, ocorreram

Quadro 9 – Resumo da análise de variância conjunta dos 20 genótipos de feijão dos ensaios de VCU de feijão preto e carioca avaliados em 12 ambientes no Estado de Minas Gerais

FV	GL	QM	QM
		VCU preto	VCU carioca
Blocos/Amb	24	427258,22	582015,06
Ambientes (A)	11	25596941,77 *	28596474,80 *
Genótipos (G)	19	1019567,41 *	1052309,12 *
GxA	209	230746,91 **	280040,99 **
Resíduo	456	77373,15	103726,12
Total	719		
Média		2389,46	2520,57
CV(%)		11,64	12,78
Maior(QMR)/Menor(QMR)		4,28	4,69

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F.

trocas de posição relativa das linhagens ou diferença na magnitude de resposta da produtividade de grãos em função da variação dos ambientes.

A interação genótipos por ambientes na cultura do feijoeiro também foi evidenciada por vários outros autores (ABREU et al.,1990; RAMALHO et al.,1993b; CARBONELL e POMPEU, 1997; RAMALHO et al.,1998; ROSSE e VENCOVSKY, 2000; CARBONELL et al., 2001; CORTE et al., 2001).

Alguns autores relatam que dentre os fatores ambientais (safras, locais, anos) que mais têm contribuído para a interação GxA nesta cultura destaca-se primeiro a safra. RAMALHO et al. (1993b), comparando os efeitos de local, ano e época de semeadura (safra) para a interação GxA, observaram que a interação cultivar x safra foi a mais expressiva. Em estudos posteriores RAMALHO et al. (2002c) verificaram que a safra do “inverno” foi a que mais contribuiu para a interação GxA em Lavras, Lambari e Patos de Minas, no Estado de Minas Gerais. Já OLIVEIRA (2003) avaliando o

comportamento de populações segregantes, constatou que a safra da seca foi a que mais contribuiu para a interação GxA, num estudo realizado na Universidade Federal de Viçosa, com experimentos realizados em Coimbra-MG.

Segundo CRUZ e REGAZZI (2001), diferentes estratégias têm sido adotadas para contornar os inconvenientes proporcionados pela interação genótipos por ambientes na fase de recomendação de cultivares. Uma estratégia é a recomendação de cultivares específicos para cada uma das condições ambientais. RAMALHO et al. (1993b) comenta que esta alternativa seria laboriosa, além de onerosa, para um programa de melhoramento como o do feijoeiro em razão das variadas condições edafo-climáticas que a cultura está sujeita.

Outra estratégia é a estratificação dos ambientes em grupos de modo que a interação genótipos por ambientes nestes subgrupos seja não-significativa. Nesse caso, a recomendação de cultivares seria para cada um dos possíveis subgrupos formados. Essa estratégia é de grande utilidade na escolha de locais para descarte (CRUZ e REGAZZI, 2001) em casos de escassez de recursos humanos e ou financeiros para condução dos ensaios de avaliação.

A estratificação ambiental contorna os inconvenientes proporcionados pela interação GxA atuando sobre os ambientes. Entretanto, há estratégias que atuam sobre os genótipos, como é o caso dos estudos de adaptabilidade e estabilidade, que permitem um detalhamento do comportamento das cultivares avaliadas frente às variações ambientais. Estratificação ambiental e estudos de adaptabilidade e estabilidade têm sido as estratégias preferidas por diversos autores para contornar os inconvenientes proporcionados pela interação GxA na cultura do feijoeiro (RAMALHO et al., 1993a; MIRANDA et al., 1993; CARBONELL e POMPEU, 1997; COIMBRA et al., 1999; ABREU et al., 1990; ROSSE e VENCOVSKY, 2000; CARBONELL e POMPEU, 2000; CARBONELL et al., 2001; CARNEIRO et al. 2002; RAMALHO et al., 2002c).

4.2.2. Estratificação de ambientes

4.2.2.1. Estratificação de ambientes pelo método tradicional

A relação dos ambientes para este estudo é apresentada no Quadro 10. Os Quadros 11 e 12 apresentam os grupos de ambientes, cuja interação GxA é não-significativa, para os ensaios de VCU de feijão preto e carioca, respectivamente. Esse método de agrupamento é baseado no algoritmo de Lin (1980) e forma grupos mutuamente exclusivos. Verifica-se que os 12 ambientes componentes do ensaio de VCU de feijão preto foram distribuídos em seis grupos (Quadro 11). Os ambientes 1, 2, 3, 4, (Viçosa, Ponte Nova, Coimbra e Leopoldina – inverno 2002) agruparam-se com os ambientes 10 e 11 (Coimbra e Ponte Nova – inverno 2003), formando, assim, o primeiro grupo, cuja interação GxA é não-significativa. Ressalta-se que todos os ambientes incluídos no grupo I pertencem à safra de inverno, indicando que esta safra constituiu um fator de maior influência sobre os genótipos estudados, comparada ao efeito de locais e anos. Alguns autores têm sugerido a incidência de doenças como a principal causa da interação genótipos x safras, que por sua vez é bastante influenciada pelas condições climáticas de cada safra (MIRANDA et al., 1993; RAMALHO et al., 1998; CARBONELL e POMPEU 1997; CARBONELL e POMPEU 2000; CARBONELL et al., 2001; entre outros). No entanto, o agrupamento de ambientes contemplando safras diferentes, como mostra o grupo II formado por Viçosa – seca 2003 e Capinópolis – inverno 2003, evidenciam outros fatores, como exemplo locais, contribuindo para a interação genótipos por ambientes na cultura do feijoeiro. Já no ensaio de VCU de feijão carioca, os 13 ambientes foram distribuídos em oito grupos (Quadro 12). Novamente, houve tendência em se agrupar ambientes correspondentes à safra de inverno, como se verifica pelos ambientes componentes dos grupos I e II.

Comparando o agrupamento dos ambientes com base no ensaio de VCU preto (Quadro 11) com o do ensaio de VCU de feijão carioca (Quadro 12), verifica-se para o primeiro maior número de ambientes inclusos nos grupos formados.

Quadro 10 – Produtividade de grãos (kg/ha) por ambientes referentes aos ensaios de VCU's de feijão preto e carioca

Ambiente	Local	Safr/Ano	Produtividade Média (kg/ha)	
			VCU preto	VCU carioca
1	Viçosa	inverno/02	1647,44 (-)	2034,76 (-)
2	Coimbra	inverno/02	2578,91 (+)	2552,62 (+)
3	Ponte Nova	inverno/02	2520,12 (+)	2246,83 (-)
4	Leopoldina	inverno/02	2004,83 (-)	1926,91 (-)
5	Viçosa	seca/03	3098,01 (+)	2846,77 (+)
6	Coimbra	seca/03	2145,28 (-)	2327,04 (-)
7	Ponte Nova	seca/03	2767,73 (+)	3130,29 (+)
8	Florestal	seca/03	1607,11 (-)	1711,31 (-)
9	Viçosa	inverno/03	1436,83 (-)	1487,50 (-)
10	Coimbra	inverno/03	3665,17 (+)	3824,63 (+)
11	Ponte Nova	inverno/03	2599,62 (+)	3168,79 (+)
12	Capinópolis	inverno/03	2602,39 (+)	2989,38 (+)
Média geral			2389,45	2520,57

(+) e (-) indicam ambientes favoráveis e desfavoráveis, respectivamente.

Quadro 11 – Grupos de ambientes que proporcionam interação genótipos x ambientes não-significativa e seus respectivos quadrados médios da interação (QMGA), F calculado (Fcal), F tabelado (Ftab), ao nível de 5% de probabilidade, com base na produtividade de 20 linhagens de feijão do ensaio de VCU preto

Grupo	Ambientes	QMGA	Fcal	Ftab(5%)
I	1, 3, 11, 4, 2 e 10	32770,39	1,27	1,28
II	5 e 12	38017,42	1,47	1,60
III	6			
IV	7			
V	8			
VI	9			

Quadro 12 - Grupos de ambientes que proporcionam interação genótipos x ambientes não-significativa e seus respectivos quadrados médios da interação (QMGA), F calculado (Fcal), F tabelado (Ftab), ao nível de 5% de probabilidade baseado na produtividade de linhagens de feijão no ensaio de VCU carioca

Grupo	Ambientes	QMGA	Fcal	Ftab (5%)
I	11, 12, 1, e 3	44325,78	1,28	1,35
II	2 e 4	45377,75	1,31	1,60
III	5			
IV	6			
V	7			
VI	8			
VII	9			
VIII	10			

Este resultado indica maior interação das linhagens do tipo carioca com estes ambientes do que aquelas do grupo preto.

Interação GxA com efeito significativo não implica, necessariamente, em troca na posição relativa dos genótipos avaliados. Isto ocorre quando a interação GxA é de natureza simples, em predominância. Assim, alguns autores, como CRUZ e REGAZZI (2001), têm sugerido o aprimoramento da estratificação de ambientes de modo a formar subgrupos em que seus pares apresentem interação GxA predominantemente de natureza simples. Nesse caso, a interação não afeta a recomendação de cultivares, uma vez que a posição relativa das cultivares é a mesma ao longo dos ambientes.

4.2.2.2. Estratificação de ambientes pelo método da decomposição da interação GxA em partes simples e complexa

A correlação entre pares de ambientes e sua fração da interação GxA de natureza simples, estimada pelo método CRUZ e CASTOLDI (1991) é apresentadas no Quadro 13. Os pares de ambientes que apresentaram interação predominantemente de natureza simples foram apenas 1x2, 1x3, 2x11 no ensaio de VCU de feijão preto e 1x2, 1x9, 2x4, 3x12, 5x12 e 9x12 no ensaio de VCU de feijão carioca.

Também se verifica que os ambientes não agrupados pelo método tradicional não apresentaram fração de interação GxA de natureza simples, em predominância, par a par com os ambientes já agrupados. Conseqüentemente, neste estudo em particular, não foi possível acrescentar ambientes aos grupos formados pelo método tradicional.

Cabe ressaltar que nesse estudo a maioria dos pares de ambientes apresentou interação GxA de natureza complexa. Já considerando a correlação entre os pares de ambientes, observa-se que todos os ambientes do grupo I, ensaio de VCU de feijão preto, com base no método tradicional, apresentaram correlação acima de 0,5. Este fato também foi verificado no ensaio de VCU de feijão carioca nos grupos I e II, com exceção dos pares de ambientes 11x12 e 1x12, que apresentaram valores de correlação abaixo de 0,5, lembrando que estes ambientes (1, 11 e 12) foram reunidos, pelo método tradicional, no grupo I (Quadro 11).

Quadro 13 – Pares de ambientes, suas correlações (r) e porcentagem da parte simples (PS%) da interação GxA, conforme CRUZ e CASTOLDI (1991), nos ensaios de VCU de feijão preto e carioca avaliados no Estado de Minas Gerais

Par de ambientes	VCU preto		VCU carioca		Par de ambientes	VCU preto		VCU carioca	
	r	PS%	r	PS%		r	PS%	r	PS%
1 x 2	0,72	50,42	0,74	56,33	1 x 3	0,76	51,20	0,62	38,32
1 x 4	0,53	34,08	0,47	27,47	1 x 5	-0,23	-10,84	0,32	18,83
1 x 6	-0,21	-8,85	0,21	12,26	1 x 7	0,18	9,74	-0,19	-9,15
1 x 8	-0,04	9,65	-0,10	-4,56	1 x 9	0,68	48,71	0,71	54,86
1 x 10	0,62	39,73	0,28	15,34	1 x 11	0,70	45,36	0,57	37,82
1 x 12	0,47	27,51	0,30	31,58	2 x 3	0,55	36,46	0,51	34,18
2 x 4	0,58	45,87	0,72	54,03	2 x 5	0,14	9,69	0,09	5,50
2 x 6	-0,12	-5,83	-0,13	-5,21	2 x 7	0,10	9,88	-0,04	2,70
2 x 8	-0,24	-7,06	-0,36	-11,44	2 x 9	0,28	15,53	0,75	49,99
2 x 10	0,70	45,60	0,37	27,68	2 x 11	0,77	56,36	0,43	38,50
2 x 12	0,40	27,38	0,15	36,83	3 x 4	0,59	38,12	0,44	25,09
3 x 5	0,02	0,98	0,50	29,79	3 x 6	-0,34	-14,46	-0,09	-4,00
3 x 7	0,44	25,95	-0,09	-4,31	3 x 8	0,00	12,30	-0,28	-12,52
3 x 9	0,56	38,44	0,59	40,55	3 x 10	0,56	35,05	0,07	4,22
3 x 11	0,63	39,50	0,35	23,89	3 x 12	0,50	29,52	0,53	51,53
4 x 5	0,17	10,67	-0,20	-8,88	4 x 6	-0,15	-1,56	-0,46	-20,16
4 x 7	0,27	15,01	0,00	0,27	4 x 8	0,02	21,68	-0,48	-21,63
4 x 9	0,33	29,04	0,50	35,36	4 x 10	0,41	29,33	0,41	23,59
4 x 11	0,69	47,94	0,17	11,63	4 x 12	0,42	24,91	0,40	39,12
5 x 6	0,14	8,64	0,41	23,25	5 x 7	0,09	5,28	-0,01	0,77
5 x 8	-0,08	7,89	0,10	7,36	5 x 9	-0,56	-22,24	0,27	16,05
5 x 10	0,19	10,67	-0,21	-8,19	5 x 11	0,02	1,24	0,54	41,14
5 x 12	0,49	28,67	0,46	50,20	6 x 7	-0,01	2,66	-0,03	-0,47
6 x 8	0,37	27,74	0,48	30,24	6 x 9	-0,16	-7,33	-0,08	-2,21
6 x 10	0,16	8,61	-0,04	-0,51	6 x 11	-0,33	-14,41	0,07	9,28
6 x 12	0,06	5,83	-0,16	11,43	7 x 8	0,47	46,57	0,00	-0,13
7 x 9	0,29	22,64	-0,20	-4,76	7 x 10	0,31	19,61	0,24	12,67
7 x 11	0,38	21,80	-0,15	-5,41	7 x 12	0,19	10,06	-0,09	8,43
8 x 9	0,07	6,85	-0,03	5,28	8 x 10	-0,01	6,66	0,15	7,80
8 x 11	0,19	22,33	-0,06	-1,83	8 x 12	0,12	22,29	-0,13	4,33
9 x 10	0,20	11,52	0,21	18,57	9 x 11	0,44	29,12	0,49	44,08
9 x 12	0,11	10,89	0,38	52,77	10 x 11	0,50	30,16	0,35	21,04
10 x 12	0,46	28,94	0,19	22,83	11 x 12	0,41	23,89	0,39	28,78

Esta contradição pode ser devida ao fato de que o ambiente 12 não proporcionou diferença significativa entre as linhagens do grupo carioca estudadas (Quadro 4). Esses resultados indicam a importância de métodos de agrupamento de ambientes que priorizam a correlação.

4.2.3. Adaptabilidade e estabilidade das linhagens

4.2.3.1. Método tradicional

A estimativa do parâmetro de estabilidade, pelo método tradicional, de cada uma das linhagens componentes do ensaio de VCU de feijão preto encontra-se no Quadro 14. Verifica-se que VP4, Vi 7800, VP7, VP5 e VP10 foram as cinco linhagens que apresentaram variância ambiental (QMA/G) de menor magnitude em relação às demais e, conseqüentemente, foram as cinco mais estáveis por este método. Destas, somente a linhagem VP5 possui média de produtividade maior que a média geral. Por outro lado, as cinco linhagens mais instáveis foram VP1, VP9, CNFP 7988, Ouro Negro e Valente, sendo que três destas apresentaram rendimento superior à média geral do ensaio. Estes resultados evidenciam uma associação entre baixos rendimentos e alta estabilidade, sustentando as afirmativas de LIN et al. (1986), MIRANDA et al.(1997) e CRUZ e REGAZZI (2001) de que genótipos de variância mínima são, em geral, pouco produtivos.

Também se constata que por este método muitas linhagens de excelente produtividade não seriam recomendadas como é o caso das linhagens VP1, VP3, Vi 5700 e Vi 5500. Outro inconveniente apresentado por este método, para variáveis como produtividade, é que ele não apresenta a resposta dos genótipos em função das variações ambientais, como já relatado por CRUZ e REGAZZI (2001).

Diferentemente do ensaio de VCU de feijão preto, verifica-se que, no ensaio de VCU de feijão carioca, tanto entre as cinco linhagens mais estáveis, VC4, Pérola, Vi 4599, OP-NS-331 e Vi 0669, quanto as cinco menos estáveis, VC1, VC2, VC3, AN-LAV-51 e OP-S-30, pelo método tradicional (Quadro 15), ocorreram linhagens com elevado potencial produtivo. Resultados similares foram constatados por MEKBIB (2002), em

Quadro 14 – Produtividade de grãos (kg/ha), estimativas do parâmetro de estabilidade, dada pelo quadrado médio de ambientes dentro de cada genótipo (QMA/G) e posição relativa das linhagens de feijão preto, avaliadas no ensaio de valor de cultivo e uso (VCU) em Minas Gerais, nas safras de inverno/2002, da seca/2003 e de inverno/2003

Genótipo	Produtividade (kg/ha)	QMA/G	Posição relativa ¹
VP1	2421 #	2580635,446	19
VP2	2304	1193869,895	6
VP3	2516 #	1551998,261	14
VP4	2295	873740,030	1
VP5	2555 #	1101011,524	4
VP6	2362	1558946,041	15
VP7	2366	1008976,863	3
VP8	2384	1316868,652	7
VP9	2320	1629555,302	16
VP10	2195	1176211,855	5
VP11	2345	1430562,339	10
VP12	2245	1523273,997	12
VP13	2326	1369215,894	9
Vi 5700	2656 #	1441136,717	11
Vi 5500	2626 #	1331879,620	8
Vi 7800	2334	902809,203	2
CNFP 9346	2282	1549189,154	13
CNFP 7988	2036	1973792,677	18
Ouro Negro	2759 #	1737911,618	17
Valente	2451 #	2729548,214	20
Média Geral	2389		

- Linhagens que superou a média geral;

¹ - Classificação da estabilidade pelo método tradicional, ou seja, quanto mais próximo de um, maior é a estabilidade.

que nove de dezesseis linhagens de feijão avaliadas na Etiópia apresentaram alto rendimento e estabilidade fenotípica elevada. Este mesmo autor também encontrou alta correlação (acima de 0,96) entre o método tradicional e o proposto por WRICKE (1962).

Quadro 15 - Produtividade de grãos (kg/ha), estimativas do parâmetro de estabilidade, dada pelo quadrado médio de ambientes dentro de cada genótipo (QMA/G) e posição relativa das linhagens de feijão carioca, avaliadas no ensaio de valor de cultivo e uso (VCU) em Minas Gerais, nas safras de inverno/2002, da seca/2003 e de inverno/2003

Genótipo	Produtividade (kg/ha)	QMA/G	Posição relativa ¹
VC1	2210	2421401,506	20
VC2	2592 #	2388792,771	19
VC3	2612 #	2343725,099	18
VC4	2777 #	1014798,660	1
VC5	2593 #	1415069,804	6
Vi 0669	2645 #	1339683,612	5
Vi 4899	2734 #	1522320,568	9
Vi 4599	2612 #	1164635,571	3
OP-S-30	2526 #	2050172,122	16
OP-S-82	2681 #	1852054,090	14
OP-NS-331	2706 #	1220220,190	4
OP-S-16	2537 #	1962785,822	15
OP-S-193	2479	1514103,784	8
AN-LAV-51	2240	2337096,529	17
CIII-R-3-19	2607 #	1828595,333	13
CIII-H-4-12	2463	1618246,662	10
CNFC 9437	2223	1463305,556	7
CNFE 8017	2438	1637915,248	11
Talismã	2430	1694306,262	12
Pérola	2296	1128024,457	2
Média Geral	2520		

- Linhagens que superou a média geral;

¹ - Classificação da estabilidade pelo método tradicional, ou seja, quanto mais próximo de um, maior é a estabilidade

Linhagens produtivas e que não respondem às variações ambientais devem ser as preferidas para recomendação em ambientes desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura. Isto é, caso as condições ambientais sejam adversas ao desenvolvimento do feijoeiro, como exemplo, escassez de chuvas e de nutrientes, o material recomendado não deve reduzir sua produtividade em função dessas variações indesejáveis nas condições ambientais. Linhagens com esse ideótipo são, então, recomendadas para pequenos agricultores que, em geral, utilizam poucos insumos e dependem, em sua maioria, das chuvas. Assim, as linhagens VP5, de grãos pretos, VC4, Vi 4598C, OP-NS-331 e Vi 0699C, de grãos tipo carioca, devem ser recomendadas, com base no método tradicional, para produtores que utilizam baixa tecnologia.

Para produtores que empregam mais tecnologia, como irrigação suplementar e fornecimento adequado de insumos à cultura, linhagens a serem recomendadas seriam aquelas produtivas, mas com capacidade de resposta à melhoria das condições ambientais. Nesse caso, verifica-se que o método tradicional não permite identificar essas linhagens, caso existam e, conseqüentemente, não permite a recomendação de linhagens para esses tipos de agricultores, havendo, assim, a necessidade do uso de outros métodos para alcançar tal objetivo, como os métodos que se baseiam na análise de regressão para o estudo de adaptabilidade e estabilidade.

4.2.3.2. Método de EBERHART e RUSSELL (1966)

Nos Quadros 16 e 17 são apresentadas, respectivamente, para o ensaio de VCU preto e carioca, as análises conjuntas de variância com a decomposição da soma de quadrados de ambientes, dentro de cultivares (A/G), nos efeitos ambiente linear (Amb. Linear), interação genótipos x ambiente linear (GxA linear) e desvios combinados (Desv. comb.). A significância do efeito ambiente linear indica a presença de variações significativas no ambiente para proporcionar alterações nas médias dos genótipos. A interação GxA linear significativa, por sua vez, indica diferenças quanto ao padrão de resposta às variações ambientais entre as linhagens, demonstrando que há diferenças entre os coeficientes de regressão linear do grupo de genótipos avaliados. Já o desvio combinado com efeito significativo indica falta de linearidade para pelo menos uma das linhagens em estudo, evidenciada pelo desvio da regressão.

Quadro 16 – Resumo da análise de variância conjunta com a decomposição da soma de quadrados de ambientes/genótipos e estimativa da produtividade média de grãos em kg/ha (β_{0i}), dos coeficientes de regressão (β_{1i}) e de determinação (R^2), segundo a metodologia de EBERHART e RUSSELL (1966), de 20 linhagens de feijão preto, avaliadas em 12 ambientes no Estado de Minas Gerais

FV	GL	QM	Média ($\hat{\beta}_{0i}$)	$\hat{\beta}_{1i}$ H0: $\beta_{1i}=1$ Teste t	$\hat{\sigma}_{di}^2$ H0: $\sigma_{di}^2=0$ Teste F	R^2 (%)
Ambientes (A)	11	25596941,85	-	-	-	-
Linhagens (G)	19	1019567,42	-	-	-	-
G x A	209	230746,91	-	-	-	-
A/G	220	1499056,66	-	-	-	-
Amb. linear	1	281566360,38 **	-	-	-	-
GxA linear	19	384789,21 **	-	-	-	-
Desv. comb.	200	204575,55 **	-	-	-	-
Desv.- VP1	10	362779,10	2421	1,32 **	95135,31 **	87,22
Desv.- VP2	10	127962,24	2304	0,91 ^{ns}	16863,03 ^{ns}	90,25
Desv.- VP3	10	440908,84	2516	0,94 ^{ns}	121178,56 **	74,17
Desv.- VP4	10	128055,49	2295	0,76 **	16894,11 ^{ns}	86,67
Desv.-VP5	10	262424,83	2555	0,82 *	61683,89 **	78,33
Desv.-VP6	10	242400,41	2362	1,02 ^{ns}	55009,08 **	85,86
Desv.-VP7	10	337830,40	2366	0,74 **	86819,08 **	69,56
Desv.-VP8	10	60076,18	2384	0,99 ^{ns}	-5765,65 ^{ns}	95,85
Desv.-VP9	10	370892,87	2320	1,00 ^{ns}	97839,90 **	79,30
Desv.-VP10	10	59052,57	2195	0,93 ^{ns}	-6106,85 ^{ns}	95,43
Desv.-VP11	10	109745,12	2345	1,01 ^{ns}	10790,65 ^{ns}	93,02
Desv.-VP12	10	141234,38	2245	1,04 ^{ns}	21287,07 ^{ns}	91,57
Desv.-VP13	10	38402,96	2326	1,02 ^{ns}	-12990,06 ^{ns}	97,45
Desv.-Vi 5700	10	98540,28	2656	1,02 ^{ns}	7055,71 ^{ns}	93,78
Desv.-Vi 5500	10	219498,87	2626	0,94 ^{ns}	47375,24 **	85,01
Desv.-Vi 7800	10	108620,08	2334	0,79 **	10415,64 ^{ns}	89,06
Desv.-CNFP 9346	10	246927,30	2282	1,01 ^{ns}	56518,05 **	85,50
Desv.-CNFP 7988	10	243747,95	2036	1,17 *	55458,26 **	88,77
Desv.-Ouro Negro	10	245204,50	2759	1,08 ^{ns}	55943,78 **	87,17
Desv.-Valente	10	247206,61	2451	1,39 **	56611,15 **	91,76
Resíduo	456		2389	-	-	-

Correlação entre β_{0i} e β_{1i} : 0,02

ns - não significativo; *, ** - significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

Quadro 17 – Resumo da análise conjunta de variância com a decomposição da soma de quadrados de ambientes/genótipos e estimativa da produtividade média de grãos em kg/ha (β_{0i}), dos coeficientes de regressão (β_{1i}) e de determinação (R^2), segundo a metodologia de EBERHART e RUSSELL (1966), de 20 linhagens de feijão carioca avaliadas em 12 ambientes no Estado de Minas Gerais

FV	GL	QM	Média ($\hat{\beta}_{0i}$)	$\hat{\beta}_{1i}$ H0: $\beta_{1i}=1$ Teste t	$\hat{\sigma}_{di}^2$ H0: $\sigma_{di}^2=0$ Teste F	R^2 (%)
Ambientes (A)	11	28596474,84	-	-	-	-
Linhagens (G)	19	1052309,11	-	-	-	-
G x A	209	280040,99	-	-	-	-
A/G	220	1695862,68	-	-	-	-
Amb. linear	1	314561223,25 **	-	-	-	-
GxA linear	19	306039,39 **	-	-	-	-
Desv. comb.	200	263569,09 **	-	-	-	-
Desv.- VC1	10	361664,80	2210	1,21**	85979,56**	86,42
Desv.- VC2	10	429600,73	2592	1,18*	108624,87**	83,65
Desv.- VC3	10	401028,05	2612	1,18*	99100,64**	84,44
Desv.- VC4	10	188734,03	2777	0,77**	28335,97 ^{ns}	83,09
Desv.-VC5	10	254007,63	2593	0,91 ^{ns}	50093,84**	83,68
Desv.-Vi 0669	10	308507,89	2645	0,86 ^{ns}	68260,59**	79,07
Desv.-Vi 4899	10	272747,80	2734	0,94 ^{ns}	56340,56**	83,71
Desv.-Vi 4599	10	107326,02	2612	0,86 ^{ns}	1199,96 ^{ns}	91,62
Desv.-OP-S-30	10	262386,48	2526	1,13 ^{ns}	52886,79**	88,37
Desv.-OP-S-82	10	189058,28	2681	1,08 ^{ns}	28444,05 ^{ns}	90,72
Desv.-OP-NS-331	10	157650,80	2706	0,87 ^{ns}	17974,89 ^{ns}	88,25
Desv.-OP-S-16	10	412532,14	2537	1,05 ^{ns}	102935,34**	80,89
Desv.-OP-S-193	10	202285,65	2479	0,96 ^{ns}	32853,17*	87,85
Desv.-AN-LAV-51	10	150140,39	2240	1,24**	15471,42 ^{ns}	94,16
Desv.-CIII-R-3-19	10	429159,95	2607	1,00 ^{ns}	108477,94**	78,66
Desv.-CIII-H-4-12	10	124097,51	2463	1,03 ^{ns}	6790,46 ^{ns}	93,03
Desv.-CNFC 9437	10	208997,66	2223	0,94 ^{ns}	35090,51*	87,02
Desv.-CNFE 8017	10	310955,72	2438	0,97 ^{ns}	69076,53**	82,74
Desv.-TALISMA	10	203901,60	2430	1,03 ^{ns}	33391,82*	89,06
Desv.-PEROLA	10	296598,62	2296	0,77**	64290,83**	76,10
Resíduo	456		2520	-	-	-

Correlação entre β_{0i} e β_{1i} : - 0.34

ns - não significativo; ** -significativo a 1% de probabilidade

O Quadro 18 apresenta os índices ambientais (I_j) para os diferentes ambientes, resultantes da combinação de locais e safras, dos ensaios de VCU de feijão preto e carioca. Os métodos para a análise de adaptabilidade e estabilidade das linhagens dos dois ensaios de VCU, preto e carioca, apresentados a seguir, que se baseiam em análise de regressão, utilizarão estes índices como variáveis independentes.

Quadro 18 – Índices ambientais (I_j) proporcionados por cada ambiente avaliado nos ensaios de VCU de feijão preto e carioca

Ambiente	Local	Safr/Ano	Índice Ambiental (I_j)	
			VCU Preto	VCU Carioca
1	Viçosa	inverno/02	-742,01	-485,80
2	Coimbra	inverno/02	+189,45	+32,05
3	Ponte Nova	inverno/02	+130,66	-273,73
4	Leopoldina	inverno/02	-384,62	-593,65
5	Viçosa	seca/03	+708,55	+326,19
6	Coimbra	seca/03	-244,17	-193,53
7	Ponte Nova	seca/03	+378,27	+609,71
8	Florestal	seca/03	-782,33	-809,25
9	Viçosa	inverno/03	-952,62	-1003,07
10	Coimbra	inverno/03	+1275,71	+1304,06
11	Ponte Nova	inverno/03	+210,16	+648,21
12	Capinópolis	inverno/03	+202,93	+468,80

+ e – indicam ambientes favoráveis e desfavoráveis, respectivamente.

Esses índices também são uma medida da qualidade ambiental e, nesse sentido, verifica-se que aproximadamente metade dos ambientes apresentou-se como favorável (índices I_j positivos) ao cultivo do feijoeiro e a outra metade desfavorável (índices I_j negativos), tanto no ensaio de VCU preto quanto no carioca. Ademais, verifica-se que praticamente os ambientes apresentaram a mesma qualidade, índices I_j de mesmo sinal, nos dois ensaios. Isso evidencia serem os índices ambientais excelentes medidores da qualidade ambiental. Em alguns desses ambientes (experimentos) também foram realizadas avaliações quanto à incidência de algumas doenças de importância na cultura do feijoeiro, tanto para o ensaio de VCU de feijão preto quanto carioca (Quadro 7 e 8), como discutido anteriormente. Essas avaliações não foram realizadas em todos os experimentos e nem para todas as doenças do feijoeiro, que assolam esta cultura em razão de alguns deles não se verificar a doença em nível de campo e devido, principalmente, à escassez de recursos humanos e financeiros para tal. Ademais, também ocorreram doenças como mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), que dizima toda a planta e, conseqüentemente, prejudica a avaliação dos sintomas de outras doenças. Entretanto, percebe-se uma relação inversa entre qualidade ambiental, dada pelos índices ambientais (Quadro 18), e ambiente mais propício ao desenvolvimento da ferrugem (Quadro 7 e 8), ou seja, os ambientes mais favoráveis (I_j positivos) ao cultivo do feijoeiro são aqueles de menor

incidência dessa doença, dada pelas menores notas das linhagens em estudo. Essas constatações evidenciam a influência da ferrugem, como fator importante na determinação da interação genótipos x ambientes na cultura do feijoeiro, como sugerido por alguns autores (VIEIRA et al.,1999; RAMALHO et al.,2002a e BORGES et al., 2000). Cabe ressaltar que os dados apresentados neste estudo apresentaram apenas algumas tendências, uma vez que os dados relativos às avaliações de incidência de doenças não foram suficientes para conclusões decisivas, havendo a necessidade de estudos posteriores, para avaliações mais criteriosas em relação à incidência de doenças nos ensaios de VCU de feijão.

Nos Quadros 16 e 17 também estão apresentadas as estimativas das médias, dos coeficientes e desvios da regressão, bem como dos coeficientes de determinação, para cada uma das linhagens de feijão dos ensaios de VCU de feijão preto e carioca, respectivamente.

Dentre as linhagens que apresentaram coeficiente de regressão menor que a unidade (Quadro 16), destacou-se a linhagem VP5 que apresentou produtividade (2555,36 kg/ha) superior à média geral do ensaio (2389,46 kg/ha), sendo, portanto, segundo o método de EBERHART e RUSSELL, de adaptação específica às condições desfavoráveis. O desvio da regressão (s_{di}^2) dessa linhagem apresenta efeito significativo, sendo, segundo este método, considerada de baixa estabilidade, ou seja, de baixa previsibilidade de comportamento. Entretanto, verificou-se coeficiente de determinação de magnitude razoável ($R^2=78,33$) na regressão da linhagem em função dos índices ambientais, indicando previsibilidade tolerável para a referida linhagem. Segundo CRUZ e REGAZZI (2001), no caso de desvios de regressão significativos, tem sido adotado o coeficiente de determinação como medida auxiliar na avaliação da estabilidade dos genótipos. Assim, a linhagem VP5 é a recomendada, com base neste método, para as condições ambientais desfavoráveis ao cultivo do feijoeiro no Estado de Minas Gerais. Resultado semelhante foi observado para a linhagem VC4 no ensaio de VCU de feijão carioca (Quadro 17). Observa-se que essas linhagens, de baixo coeficiente de regressão ($\beta_{ii} < 1$), são coincidentes com aquelas de alta estabilidade pelo método tradicional (Quadros 14 e 15). As outras linhagens

de tegumento carioca (Quadro 15), de alta estabilidade, pelo método tradicional, Vi 4599, OP-NS-331 e Vi 0699C, apresentaram coeficientes de regressão (Quadro 17) numericamente menores que a unidade, embora esta diferença foi não-significativa.

A linhagem VP1 e a cultivar testemunha Valente (Quadro 16) destacaram-se a esta condição ambiental favorável, pois apresentaram coeficiente de regressão significativamente maior que a unidade. As linhagens VC2 e VC3, de tegumento carioca (Quadro 17), também apresentaram resposta linear acima da unidade ($b_1 > 1$), sendo, portanto, recomendadas para condições ambientais favoráveis ao cultivo do feijoeiro. Não existem maiores problemas quanto à previsibilidade de comportamento para esses genótipos, pois apesar do desvio de regressão ser significativo, o coeficiente de determinação foi para todos eles superior a 80%. Também se observa que os genótipos de coeficiente de regressão acima da unidade (Quadros 16 e 17) são coincidentes com as linhagens de baixa estabilidade pelo método tradicional (Quadros 14 e 15), tanto no ensaio de VCU de feijão preto quanto carioca.

A maioria dos genótipos apresentou ampla adaptabilidade ($b_{1i}=1$). Dentre eles destaca-se VP3, Vi 5500, Vi 5700 e Ouro Negro, para feijão preto, e VC5, VI0669C, VI4899C, VI4599C, OP-S-30, OP-S-82, OP-NS-331, OP-S-16 e CIII-R-3-19, para feijão carioca. As linhagens que apresentaram desvios significativos, no entanto, apresentaram R^2 acima de 80%, ou seja, possuíam comportamento linear previsível. CORTE e MODA-CIRINO (2002), estudando o comportamento de 15 linhagens precoces de feijoeiro pela metodologia de EBERHART e RUSSELL (1966), concluíram que a maioria dos genótipos estudados possuía boa estabilidade, com desvio de regressão não significativo, porém, em seu trabalho pode-se observar que mais da metade dos R^2 foram abaixo de 70%. Já neste trabalho a maioria das linhagens avaliadas apresentou desvio de regressão significativo, mas com alta representatividade pelo modelo linear (R^2 acima de 80%), excetuando-se apenas as linhagens VP3, VP7 e a cultivar Pérola, cujos R^2 foram 74,17%, 69,56% e 76,10%, respectivamente. Cabe ressaltar que a produtividade das linhagens precoces avaliadas por CORTE e MODA-

CIRINO (2002) foi de 1766,26 kg/ha, enquanto a do ensaio de VCU de feijão preto foi de 2389,46 kg/há, e de 2520,57 kg/ha para o ensaio de VCU de feijão carioca.

Ficou evidente neste trabalho, como já discutido, a associação entre capacidade de resposta das linhagens, dada pelo coeficiente de regressão, com a variância ao longo dos ambientes, obtida pelo QMA/G. Essa associação era esperada, pois os genótipos que mais respondem apresentam maior variância, e vice-versa. Entretanto, não se verificou correlação entre produtividade das linhagens e suas capacidades de respostas frente às variações ambientais, uma vez que a estimativa desse parâmetro foi de 0,02 (Quadro 16) para as linhagens do grupo preto, e de -0,34 (Quadro 17) para as linhagens do grupo carioca. Resultados similares foram obtidos por RAMALHO et al. (1993a). Já alguns trabalhos, como o de MIRANDA (1993), têm mostrado correlações positivas e significativas. Tais fatos evidenciam que cada população de genótipos em avaliação tem suas propriedades específicas. Assim, fica clara a necessidade de uma avaliação minuciosa de cada parâmetro em particular, para uma recomendação mais segura e com maiores chances de êxito.

A principal desvantagem do método de EBERHART e RUSSELL é a pressuposição de um comportamento genotípico linear único, representado pelo coeficiente de regressão linear (β_1), independente do tipo de ambiente estudado, favorável ou desfavorável. A “filosofia” de que um genótipo ideal apresenta respostas específicas em ambientes favoráveis e desfavoráveis, ou seja, que o comportamento fenotípico deve ser analisado através de uma análise de regressão bi-segmentada foi apresentada por VERMA et al. (1978), SILVA e BARRETO (1985), CRUZ et al. (1989) e CARNEIRO (1998). Neste sentido, alguns trabalhos na cultura do feijão têm evidenciado genótipos de comportamento linear bi-segmentado (ABREU et al., 1992, CARBONELL e POMPEU, 2000 e CARBONELL et al., 2001).

4.2.3.3. Método de CRUZ, TORRES e VENCOSKY (1989)

Encontram-se nos Quadros 19 e 20 as estimativas dos parâmetros de estabilidade e adaptabilidade obtidas pelo método proposto por CRUZ,

TORRES e VENCOVSKY (1989) para as linhagens componentes dos ensaios de VCU de feijão preto e carioca, respectivamente. Verifica-se que nenhuma linhagem componente do ensaio de VCU de feijão preto (Quadro 19) ou componente do ensaio de VCU carioca (Quadro 20) apresentou comportamento ideal, conforme o conceito de VERMA et al. (1978), ou seja, estimativas significativas dos parâmetros $\beta_1 < 1$ e $\beta_1 + \beta_2 > 1$, além de desvio de regressão não-significativo, bem como produtividade superior à média geral do ensaio.

No ensaio de VCU de feijão preto não se verificaram linhagens com adaptação específica às condições desfavoráveis ao cultivo do feijoeiro, uma vez que as três linhagens, VP4, VP7 e Vi 7800, com β_1 significativamente menor que a unidade (Quadro 19), apresentaram produtividade menor que a média geral do ensaio. Já para o ensaio de VCU de feijão carioca destacou-se a linhagem VC4 (Quadro 20) como adaptada às condições desfavoráveis, pois além de sua produtividade média superar a média do ensaio, apresentou coeficiente de regressão (com $I_j < 0$) significativamente menor que a unidade nesses ambientes. Quanto à sua estabilidade, apresentou previsibilidade tolerável, pois, apesar de seu desvio de regressão significativo, apresentou R^2 de magnitude considerável (acima de 80%).

Para as condições favoráveis ao cultivo do feijoeiro nenhuma linhagem do grupo preto (Quadro 19) apresentou elevada capacidade de resposta à melhoria das condições ambientais ($\beta_1 + \beta_2 > 1$), exceto a cultivar Valente utilizada neste ensaio como testemunha. Já para o ensaio de VCU de feijão carioca destacou-se a linhagem VC3 como responsiva à melhoria das condições ambientais ($\beta_1 + \beta_2 > 1$). Essa linhagem apresentou previsibilidade tolerável e produtividade superior à média geral do ensaio. Com base no método de EBERHART e RUSSELL (Quadro 17), essa linhagem (VC3) apresentou coeficiente de regressão, para os ambientes favoráveis e desfavoráveis simultaneamente, iguais a 1,18, estatisticamente

Quadro 19 - Estimativas das médias de produtividade de grãos, em kg/ha, dos coeficientes (β_1 e $\beta_1 + \beta_2$) e desvios da regressão (s_{di}^2) e coeficientes de determinação (R^2) para as linhagens de feijão no ensaio VCU preto em Minas Gerais, segundo a metodologia de CRUZ, TORRES e VENCOVSKY (1989)

Genótipo	$\hat{\beta}_0$ (média)	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$	Q.M.Desvio($\hat{\sigma}_{di}^2$)	R^2 (%)
VP1	2421	1,41 ^{**}	1,03 ^{ns}	364097,47 ^{**}	88,46
VP2	2304	0,95 ^{ns}	0,80 ^{ns}	135664,92 ^{ns}	90,70
VP3	2516	0,92 ^{ns}	1,04 ^{ns}	486100,46 ^{**}	74,37
VP4	2295	0,79 [*]	0,68 [*]	138676,98 ^{ns}	87,01
VP5	2555	0,87 ^{ns}	0,63 [*]	276242,53 ^{**}	79,47
VP6	2362	1,06 ^{ns}	0,88 ^{ns}	259687,43 ^{**}	86,37
VP7	2366	0,65 ^{**}	1,06 ^{ns}	331200,76 ^{**}	73,14
VP8	2384	1,02 ^{ns}	0,90 ^{ns}	62804,34 ^{ns}	96,10
VP9	2320	0,95 ^{ns}	1,19 ^{ns}	396488,19 ^{**}	80,09
VP10	2195	0,89 ^{ns}	1,10 ^{ns}	53935,01 ^{ns}	96,25
VP11	2345	0,94 ^{ns}	1,29 ^{ns}	88577,76 ^{ns}	94,93
VP12	2245	0,97 ^{ns}	1,29 ^{ns}	129839,08 ^{ns}	93,03
VP13	2326	0,99 ^{ns}	1,14 ^{ns}	36348,46 ^{ns}	97,83
Vi 5700	2656	1,05 ^{ns}	0,94 ^{ns}	106006,85 ^{ns}	93,98
Vi 5500	2626	0,96 ^{ns}	0,87 ^{ns}	241891,16 ^{**}	85,14
Vi 7800	2334	0,82 [*]	0,71 ^{ns}	117717,00 ^{ns}	89,33
CNFP 9346	2282	0,99 ^{ns}	1,10 ^{ns}	271119,28 ^{**}	85,68
CNFP 7988	2036	1,25 ^{**}	0,90 ^{ns}	237828,02 ^{**}	90,14
Ouro Negro	2759	1,10 ^{ns}	1,06 ^{ns}	272077,65 ^{**}	87,19
Valente	2451	1,40 ^{**}	1,39 [*]	274631,82 ^{**}	91,77

*, ** significativo ao nível de 5 e 1%, respectivamente

ns – não-significativo

Quadro 20 - Estimativas das médias de produtividade de grãos, em kg/ha, dos coeficientes (β_1 e $\beta_1 + \beta_2$) e desvios da regressão (s^2_{di}) e coeficientes de determinação (R^2) para as linhagens de feijão no ensaio VCU carioca em Minas Gerais, segundo a metodologia de CRUZ, TORRES e VENCOVSKY (1989)

Genótipo	$\hat{\beta}_0$ (média)	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$	Q M Desvio($\hat{\sigma}^2_{di}$)	R^2 (%)
VC1	2210	1,17 ^{ns}	1,41 [*]	387886,14 ^{**}	86,89
VC2	2592	1,14 ^{ns}	1,37 ^{ns}	464830,45 ^{**}	84,08
	2612	1,10 ^{ns}	1,54 ^{**}	397589,46 ^{**}	86,12
VC3					
VC4	2777	0,80 [*]	0,63 ^{ns}	202637,33 [*]	83,66
VC5	2593	0,91 ^{ns}	0,89 ^{ns}	282072,24 ^{**}	83,69
Vi 0669	2645	0,90 ^{ns}	0,67 ^{ns}	329412,58 ^{**}	79,88
Vi 4899	2734	1,00 ^{ns}	0,68 ^{ns}	277954,37 ^{**}	85,06
Vi 4599	2612	0,85 ^{ns}	0,92 ^{ns}	117909,12 ^{ns}	91,72
OP-S-30	2526	1,11 ^{ns}	1,18 ^{ns}	290502,23 ^{**}	88,41
OP-S-82	2681	1,05 ^{ns}	1,23 ^{ns}	202806,37 [*]	91,04
OP-NS-331	2706	0,92 ^{ns}	0,61 [*]	150652,63 ^{ns}	89,90
OP-S-16	2537	1,18 [*]	0,43 ^{**}	317871,35 ^{**}	86,75
OP-S-193	2479	0,95 ^{ns}	1,05 ^{ns}	221967,38 [*]	88,01
AN-LAV-51	2240	1,22 [*]	1,34 ^{ns}	163410,56 ^{ns}	94,28
CIII-R-3-19	2607	0,93 ^{ns}	1,37 ^{ns}	426969,73 ^{**}	80,90
CIII-H-4-12	2463	1,07 ^{ns}	0,81 ^{ns}	121578,97 ^{ns}	93,85
CNFC 9437	2223	0,93 ^{ns}	1,03 ^{ns}	229579,70 [*]	87,16
CNFE 8017	2438	1,05 ^{ns}	0,58 [*]	290272,44 ^{**}	85,50
Talismã	2430	1,00 ^{ns}	1,14 ^{ns}	222165,58 [*]	89,27
Perola	2296	0,70 [*]	1,12 ^{ns}	285664,00 ^{**}	79,28

*, ** significativo ao nível de 5 e 1%, respectivamente
ns – não-significativo

diferente da unidade, o que indicou a sua recomendação para as condições favoráveis. Já com base no método de CRUZ, TORRES e VENCOVSKY essa linhagem apresentou coeficiente de regressão específico às condições favoráveis ($\beta_1 + \beta_2$) igual a 1,54, também estatisticamente superior à unidade, porém de magnitude superior ao coeficiente de regressão estimado por EBERHART e RUSSELL (1,18). Esse resultado evidencia ser o método de CRUZ, TORRES e VENCOVSKY mais refinado na recomendação de cultivares para condições específicas de ambientes, favoráveis, desfavoráveis ou ambas, comparado ao método de EBERHART e

RUSSELL. Uma recomendação para estas particulares condições ambientais, favoráveis e desfavoráveis, é bastante desejada para a cultura do feijoeiro, em razão da existência do emprego de diferentes níveis tecnológicos na cultura do feijoeiro.

O comportamento de outras linhagens confirma o maior refinamento da metodologia de CRUZ, TORRES e VENCOVSKY, como é o caso da linhagem OP-S-16, componente do ensaio de VCU de feijão carioca (Quadro 20), classificada como de adaptabilidade geral pela metodologia proposta por EBERHART e RUSSELL. Essa linhagem apresentou comportamento contrário pela metodologia de regressão bi-segmentada proposta por CRUZ, TORRES e VENCOVSKY, sendo sensível às condições desfavoráveis de ambiente ($\beta_1 > 1$) e não responsiva às condições ambientais favoráveis ($\beta_1 + \beta_2 < 1$). O comportamento desse genótipo, com base nas duas metodologias, está representado na Figura 4 abaixo.

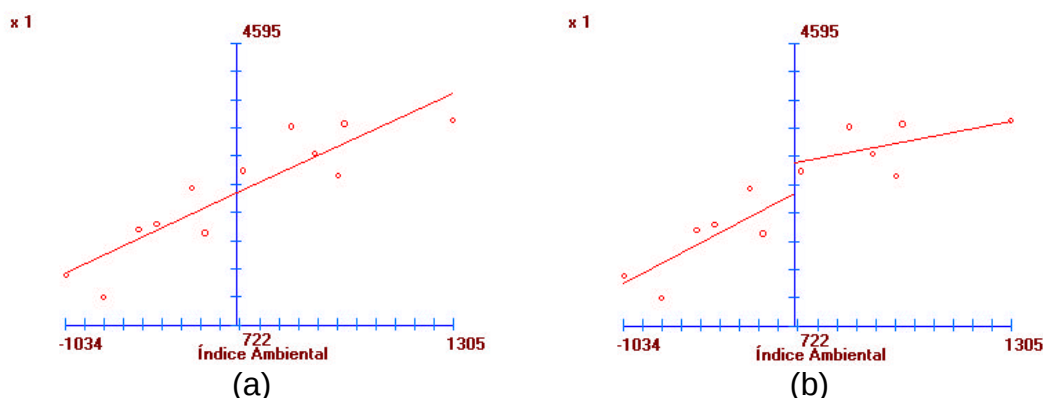


Figura 4 - Comportamento fenotípico da linhagem OP-S-16 pelos métodos de EBERHART e RUSSELL (a) e CRUZ, TORRES e VENCOVSKY (b)

De forma geral houve uma pequena melhoria nos coeficientes de determinação (R^2) dos genótipos avaliados quando passaram a ser estudados sob o método de regressão bi-segmentada, porém essa melhoria não foi suficiente para elevar o R^2 para valores acima de 80%, nas linhagens pretas VP3 e VP7 e na cultivar Pérola.

Devido à ocorrência de linhagens nos dois grupos estudados, preto e carioca que se equiparam ou superaram a testemunha mais produtiva, em vários ambientes de condução dos trabalhos, e muitas dessas linhagens, embora não tenham apresentado comportamento ideal para as condições

ambientais favoráveis, desfavoráveis ou ambas (de adaptabilidade geral), surge a necessidade de determinar os comportamentos relativos ao genótipo ideal para cada uma das condições, ou seja, determinar quais linhagens mais se aproxima do genótipo ideal para cada condição ambiental. Entretanto, verifica-se que a classificação dessas linhagens que mais se aproxima do ideótipo em cada condição ambiental é bastante dificultada em razão dos vários parâmetros (b_0 , b_1 , $b_1 + b_2$, s_{di}^2 e R^2) considerados pela metodologia de CRUZ, TORRES e VENCOVSKY para se alcançar uma recomendação mais refinada para cada uma destas condições ambientais.

CARNEIRO (1998) ressalta que nos estudos de adaptabilidade e estabilidade de um grupo de cultivares avaliadas em vários ambientes, via análise de regressão, é comum que uma ou poucas cultivares apresentem um padrão de comportamento diferente dos demais, em função de seus elevados desvios de regressão. O mesmo autor apresenta algumas metodologias não-paramétricas em que há tendência de expressar em um ou poucos parâmetros o desempenho e o comportamento de um genótipo em termos de rendimento, capacidade de resposta às variações ambientais e suas flutuações. Assim, compreendem-se conceitos de adaptação, de adaptabilidade, de estabilidade de comportamento, ou fenotípica, dependendo do método em questão.

4.2.3.4. Método do trapézio quadrático de CARNEIRO (1998)

Nos Quadros 21 e 22 estão apresentadas as estimativas do parâmetro MAEC (medida de adaptabilidade e estabilidade de comportamento), pelo método de CARNEIRO (1998), segundo a metodologia do trapézio quadrático ponderado pelo coeficiente de variação (CV), das linhagens componentes do ensaio de VCU de feijão preto e carioca, respectivamente. Verifica-se que a recomendação é imediata em razão da unicidade do parâmetro MAEC, dado pelas estimativas de P_i . Assim, para as condições desfavoráveis, as cinco linhagens do grupo preto que mais se aproximaram do ideótipo para esta condição foram Ouro Negro, Vi 5700, Vi 5500, VP5 e VP3 (Quadro 21).

Quadro 21 - Produtividade de grãos (kg/ha) e estimativas de Pi geral, Pi favorável, Pi desfavorável suas classificações (Class.) pela metodologia do trapézio quadrático ponderado pelo CV, segundo CARNEIRO (1998), para 20 linhagens de feijão preto avaliadas em 12 ambientes no Estado de Minas Gerais

Linhagens	Média Geral	Pi Geral	Class.	Pi Favorável	Class.	Pi Desfavorável	Class.
VP1	2421	855367733,1	7	395209974,4	4	460157758,8	18
VP2	2304	980553005,8	16	526658357,7	15	453894648,1	17
VP3	2516	836456542,4	6	481070997,2	8	355385545,1	5
VP4	2295	1061617108,3	19	641063801,7	20	420553306,6	11
VP5	2555	810243835,3	5	459975116,4	6	350268718,9	4
VP6	2362	944328897,2	12	496626200,4	12	447702696,8	16
VP7	2366	960210265,8	14	560067577,5	16	400142688,3	7
VP8	2384	879017642,7	9	487952387,6	10	391065255,2	6
VP9	2320	871273765,1	8	469518462,2	7	401755302,8	8
VP10	2195	1044202374,8	18	597930834,1	18	446271540,8	15
VP11	2345	908117805,4	10	501764983,7	13	406352821,7	10
VP12	2245	946049132,6	13	508672527,3	14	437376605,3	14
VP13	2326	921024745,0	11	490947724,2	11	430077020,8	13
Vi 5700	2656	708928699,6	2	388540423,5	3	320388276,1	2
Vi 5500	2626	768762949,3	3	434684845,3	5	334078104,0	3
Vi 7800	2334	1019032083,3	17	615535928,8	19	403496154,5	9
CNFP 9346	2282	972936275,8	15	482498664,5	9	490437611,3	19
CNFP 7988	2036	1123348951,1	20	560716401,1	17	562632550,0	20
Ouro Negro	2759	651480421,1	1	351565018,9	1	299915402,2	1
Valente	2451	802379622,9	4	372870583,5	2	429509039,4	12
Média	2389						

Quadro 22 - Produtividade de grãos (kg/ha) e estimativas de P_i geral, P_i favorável, P_i desfavorável suas classificações (Class.) pela metodologia do trapézio quadrático ponderado pelo CV, segundo CARNEIRO (1998), para 20 linhagens de feijão carioca avaliadas em 12 ambientes no Estado de Minas Gerais

linhagens	Média Geral	P_i Geral	Class	P_i Favorável	Class	P_i Desfavorável	Class
VC1	2210	1371842871,2	19	694703241,9	18	677139629,3	20
VC2	2592	967192282,5	7	491230716,7	4	475961565,7	10
VC3	2612	976873755,6	8	515063338,6	7	461810417,0	9
VC4	2777	843685172,1	1	500596242,8	6	343088929,4	1
VC5	2593	1009493874,3	11	582188396,0	13	427305478,3	5
Vi 0669	2645	944199704,2	5	516598366,3	8	427601337,9	6
Vi 4899	2734	879286944,5	3	465966725,5	2	413320219,0	3
Vi 4599	2612	986131036,5	9	548013734,7	11	438117301,8	8
OP-S-30	2526	1051575281,6	12	527995883,4	9	523579398,2	16
OP-S-82	2681	882267433,3	4	461432074,4	1	420835358,9	4
OP-NS-331	2706	866911334,3	2	480563387,0	3	386347947,3	2
OP-S-16	2537	1002330542,0	10	492417071,6	5	509913470,4	15
OP-S-193	2479	1086436340,9	14	592915384,7	14	493520956,2	11
AN-LAV-51	2240	1325777007,6	18	655556732,7	17	670220274,9	19
CIII-R-3-19	2607	958852489,2	6	529059220,6	10	429793268,6	7
CIII-H-4-12	2463	1080251297,9	13	580550709,5	12	499700588,4	13
CNFC 9437	2223	1373593411,5	20	789598323,1	20	583995088,4	18
CNFE 8017	2438	1134981859,4	15	629783285,1	15	505198574,3	14
Talisma	2430	1136122418,1	16	641731970,2	16	494390447,9	12
Perola	2296	1247256922,4	17	723328651,4	19	523928271,0	17
Média	2520						

Da mesma forma para as linhagens do grupo carioca (Quadro 22) destacam-se as linhagens VC4, OP-NS-331, Vi 4899, OP-S-82 e VC5. Enquanto para as condições favoráveis as cinco que mais se aproximaram do ideótipo foram Ouro Negro, Valente, Vi 5700, VP1 e Vi 5500, do grupo preto (Quadro 21) e OP-S-82, Vi 4899, OP-NS-331, VC2 e OP-S-16, do grupo carioca (Quadro 22). Já para uma recomendação geral destacam-se as linhagens Ouro Negro, Vi 5700, Vi 5500, Valente e VP4, do grupo preto (Quadro 21) e VC4, Op-NS-331, Vi 4899, OP-S-82 e Vi 0699C, do grupo carioca (Quadro 22).

Observa-se que algumas linhagens, como a cultivar Ouro Negro, apresentaram valores de P_i de magnitude semelhante tanto para ambiente geral quanto favorável ou desfavorável, enquanto outras apresentaram comportamento diferente, com valores de P_i específicos, seja para

condições favoráveis ou desfavoráveis. Esse comportamento era esperado em razão de que nesse método o ideótipo (ou genótipo ideal) para ambiente geral, ou seja, aquele de comportamento ideal tanto nas condições favoráveis quanto desfavoráveis foi definido segundo o conceito de VERMA et al. (1978) e o modelo de CRUZ, TORRES e VENCOSKY (1989), o qual apresenta coeficiente de regressão (β_1) igual a 0,5 para as condições desfavoráveis e coeficiente de regressão ($\beta_1 + \beta_2$) igual a 1,5 para as condições favoráveis. Assim, genótipos de adaptabilidade geral obterão valores de P_i semelhantes e de pequena magnitude nas três condições (favorável, desfavorável e ambas, dada pelo ambiente geral). Já os de adaptabilidade específica, seja para condições favoráveis ou desfavoráveis, apresentam valores de P_i de pequena magnitude apenas nessas respectivas condições. Desse modo, verifica-se o seguinte comportamento das linhagens avaliadas no ensaio de VCU de feijão preto. Ouro Negro e Vi 5700 apresentaram adaptabilidade geral, com valores de P_i semelhantes nas três condições (Quadro 21). Na prática este é o comportamento verificado para a cultivar Ouro Negro, uma vez que é plantada de forma generalizada pelos agricultores que cultivam feijão preto. Já para as condições específicas destacam-se as linhagens Valente e VP1 para as condições favoráveis e Vi 5500 e VP5 para as condições desfavoráveis.

Como discutido, anteriormente, verificou-se uma tendência dos ambientes favoráveis, com I_j positivos (Quadro 18), de apresentarem menor incidência de ferrugem (Quadros 7 e 8). Também se verificou que a cultivar Valente, de adaptação específica às condições favoráveis, apresentou-se bastante susceptível à ferrugem (Quadro 7). Esses resultados reforçam a sugestão de que a incidência de doenças constitui importante fator na determinação da interação genótipos x ambientes, principalmente safra, na cultura do feijoeiro, como evidenciado por CARBONELL e POMPEU, (1997).

Como visto, a utilização deste método no estudo da adaptabilidade e estabilidade permitiu uma recomendação imediata das cultivares em avaliação, em razão da unicidade do parâmetro MAEC e, ainda, uma avaliação do comportamento de cada cultivar, ou seja, de sua resposta em função da variação ambiental. Isso é observado quando se comparou o

comportamento dos cultivares Ouro Negro e Valente nos ambientes favoráveis (Quadro 21), pois o método indicou que a cultivar Ouro Negro mais se aproximou do ideótipo para as condições favoráveis, obtendo valor de P_i menor em relação à cultivar Valente. Entretanto, se observarmos o comportamento desses cultivares nas três condições, verifica-se que a cultivar Ouro Negro apresentou P_i com valores semelhantes, sendo, portanto, de adaptabilidade geral. Já a cultivar Valente apresentou P_i com valor de pequena magnitude apenas nas condições favoráveis. Isso indica ser essa cultivar bastante responsiva à melhoria das condições ambientais. Assim, para as condições favoráveis deve-se preferir a cultivar Valente em relação à Ouro Negro. Cabe ressaltar que as condições favoráveis devem incluir, por exemplo, controle de doenças como a ferrugem a qual a cultivar Valente é mais sensível que a Ouro Negro (Quadro 7). Esse comportamento é ratificado nos experimentos realizados em Coimbra (inverno de 2002) e Viçosa (seca de 2003), em que ocorreu menor incidência de ferrugem (Quadro 7), onde a cultivar Valente foi superior em produtividade à cultivar Ouro Negro. As linhagens recomendadas no ensaio de VCU carioca (Quadro 22) são as seguintes: OP-NS-331, Vi 4899 e Vi 0669 de adaptabilidade geral e OP-SS-82, VC2 e OP-S-16 de adaptabilidade específica às condições favoráveis e VC4 e VC5 para as condições desfavoráveis. Quanto às testemunhas utilizadas neste ensaio verificou-se que a cultivar Talismã é de adaptação mais específica às condições desfavoráveis, e a cultivar Pérola é de adaptabilidade geral. Contrariamente ao ensaio de feijão preto, as linhagens de feijão carioca foram bastante superiores às respectivas testemunhas. Resultados similares em relação à cultivar Pérola foram obtidos por CARNEIRO et al. (2002). Ainda deve-se salientar que as diferenças em relação ao ideótipo são elevadas ao quadrado, apresentando, portanto, propriedade de variância que é traduzida por esse método em estabilidade de comportamento. Ademais, nesse método (trapézio quadrático ponderado pelo CV) os ambientes similares têm menor peso, fazendo com que a regressão seja mais representativa do comportamento das cultivares. Assim, verifica-se a grande utilidade e eficiência deste método na recomendação de cultivares. Resultados similares também foram obtidos por CARBONELL et al. (2001).

O Quadro 23 apresenta a produtividade média das linhagens de feijão dos ensaios de VCU de feijão preto e carioca nos ambientes favoráveis e desfavoráveis, respectivamente. Nota-se que as linhagens VP3, Vi 5700, Vi 5500 e Ouro Negro apresentaram médias superiores à média geral nas duas condições ambientais simultaneamente (favorável e desfavorável), sendo, portanto, com base apenas nas médias, indicadas para essas condições, ou seja, apresentaram adaptabilidade geral. Já as linhagens VP1, VP5, VP6 e Valente apresentaram adaptabilidade específica às condições favoráveis, enquanto VP4, VP7, VP9, VP11 e Vi 7800 às condições desfavoráveis. Nota-se que estas recomendações, tomando-se como parâmetro apenas a médias nessas condições, não refletem completamente o particular comportamento das linhagens em avaliação, dado pelo estudo de adaptabilidade e estabilidade (Quadro 21). Observações semelhantes foram verificadas para as recomendações das linhagens de feijão do ensaio de VCU carioca (Quadros 22 e 23). Tais resultados reforçam a importância dos métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade na recomendação de cultivares.

CRUZ e CARNEIRO (2003) comentam que a metodologia do trapézio quadrático ponderado pelo CV apresenta as seguintes vantagens quanto ao genótipo ideal: a) produtividade constante em ambientes considerados desfavoráveis, mas com capacidade de resposta à melhoria das condições ambientais; b) o parâmetro MAEC neste método contempla a dissimilaridade entre os locais, de modo que ambientes similares têm menor influência na determinação da superioridade do genótipo do que os dissimilares, porém representativos da rede; não é necessário assumir qualquer hipótese sobre a distribuição dos valores fenotípicos para utilização do parâmetro MAEC. Sua estimativa ponderada pela precisão dos ensaios elimina ou reduz os efeitos indesejáveis da ocorrência de heterogeneidade de variância residual. Entretanto, os mesmos autores relatam a importância de se associar os estudos de adaptabilidade com os estudos de estratificação ambiental e que a particularização da resposta dos genótipos em apenas dois ambientes, os favoráveis e os desfavoráveis, não é adequada, pois os ambientes devem ser agrupados de forma a promoverem uma classificação genotípica similar,

Quadro 23 - Produção média de linhagens de feijão nos ensaios de VCU preto e carioca nos ambientes favoráveis (Amb. Fav.) e desfavoráveis (Amb. Desfav.)

Ensaio de VCU de feijão preto			Ensaio de VCU de feijão carioca		
Linhagem	Amb. Fav.	Amb. Desfav.	Linhagem	Amb. Fav.	Amb. Desfav.
VP1	3061	1526	VC1	2879	1541
VP2	2748	1682	VC2	3283	1901
VP3	2955	1902	VC3	3252	1972
VP4	2661	1783	VC4	3242	2311
VP5	2960	1988	VC5	3065	2122
VP6	2878	1639	Vi 0669	3196	2093
VP7	2648	1972	Vi 4899	3321	2146
VP8	2824	1768	Vi 4599	3118	2106
VP9	2705	1783	OP-S-30	3178	1875
VP10	2577	1662	OP-S-82	3257	2106
VP11	2741	1790	OP-NS-331	3229	2182
VP12	2645	1686	OP-S-16	3195	1879
VP13	2760	1718	OP-S-193	3002	1956
Vi 5700	3105	2027	AN-LAV-51	2911	1568
Vi 5500	3065	2011	CIII-R-3-19	3107	2107
Vi 7800	2700	1821	CIII-H-4-12	3046	1880
CNFP 9346	2734	1649	CNFC 9437	2744	1702
CNFP 7988	2571	1287	CNFE 8017	3003	1873
Ouro Negro	3276	2034	Talismã	2939	1922
Valente	3039	1629	Pérola	2730	1862
Média geral	2833	1768	Média geral	3085	1955

Médias em negrito superam a média geral de cada coluna

independente da qualidade ambiental. MURAKAMI (2001) propôs uma metodologia que contempla, simultaneamente, a análise de adaptabilidade e estratificação de ambientes por meio do princípio da similaridade da performance genotípica baseada na técnica multivariada de análise de fatores.

4.2.4. Análise de estratificação ambiental e adaptabilidade de MURAKAMI (2001)

Na análise de fatores realizada com os dados dos ensaios de VCU de feijão preto e carioca, considerando a produtividade de grãos de 20 linhagens em 12 ambientes, quatro autovalores apresentaram valores superiores à unidade (Quadros 24 e 25). Verifica-se que os quatro autovalores explicaram 79,75% e 76,40% da variação total para o ensaio de

VCU de feijão preto e carioca, respectivamente. Assim, foram fixados quatro fatores para a obtenção das cargas fatoriais finais após rotações.

Pode-se verificar que, diferentemente dos métodos anteriores que classificam os ambientes em apenas dois subgrupos, favoráveis ou desfavoráveis, o número de subgrupos de ambientes formados pela análise de fatores pode ser maior, pois considera a similaridade desses ambientes pela performance dos genótipos avaliados ao invés da produtividade média de cada ambiente.

As comunalidades (somas dos quadrados das cargas fatoriais da i -ésima variável dos quatro fatores comuns que correspondem à porção da variância da i -ésima variável contribuída pelos fatores) apresentaram valores relativamente altos, indicando boa qualidade de fatoraçoão, com pequena variância específica. Apenas os ambientes Ponte Nova, na safra da seca de 2003, e Capinópolis no inverno de 2003, apresentaram comunalidades abaixo de 0,8, tanto no ensaio de feijão preto quanto no carioca.

Analizando as cargas fatoriais finais dos fatores no ensaio de VCU de feijão preto (Quadro 24), verifica-se que o fator 1 agrupou quase todos os locais das safras de inverno, seja de 2002 ou 2003, excetuando-se o ambiente Viçosa no inverno de 2003. No fator 3 foi possível unir os locais Ponte Nova e Florestal, ambos na safra da seca 2003 e, finalmente, o local Coimbra na safra da seca de 2003 ficou isolado no fator 4. Embora o fator 2 tenha apresentado dois ambientes com cargas fatoriais acima de 0,70, esses não foram agrupados, uma vez que as cargas apresentaram sinais contrários. A composição do fator 4 por apenas um ambiente já era esperada, já que o experimento apresentou incidência de mofo-branco, doença que dizima praticamente toda a planta, tornando a classificação dos genótipos diferenciada das demais nos outros ambientes.

Com base nas cargas fatoriais finais dos fatores no ensaio de VCU de feijão carioca (Quadro 25), verifica-se que o fator 1 agrupou os locais Viçosa e Coimbra, na safra de inverno de 2002, e Viçosa no inverno de 2003; o fator 2 agrupou os locais Coimbra e Florestal na seca de 2003, o fator 3 os locais Viçosa, na safra da seca de 2003, e Capinópolis no inverno de 2003; e o fator 4 os locais Ponte Nova na seca de 2003 e Coimbra no Inverno de 2003.

Quadro 24 – Estratificação de ambientes, segundo a metodologia de MURAKAMI (2001), baseada na análise de fatores e avaliação de 20 linhagens de feijão preto em 12 ambientes no Estado de Minas Gerais

Estimativas dos Autovalores		Cargas Fatoriais após a Rotação					Comuna- lidades
Raiz	(%) Acum.	Ambientes	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	
4,94	41,14	1	0,8608	-0,4018	-0,0124	-0,0547	0,9055
1,92	57,18	2	0,8872	0,0126	-0,2150	-0,0170	0,8338
1,65	70,92	3	0,7820	-0,1429	0,2406	-0,3056	0,7833
1,06	79,75	4	0,7184	0,0772	0,1760	-0,2219	0,6022
0,67	85,33	5	0,1693	0,9451	0,0349	0,0321	0,9241
0,64	90,67	6	-0,1000	0,1030	0,1336	0,9420	0,9258
0,47	94,56	7	0,2554	0,0102	0,8205	-0,1213	0,7533
0,27	96,82	8	-0,0904	-0,0726	0,8466	0,3192	0,8320
0,17	98,22	9	0,4462	-0,7575	0,1992	-0,1182	0,8265
0,11	99,13	10	0,8080	0,0656	0,0120	0,3264	0,7637
0,08	99,79	11	0,7919	-0,0923	0,2664	-0,2836	0,7869
0,02	100,00	12	0,6479	0,4091	0,1890	0,0995	0,6328

Ambientes: 1 - Viçosa/inv 2002; 2 - Coimbra/inv 2002; 3 – Ponte Nova/inv 2002; 4 - Leopoldina/inv 2002; 5 - Viçosa/seca; 6 - Coimbra/seca; 7 - Ponte Nova/seca; 8 - Florestal/seca; 9 - Viçosa/inv 2003; 10 - Coimbra/inv 2003; 11 - Ponte Nova/inv 2003; 12 - Capinópolis/inv 2003.

Quadro 25 - Estratificação de ambientes, segundo a metodologia de MURAKAMI (2001), baseada na análise de fatores e avaliação de 20 linhagens de feijão carioca em 12 ambientes no Estado de Minas Gerais

Estimativas dos Autovalores		Cargas Fatoriais após a Rotação					Comuna- lidades
Raiz	(%) Acum.	Ambientes	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	
4,37	36,42	1	0,8688	0,0981	-0,2809	-0,0768	0,8492
2,22	54,89	2	0,8811	-0,2637	-0,0555	0,0634	0,8530
1,44	66,89	3	0,4852	-0,2549	-0,6421	-0,1107	0,7250
1,14	76,40	4	0,6286	-0,6433	-0,0157	0,2289	0,8616
0,90	83,91	5	0,0546	0,3444	-0,8792	-0,1533	0,9181
0,68	89,56	6	0,0360	0,8435	-0,1038	-0,1012	0,7338
0,50	93,74	7	-0,2767	-0,0508	-0,0742	0,7599	0,6621
0,32	96,36	8	-0,0810	0,8039	0,1141	0,1610	0,6918
0,19	97,94	9	0,8190	-0,0605	-0,2726	-0,0876	0,7563
0,15	99,19	10	0,4799	0,0669	0,1135	0,7679	0,8373
0,07	99,82	11	0,5328	0,1741	-0,5194	0,1002	0,5940
0,02	100,00	12	0,1785	-0,2533	-0,7526	0,1530	0,6857

Ambientes: 1 - Viçosa/inv 2002; 2 - Coimbra/inv 2002; 3 – Ponte Nova/inv 2002; 4 - Leopoldina/inv 2002; 5 - Viçosa/seca; 6 - Coimbra/seca; 7 - Ponte Nova/seca; 8 - Florestal/seca; 9 - Viçosa/inv 2003; 10 - Coimbra/inv 2003; 11 - Ponte Nova/inv 2003; 12 - Capinópolis/inv 2003.

Os locais Ponte Nova (inverno de 2002 e 2003) e Leopoldina (inverno 2002) não puderam ser associados a nenhum desses quatro fatores devido à sua carga fatorial apresentar valor abaixo de 0,7.

Observa-se melhor agrupamento dos ambientes nas linhagens de grupo preto do que no carioca, uma vez que nem todos os ambientes do ensaio de VCU de feijão carioca foram incluídos nos quatro fatores, que explicam em torno de 80% da variação total (Quadros 24 e 25). Esses resultados ratificam a maior interação das linhagens de grãos carioca com os ambientes em avaliação. É importante salientar que, com base nesse método, ocorreu um padrão de similaridade entre os locais dentro de safra, ou seja, um agrupamento de locais dentro das respectivas safras. Isso indica o fator safra como um dos principais determinantes da interação genótipos por ambientes. O padrão de similaridade entre os locais foi mais expressivo para o ensaio de VCU de feijão preto do que carioca, evidenciando maior interação das linhagens do grupo preto com safra, do que no grupo carioca.

De modo geral, verifica-se que a estratificação dos ambientes, componentes dos ensaios de VCU de feijão preto e carioca, com base na análise de fatores (Quadros 24 e 25), agrupou maior número de ambientes, comparada à estratificação baseada no princípio da interação GxA não significativa (Quadros 10 e 11), sendo, portanto, mais eficiente em apontar a similaridade entre os ambientes.

Os Quadros 26 e 27 apresentam os quatro fatores com seus respectivos escores. Para a interpretação da adaptabilidade foram geradas seis figuras resultantes da combinação dois a dois desses quatro fatores.

As figuras 5, 6, 7, 8, 9 e 10 apresentam a dispersão das linhagens componentes do ensaio de VCU de feijão preto. Verifica-se nessas figuras, que as linhagens situadas nos quadrantes I e IV e aquelas situadas nos quadrantes II e I apresentaram adaptabilidade específica às sub-regiões componentes dos fatores representados na abscissa e ordenada, respectivamente. Já as linhagens situadas no quadrante I apresentaram adaptabilidade geral, ou seja, adaptabilidade específica às sub-regiões componentes dos dois fatores simultaneamente, o da abscissa e o da

Quadro 26 – Escores dos quatros fatores para os 20 genótipos de feijão preto avaliados no ensaio de valor de cultivo e uso (VCU) no Estado de Minas Gerais

Código	Genótipo	Escore			
		Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
1	VP1	12,48	7,88	6,39	3,21
2	VP2	10,57	6,36	8,65	2,97
3	VP3	12,57	4,89	6,70	4,59
4	VP4	11,29	5,26	6,37	4,18
5	VP5	11,64	7,32	9,39	3,77
6	VP6	11,38	6,34	8,00	2,40
7	VP7	10,35	5,69	9,00	5,75
8	VP8	11,23	7,03	8,20	3,78
9	VP9	10,30	7,37	8,44	5,72
10	VP10	10,35	5,57	7,06	4,81
11	VP11	11,06	6,50	7,40	5,78
12	VP12	10,63	6,99	6,77	5,41
13	VP13	11,09	6,79	7,67	4,07
14	Vi 5700	12,81	7,39	7,75	5,44
15	Vi 5500	12,21	5,95	9,24	3,90
16	Vi 7800	11,21	4,85	7,19	4,68
17	CNFP 9346	10,06	6,98	8,63	4,65
18	CNFP 7988	9,92	7,69	6,06	3,61
19	Ouro Negro	13,53	6,33	8,30	5,19
20	Valente	11,98	8,50	7,19	5,53

Quadro 27 – Escores dos quatros fatores para os 20 genótipos de feijão carioca avaliados no ensaio de valor de cultivo e uso (VCU) no Estado de Minas Gerais

Código	Genótipo	Escore			
		Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
1	VC1	2,68	4,46	-12,34	16,61
2	VC2	6,05	4,09	-11,25	17,80
3	VC3	5,65	3,77	-11,54	18,31
4	VC4	6,62	4,81	-12,67	15,74
5	VC5	5,49	3,41	-12,81	15,52
6	Vi 0669	5,84	3,44	-13,04	15,59
7	Vi 4899	5,52	3,67	-13,88	16,28
8	Vi 4599	4,99	4,07	-13,43	16,11
9	OP-S-30	3,62	4,88	-13,86	17,16
10	OP-S-82	5,54	6,28	-13,15	16,44
11	OP-NS-331	5,81	5,24	-13,46	15,19
12	OP-S-16	4,92	3,35	-13,99	14,57
13	OP-S-193	4,66	5,62	-12,52	15,31
14	AN-LAV-51	3,32	3,43	-12,91	15,81
15	CIII-R-3-19	5,04	7,01	-12,83	16,22
16	CIII-H-4-12	4,62	5,30	-12,21	15,41
17	CNFC 9437	3,78	4,26	-10,78	15,47
18	CNFE 8017	4,44	5,18	-12,02	15,36
19	Talismã	4,42	4,64	-12,30	15,70
20	Perola	5,57	4,32	-10,40	14,09

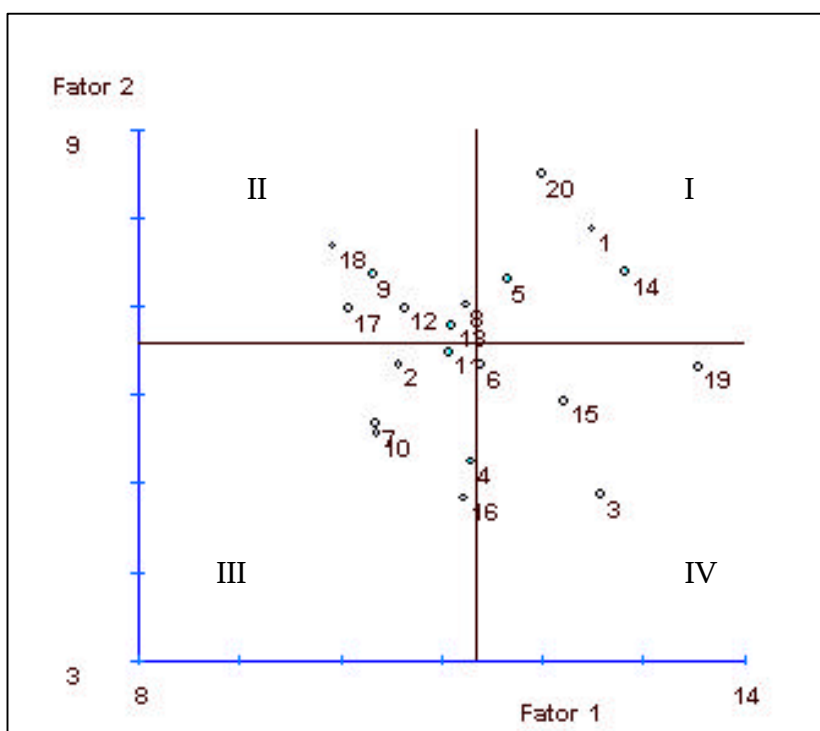


Figura 5 – Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos preto com base nos fatores 1 (inverno) e 2 (Viçosa – seca e inverno 2003)

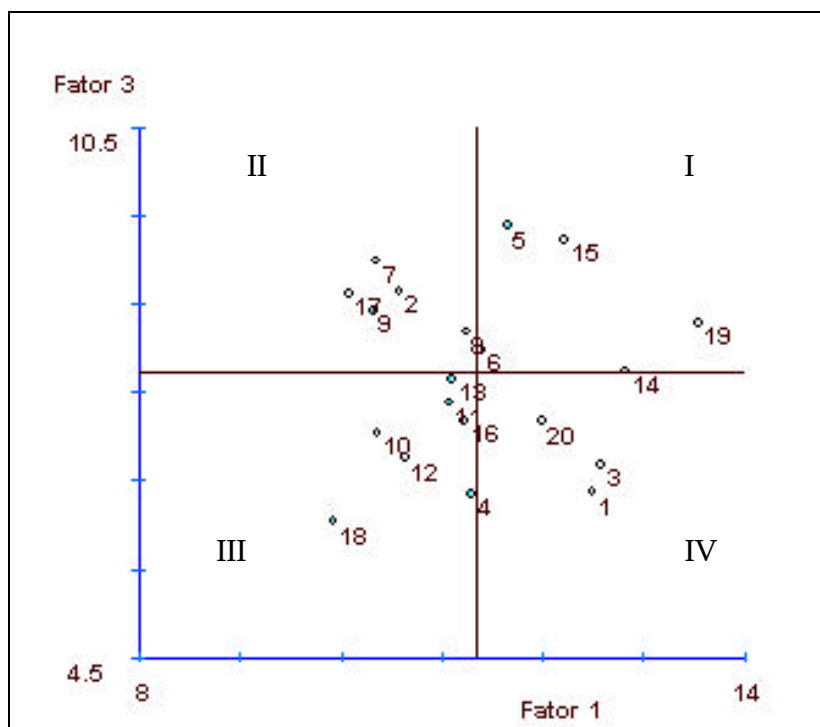


Figura 6 - Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos preto com base nos fatores 1 (inverno) e 3 (Ponte Nova e Florestal – seca 2003)

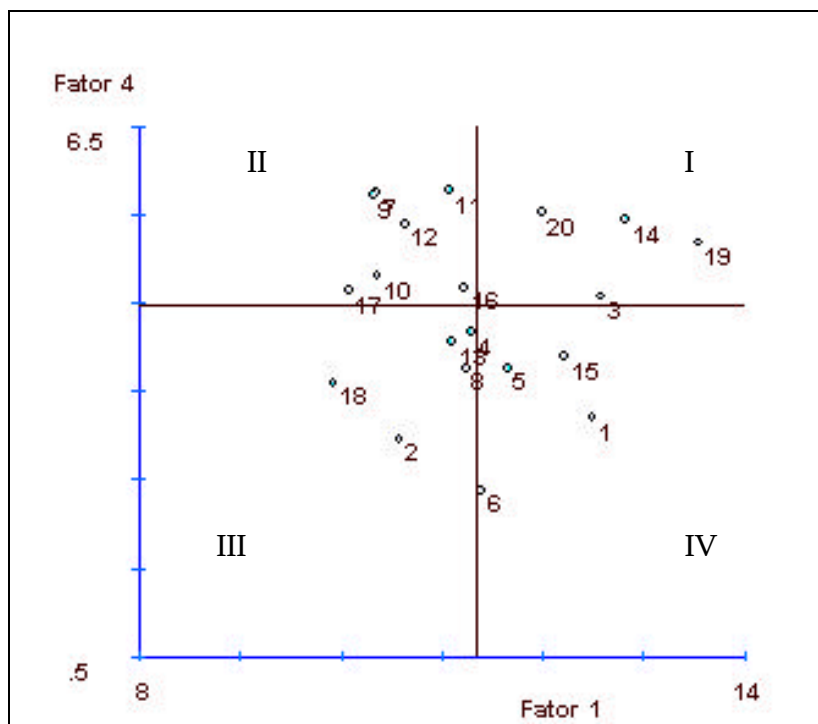


Figura 7 - Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos preto com base nos fatores 1 (inverno) e 4 (Coimbra/seca 2003)

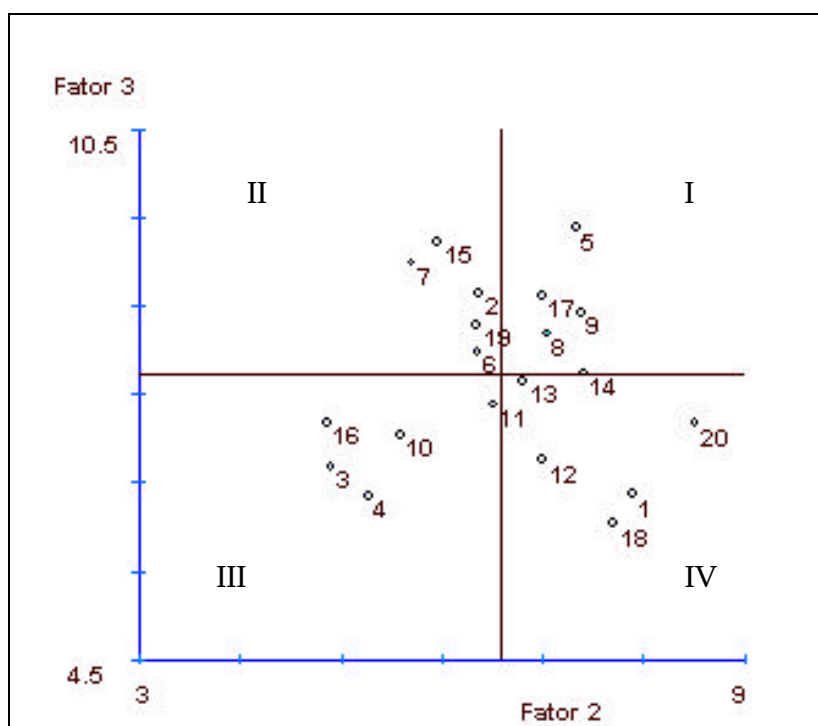


Figura 8 - Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos preto com base nos fatores 2 (Viçosa – seca e inverno 2003) e 3 (Ponte Nova e Florestal – seca 2003)

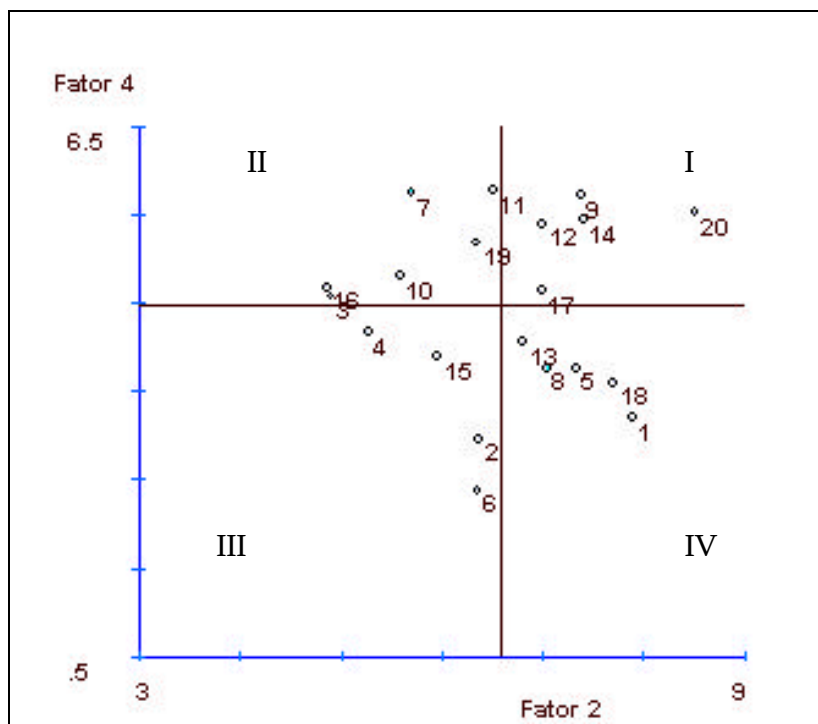


Figura 9 - Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos preto com base nos fatores 2 (Viçosa – seca e inverno 2003) 4 (Coimbra/seca 2003)

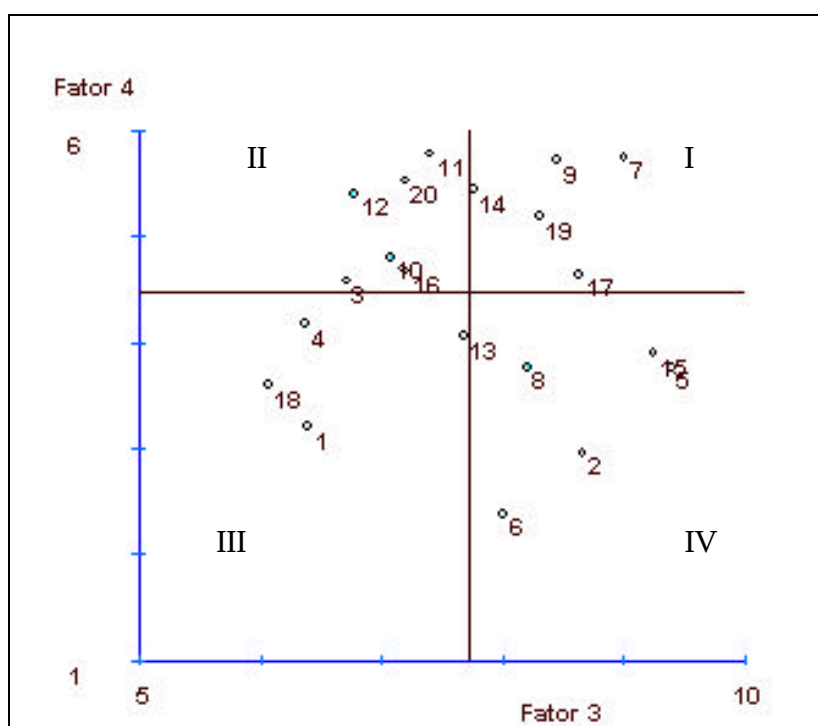


Figura 10 - Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos preto com base nos fatores 3 (Ponte Nova e Florestal – seca 2003) e 4 (Coimbra/seca 2003)

ordenada, enquanto as linhagens situadas no quadrante III são de baixo desempenho e passíveis de descarte ou não indicação para o cultivo. Como nesse estudo mais de dois fatores, quatro no caso, foram necessários para explicar em torno de 80% da variação total, tem-se que as linhagens de adaptabilidade geral seriam aquelas situadas no quadrante I, porém comuns às figuras 5, 6, 7, 8, 9 e 10. Assim, a linhagem 14 (Vi 5700) apresenta, segundo este método, adaptabilidade geral, enquanto as linhagens 1 (VP1), 3 (VP3), 5 (VP5), 6 (VP6), 14 (Vi 5700), 15 (Vi 5500), 19 (Ouro Negro) e 20 (Valente) apresentam adaptabilidade específica ao fator 1, determinado pela maioria dos ambientes representados pela safra de inverno. Das linhagens acima citadas apenas a VP6 apresentou média inferior à média geral do ensaio. Entretanto, a sua produtividade média nos ambientes componentes do fator 1 foi superior à média desses ambientes (Quadro 28). Isso mostra a importância do método para a recomendação específica para grupo de ambientes similares. Três, dos quatro ambientes (ou experimentos) da safra da seca de 2003 são representados pelos fatores 3 e 4 (Figura 9), de modo que a recomendação das linhagens adaptadas a essa safra encontra-se no quadrante I. Estas linhagens são a 7 (VP7), 3 (VP3), 14 (Vi 5700), 17 (CNFP 9346) e 19 (Ouro Negro).

Nota-se que algumas linhagens de feijão preto apesar de apresentarem rendimento superior à média dos ambientes componentes do fator 3 (Quadro 28), não foram indicadas pelo método de MURAKAMI (2001) como de adaptabilidade específica aos ambientes componentes desse fator. Por outro lado, nota-se que algumas linhagens indicadas pelo método de MURAKAMI (2001) não apresentaram média superior à média dos ambientes componentes do fator em questão. Isso se verifica para as linhagens VP12, VP9, CNFP 9388, VP8 e Valente indicadas para os ambientes componentes do fator 2 e a linhagem VP3 tanto considerando a recomendação para os ambientes componentes

Quadro 28 – Produtividade média das 20 linhagens de feijão preto, para os ambientes componentes de cada fator, avaliadas no ensaio de valor de cultivo e uso (VCU) no Estado de Minas Gerais

Código	Genótipo	Média (kg/ha) ¹			
		Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
1	VP1	2755,07	2352,88	1707,00	1656,25
2	VP2	2374,19	2314,55	2316,19	1774,17
3	VP3	2756,93	2538,30	1878,26	2065,48
4	VP4	2510,33	2151,02	1887,35	1897,08
5	VP5	2645,28	2411,25	2653,72	2017,92
6	VP6	2585,66	2208,93	2235,17	1364,17
7	VP7	2311,96	2169,58	2681,05	2516,25
8	VP8	2512,30	2255,60	2209,67	2099,58
9	VP9	2267,40	2195,83	2441,00	2705,83
10	VP10	2285,70	2057,50	1992,67	2251,67
11	VP11	2435,58	2163,33	2148,22	2471,25
12	VP12	2305,16	2263,33	1906,05	2475,00
13	VP13	2460,83	2225,83	2133,88	1974,86
14	Vi 5700	2819,67	2557,47	2221,33	2586,25
15	Vi 5500	2755,22	2410,18	2649,83	2110,42
16	Vi 7800	2491,14	2107,08	2088,25	2182,08
17	CNFP 9346	2239,98	2257,50	2507,50	2177,50
18	CNFP 7988	2154,75	2167,08	1522,33	1972,92
19	Ouro Negro	3012,73	2524,17	2377,05	2217,92
20	Valente	2658,75	2017,08	2194,00	2389,17
Média geral		2516,93	2267,43	2187,53	2145,29

¹ – as médias em negrito superam a média geral em cada coluna

do fator 3 quanto para os do fator 4. Esses resultados ilustram que o método não se baseia apenas na produtividade média dos ambientes componentes de cada um dos fatores e, ainda, que o comportamento dos genótipos ao longo dos ambientes também é considerado. Entretanto, fica claro que o método permite a identificação, ou a recomendação, apenas de cultivares com adaptabilidade geral (ou específica aos ambientes componentes de um ou mais fatores), não proporcionando uma avaliação da resposta dos genótipos frente à melhoria das condições ambientais, ou seja, não permite identificar quais são os genótipos mais ou menos responsivos.

As figuras 11, 12, 13, 14, 15 e 16 apresentam a dispersão das linhagens componentes do ensaio de VCU de feijão carioca. Contrariamente ao estudo realizado no ensaio de feijão de tegumento preto, não foi possível identificar uma ou mais linhagens de adaptabilidade geral, ou seja, não foi possível encontrar genótipos com posição comum aos quadrantes I de todas as figuras representativas do ensaio. As linhagens 2 (VC2), 3 (VC3), 4 (VC4), 5 (VC5), 6 (Vi0669C), 7 (Vi4899C), 8 (Vi4599C), 10 (OP-S-82), 11

(OP-NS-331) e 15 (CIII-R-3-19) apresentam adaptabilidade específica ao fator 1, determinado pela maioria dos experimentos conduzidos em Viçosa. A metade dos ambientes (ou experimentos), dois no caso, da safra da seca de 2003 é representada pelo fator 2, sendo que a outra metade ficou distribuída entre os fatores 3 e 4. As linhagens recomendadas pelo fator 2 seriam a 4 (VC4), 9 (OP-S-30), 10 (OP-S82), 11 (OP-NS-331), 13 (OP-S-193), 15 (CIII-R-3-19), 16 (CII-H-4-12), 18 (CNFE 8017) e 19 (Talismã), que, nesse caso, também apresentaram média superior à média dos ambientes componentes deste fator (Quadro 29). Os fatores 3 e 4, por sua vez, não agruparam um número de ambientes suficiente para representar (ou explicar) uma safra, local ou ano (fator de variação ambiental), evidenciando a existência de outros fatores ambientais determinando a interação GxA, tais como temperatura, chuva, incidência de patógenos e etc., contra os quais a estratificação não é totalmente eficaz (ALLARD e BRADSHAW, 1964; CRUZ e REGAZZI, 2001).

Assim como para o ensaio de VCU preto, se verifica que algumas linhagens com média superior à média dos ambientes componentes de cada fator não foram indicadas pelo método de MURAKAMI (2001) e vice-versa. Essas observações se confirmam pelas recomendações das linhagens 12 (OP-S-16) e 15 (CII-R-3-19) em relação ao fator 1 (Quadros 27 e 29), entre outras. Isso reforça que o método não se baseia apenas na produtividade média dos ambientes componentes de cada um dos fatores, considerando, portanto, o comportamento dos genótipos ao longo dos ambientes, que é uma medida da estabilidade.

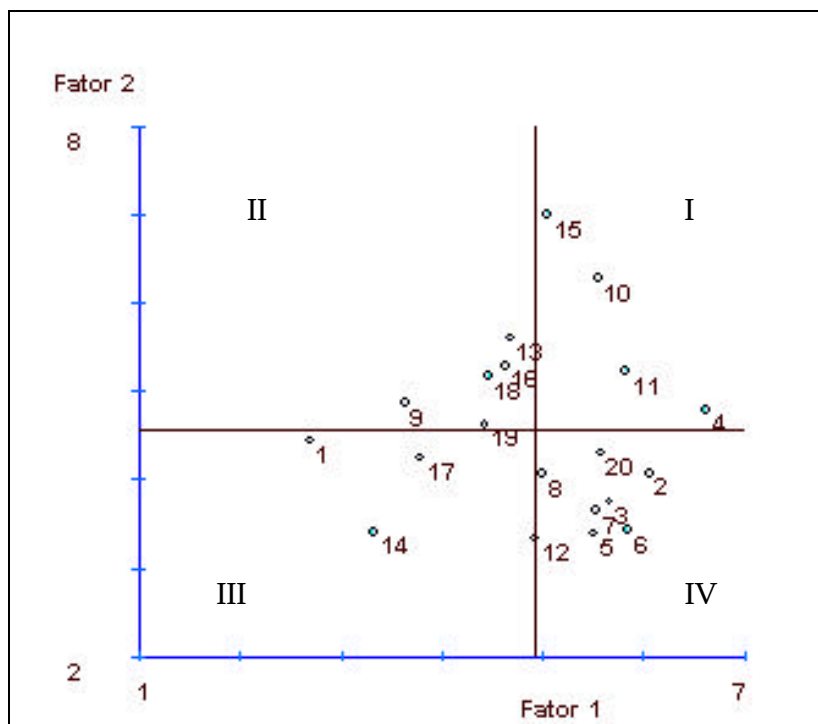


Figura 11 - Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos carioca com base nos fatores 1 (Viçosa e Coimbra - inverno 2002 e Viçosa/inverno 2003) e 2 (Coimbra e Florestal - seca 2003)

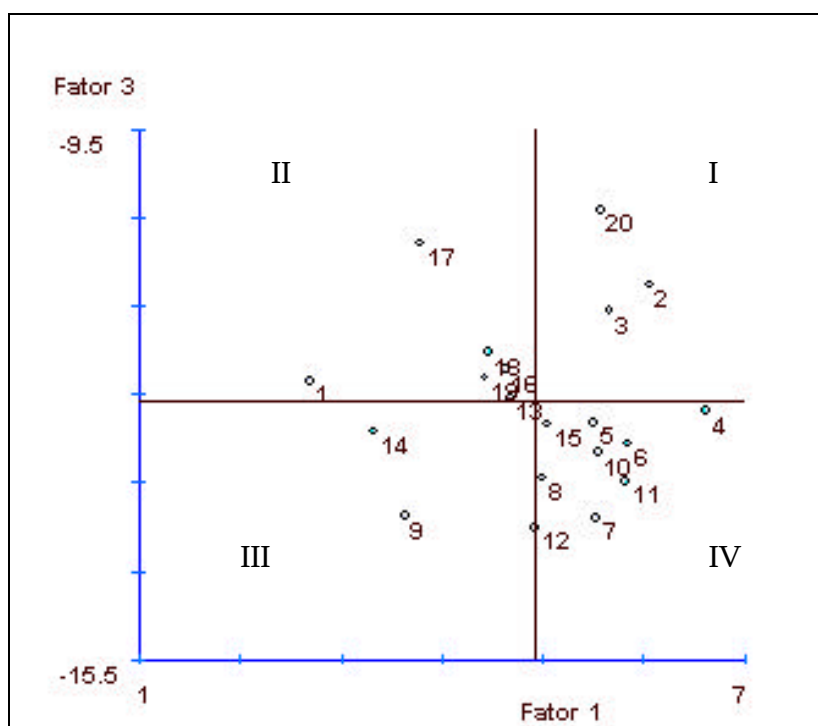


Figura 12 - Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos carioca com base nos fatores 1 (Viçosa e Coimbra - inverno 2002 e Viçosa/inverno 2003) e 3 (Viçosa e Capinópolis - seca 2003)

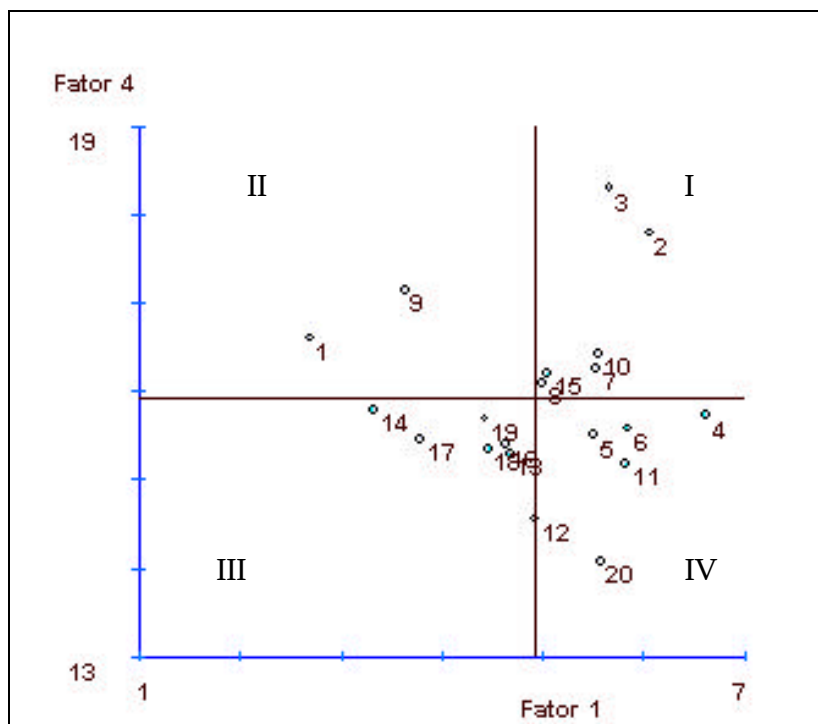


Figura 13 - Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos carioca com base nos fator 1 (Viçosa e Coimbra – inverno 2002 e Viçosa/inverno 2003) e 4 (Ponte Nova/seca e Coimbra/inverno 2003)

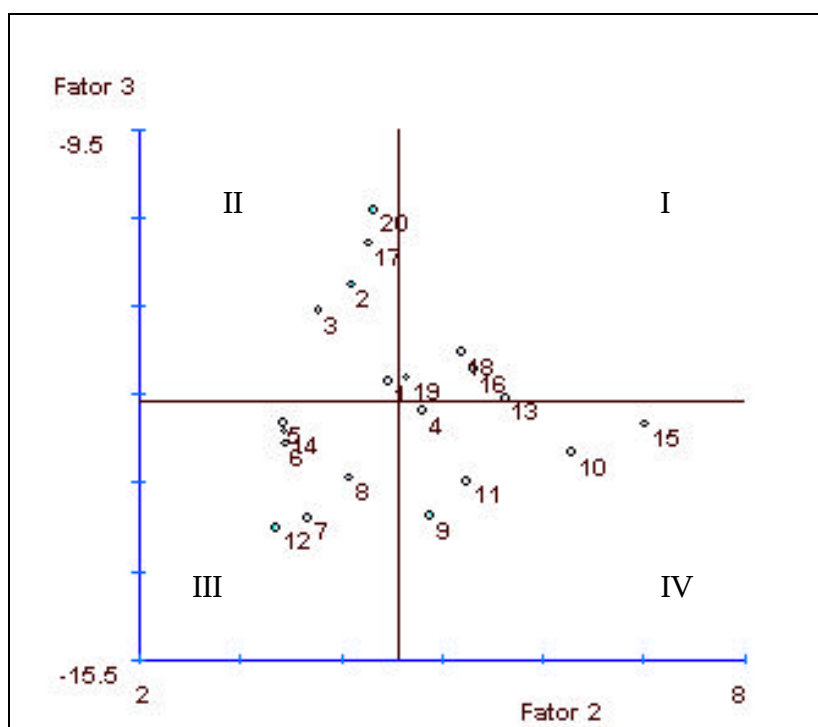


Figura 14 - Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos carioca com base nos fatores 2 (Coimbra e Florestal – seca 2003) e 3 (Viçosa e Capinópolis – seca 2003)

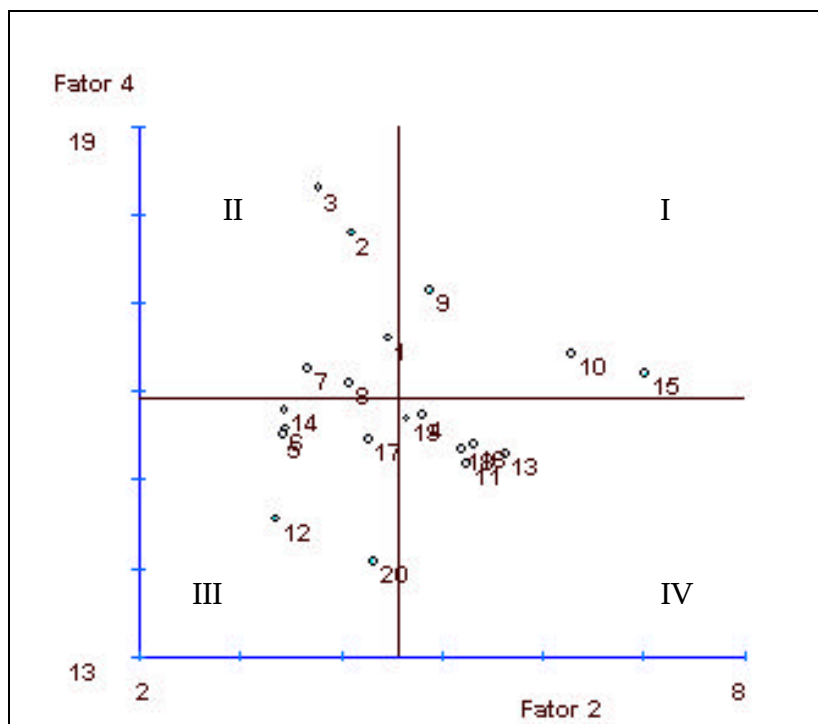


Figura 15 - Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos carioca com base nos fatores 2 (Coimbra e Florestal – seca 2003) e 4 (Ponte Nova/seca e Coimbra/inverno 2003)

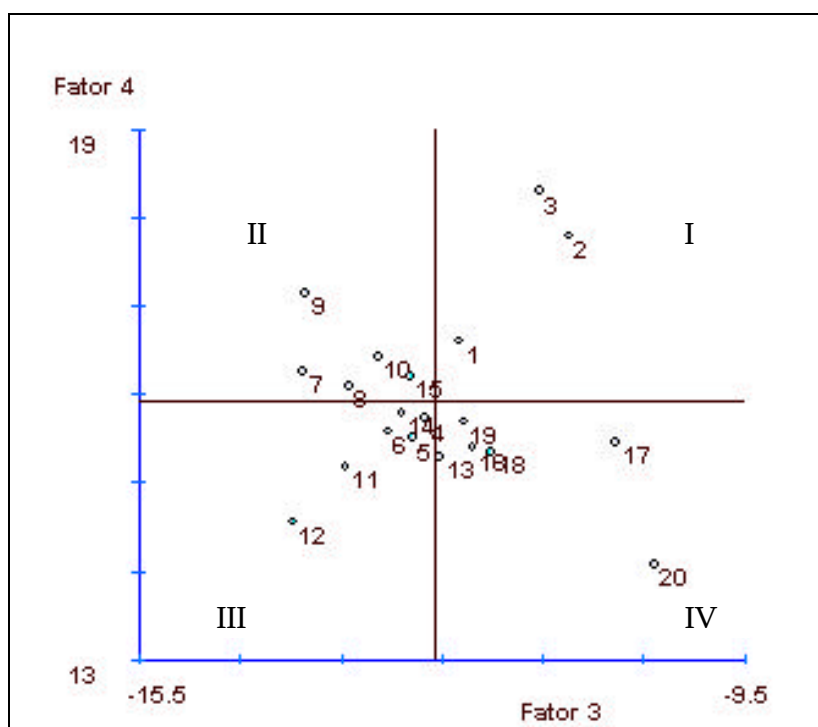


Figura 16 - Dispersão de 20 linhagens de feijão de grãos carioca com base nos fatores 3 (Viçosa e Capinópolis – seca 2003) e 4 (Ponte Nova/seca e Coimbra/inverno 2003)

Quadro 29 – Produtividade média das 20 linhagens de feijão carioca, para os ambientes componentes de cada fator, avaliadas no ensaio de valor de cultivo e uso (VCU) no Estado de Minas Gerais

Código	Genótipo	Média (kg/ha) ¹			
		Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
1	VC1	1254,44	1978,83	2773,33	3549,32
2	VC2	2269,44	1782,17	2599,54	3941,21
3	VC3	2145,28	1848,83	2667,88	4080,22
4	VC4	2732,50	2075,25	2960,73	3517,27
5	VC5	2198,89	1802,17	2872,23	3438,32
6	Vi 0669	2510,56	1658,21	3002,59	3422,57
7	Vi 4899	2450,00	1776,13	3144,41	3616,16
8	Vi 4599	2096,67	2018,42	3155,17	3404,04
9	OP-S-30	1702,22	2151,33	3235,43	3693,81
10	OP-S-82	2143,06	2420,67	3130,09	3621,98
11	OP-NS-331	2406,67	2235,46	3243,97	3295,22
12	OP-S-16	2124,17	1550,87	3265,75	3155,57
13	OP-S-193	1929,17	2323,42	2969,35	3346,00
14	AN-LAV-51	1440,12	1597,79	2846,65	3380,42
15	CIII-R-3-19	1905,28	2662,17	3004,67	3542,42
16	CIII-H-4-12	1872,50	2167,79	2845,91	3403,54
17	CNFC 9437	1676,11	1941,75	2442,73	3433,79
18	CNFE 8017	1919,72	2246,33	2855,43	3359,63
19	Talisma	1728,61	2234,25	2873,18	3389,74
20	Perola	1993,89	1911,75	2472,49	2958,05
Média geral		2024,96	2019,18	2918,08	3477,46

¹ – as médias em negrito superaram a média geral em cada coluna

Percebe-se que o método de MURAKAMI (2001) é mais eficiente em apontar os genótipos de adaptabilidade específica quando um ou mais fatores explicam especificamente os efeitos de locais, safras ou anos. Assim, fica evidente que isto ocorrerá quando pelo menos um desses efeitos não for determinante da interação genótipos por ambientes. Uma vez que as linhagens de feijão de grãos pretos apresentaram menor interação com ambientes do que as de grãos carioca, a recomendação para o ensaio de VCU de feijão preto apresenta, segundo esse método, maior confiabilidade em relação aos efeitos locais, safras e anos.

5. CONCLUSÕES

As linhagens, tanto componentes do ensaio de VCU de feijão preto quanto carioca, apresentaram variabilidade genética, assim como os ambientes utilizados para as suas avaliações apresentaram variação suficiente para discriminar o potencial das linhagens em estudo, que apresentaram comportamento diferenciado ao longo dos ambientes em função da ocorrência da interação genótipos por ambientes.

A performance de algumas linhagens de feijão, dada pela produtividade de grãos, apresentou relação inversa às suas sensibilidades à ferrugem. O comportamento das linhagens de grãos carioca CNFE8017, Talismã e CIII-R-3-19 e VP2, VP12 e CNFP9346, de grãos preto, constata esta tendência.

Os subgrupos formados pela estratificação ambiental, baseada no algoritmo proposto por Lin (1982), apresentaram em sua maioria ambientes referentes à safra de inverno, indicando, neste caso, pequeno efeito de locais sobre o comportamento das linhagens nesta safra.

A decomposição da interação nas suas frações componentes simples e complexa, pela metodologia de CRUZ e CASTOLDI (1991), não contribuiu para aprimorar o agrupamento com base no método tradicional de estratificação.

A metodologia de estratificação ambiental de MURAKAMI (2001) foi mais eficiente em apontar a similaridade entre os ambientes do que aquela

baseada no princípio de interação genótipos x ambientes não significativa, indicando seu potencial neste tipo de estudo.

A recomendação com base no método de MURAKAMI (2001) foi eficiente em apontar os genótipos de adaptabilidade quando um ou mais fatores explicaram os efeitos de locais, safras ou anos.

Para a recomendação de cultivares, com base na resposta frente às variações ambientais, destacou-se o método de CARNEIRO (1998), baseado no trapézio quadrático ponderado pelo CV, em razão da unicidade do parâmetro MAEC (medida de adaptabilidade e estabilidade de comportamento), que englobou os conceitos de adaptação, adaptabilidade e estabilidade. Além da recomendação das linhagens para o grupo de ambientes em avaliação, o método permitiu avaliar o comportamento das linhagens em estudo, quais sejam: as linhagens Ouro Negro e Vi 5700, de grãos pretos, e OP-NS-331, Vi 4899 e Vi 0669, de grãos carioca, apresentaram adaptabilidade geral; as linhagens Valente e VP1, de grãos pretos, e OP-S-82, VC2 e OP-S-16, de grãos carioca, apresentaram adaptabilidade específica às condições favoráveis, ou seja, responsivas à melhoria das condições ambientais; já com adaptabilidade específica às condições desfavoráveis destacaram-se as linhagens Vi 5500 e VP5, de grãos pretos, e VC4, VC5 e Vi 4599, de grãos carioca, sendo, portanto, mais indicadas para pequenos agricultores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. de F. B., RAMALHO, M. A. P., SANTOS, J. B. dos, PEREIRA FILHO, I. A. Effects genotype x enviroment interaction on estimations of genetic and phenotypic parameters of common beans. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.13,n.1, p.75-82, mar.1990

ABREU, A. de F. B., RAMALHO, M. A. P., SANTOS, J. B. dos. Desempenho e Estabilidade Fenotípica de Cultivares de Feijão em Algumas Localidades do Estado de Minas Gerais. **Ciência Prática**. 16(1), p. 18- 24, 1992.

ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, v.4, p. 503-8, 1964.

ANDRADE, E.M.; COSTA, J.G.C.; RAVA,C.A. Variabilidade Patogênica de Isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* de algumas Regiões Brasileiras. In: **Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão**, Salvador, *Anais...*, 6, p.242-244, 1999.

BIANCHINI, A.; MARINGONI, A.C.; CARNEIRO, S.M.T.P.G. Doenças do Feijoeiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de Fitopatologia**, ed. Ceres, 3º edição, v. 2, São Paulo,1997, Capítulo 34, p.376-400.

BORGES, L. C., FERREIRA, D. F., , ABREU, A. DE F. B, RAMALHO, M. A. P. Emprego de metodologias de avaliação da estabilidade fenotípica na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) **Revista Ceres**, 47 (269): p.89-102, 2000.

CARBONELL, S. A.; POMPEU, A.S. Estratificação de Ambientes em Experimentos de Feijoeiro No Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, 56(1), p.207-218, 1997.

CARBONELL, S. A.; POMPEU, A.S. Estabilidade Fenotípica de Linhagens de Feijoeiro em Três Épocas de Plantio no Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 35(2), p.321-329, 2000.

CARBONELL, S. A. M., FILHO, J. de A., DIAS, L. A dos S., GONÇALVES, C., ANTONIO, C. B. Adaptabilidade e Estabilidade de Produção de Cultivares e Linhagens de Feijoeiro no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, 60(2), p.69-77, 2001.

CARNEIRO, P.C.S. **Novas Metodologias de Análise da Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento**. 1998. 168f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CARNEIRO, J.E.S. **Alternativas para Obtenção e Escolha de Populações Segregantes no Feijoeiro**. 2002, 134f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARNEIRO, J.E. S., GONÇALVES, F. M.A., RAMALHO, M. A. P, ABREU, A. DE F. B. CARNEIRO, P.C.S. Comportamento de Linhagens de Feijão Carioca No Estado de Minas Gerais In: **VII Congresso Nacional De Pesquisa De Feijão (Resumos)**, UFV, Viçosa, p.348-351, 2002.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/>. Acesso em 23 outubro de 2002.

COIMBRA, J.L.M.; CARVALHO, F.I.F.; HEMP, S.; SILVA, S.A. Adaptabilidade e Estabilidade Fenotípica em Genótipos de Feijão de Cor (*Phaseolus vulgaris* L.) em Três Ambientes Distintos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.3, p.441-448, 1999.

CORTE, A. D.; MODA-CIRINO, V. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos precoces de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) In: **VII Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão (Resumos)**, UFV, Viçosa, p.217-220, 2002.

CORTE, H. R., RAMALHO, M. A. P., ABREU, A. de F. B., Estabilidade de Populações Segregantes e Respectivos Genitores em Feijoeiro Comum, **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.4, p.900-908, jul./ago., 2001.

CRUZ, C. D. **Aplicativo computacional em genética e estatística**, Viçosa: UFV, 2001, 648p.

CRUZ, C. D., CARNEIRO, P.C.S. **Modelos Biométricos Aplicados Ao Melhoramento Genético**, Viçosa, UFV, vol. 2, 2003, 585p.

CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.38, p.422-430, 1991.

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados Ao Melhoramento Genético**, Viçosa, UFV, vol.1, 2001, 390p.

CRUZ, C.D.; TORRES, R.A. de; VENCOSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva e Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.12, p.567-580, 1989.

DUARTE, J.B.; VENCOSKY, R. **Interação Genótipos x Ambientes – Uma introdução à análise “AMMI”**, Série Monografias n. 9, Rio Preto, SP, 1999, 60p.

EBERHART, S.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, Jan./Feb. 1966.

FALEIRO, F. G. **Identificação de raças, diversidade genética de *Uromices appendiculatus* var. *appendiculatus* e herança da resistência no feijoeiro**.1997. 65f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FERREIRA, C.M.; PELOSO, M. J. D.; FARIA, L.C. **Feijão na Economia Nacional**. Documentos n. 135, Embrapa Arroz Feijão - Santo Antônio de Goiás, agosto 2002.

FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaption in a plant breeding programme. **Australian of Journal Agricultural Research**, Melbourne, v. 14, n. 6, p.742-754, Jan. 1963.

HERNANDES, C.M.; CROSSA, J.; CASTILLO, A. The area under the function: na index for selecting desirable genotypes. **Theor. Appl. Genet.**, Berlim, v.87, n.4, p.409-415, 1993.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. New Jersey-USA: Englewood Cliffs, 642p., 1992.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Can. J. Plant Sci.**, v.68, n.3, p.193-8, 1988.

LIN, C.S.; BINNS, M.R.; LEFKOVITCH, L.P. Stability analysis: where do we stand? **Crop Science**, Madison, v. 26, n. 5, p.894-899, Sept./Oct. 1986.

MEKBIB, F. Simultaneous selection for high yield and stability in common bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes. **Journal of Agricultural Science**,v.138, p.249-253, 2002.

MIRANDA, G.V. **Comparação de Métodos de Avaliação de Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento de Cultivares: Exemplo com a cultura do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1993. 120f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MIRANDA, G.V.; VIEIRA, C.; CRUZ, C.D.; ARAÚJO, G. A. A. Adaptabilidade de Comportamento de cultivares de feijão em quatro municípios da zona da mata de Minas Gerais. **Revista Ceres**, 41(232), p.591- 609, 1993.

MIRANDA, G.V.; CRUZ, C.D.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G. A. A. Comparação de Quatro Métodos de Avaliação da Estabilidade Fenotípica de Cultivares de Feijão. **Revista Ceres**, 44 (256), p.627- 638, 1997.

MONGE, R. A. **Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento de Linhagens e Cultivares de Feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.) em 124 Ensaios Internacionais**. 1981. 50f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MURAKAMI, D. M., **Novas Metodologias De Análise De Interação Genótipos x Ambientes: Análise Combinada de Estratificação, Adaptabilidade e Estabilidade e Análise de Representatividade Ambiental**, 2001. 155f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NIETSCH, S.; CARVALHO, G. A.; BORÉM, A.; PAULA JR., T. J.; FERREIRA, C. F.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A., Variabilidade patogênica de *Phaeoiosariopsis griseola* em Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 22, p.289-290, 1997.

OLIVEIRA, M.S. **Predição do Potencial Genético de populações Segregantes de Feijão Comum oriundas de Híbridos simples e Duplos**. 2003. 87f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PATERNIANI, E.. Interação genótipo x ambiente em climas tropicais e subtropicais. In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 16, Belo Horizonte, EMBRAPA/CNPMS -Sete Lagoas, *Anais...*, p.378-382, 1986.

PAULA Jr, T. J. de, Mancha angular do Feijoeiro no Estado de Minas Gerais, Brasil. In: **International Workshop On Angular Leaf Spot Of Common Beans**. Colombia, abstracts, 1, p.6, 1995,

PAULA Jr, T. J. de; NIETSCH, S.; CARVALHO, G. A.; FERREIRA, C. F.; BORÉM, A.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A., Resistência à mancha angular de cultivares de feijão recomendados para Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira** , 22, p.294, 1997.

PAULA Jr, T. J. de, ZAMBOLIM L. Doenças In: VIEIRA, C.; PAULA Jr, T. J.; BORÉM, A. **Feijão: Aspectos Gerais e Cultura no Estado de Minas**, Ed. UFV, 1998, capítulo13, p.375-433.

PEREIRA, E.B.; ABREU, A.F.B.; ARAÚJO, G.A.A. Comportamento de Cultivares de Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na Região Sul de Minas Gerais. **Ciência Prática**, Lavras, v.11, n.2, p.190-198, 1987.

PIMENTEL-GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental**. 11.ed. São Paulo, Nobel, 1985. 466p.

PIROLA, L.H. **Seleção natural e a interação famílias x locais na cultura do feijoeiro**. 2000. 52p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PLAISTED, R.L.; PETERSON, L.C. A technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. **Am. Potato J.**, v.36, n.6, p.381-5, 1959.

RAGAGNIN, V.A. **Seleção, Caracterização e Comportamento de Isolinhas de Feijoeiro-Comum Resistentes à Ferrugem, Antracnose e Mancha-Angular**. 2001. 113f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; Cultivares In: VIEIRA, C.; PAULA Jr, T. J.; BORÉM, A. **Feijão: Aspectos Gerais e Cultura no Estado de Minas**, Ed. UFV, 1998, capítulo14, p.435-449.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, P.S.J. Interação Genótipos x Épocas de Semeadura, Anos e Locais na Avaliação de Cultivares de Feijão nas Regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.22, n.2, p.176- 181, 1998.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. & RIGHETTO, G.H. Interação de cultivares de feijão por época de semeadura em diferentes localidades do Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, **28**(10):1183-1189, 1993a.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, P.S.J., Desempenho de Progenies Precoces de Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em Diferentes Locais e Épocas de Plantio. **Revista Ceres**, 40 (229), p.272- 280, 1993b.

RAMALHO, M. A.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas; aplicações ao melhoramento do feijoeiro**, Goiânia Ed. UFG, 1993c, 271p.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. A.; SANTOS, J. B. Estabilidade de Linhagens de Feijão do programa de melhoramento da UFLA. In: **VII Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão (Resumos)**, UFV, Viçosa, p.369- 370, 2002a.

Ramalho, M. A. P.; Abreu, A. F. B.; Carneiro, J. E. S.; Gonçalves, F. M. A.; Santos, J. B.; Peloso, M. J.; Faria, L. C.; Carneiro, G. E. S.; Pereira Filho I. A.; O 'Talismã' de sua Lavoura de Feijoeiro, **Comunicado Técnico 36** Santo Antônio de Goiás-GO, Agosto, p.1 - 2, 2002b.

RAMALHO, M. A. P.; FILHO, J. L. S.; ABREU, A. F. B. A Interação Safras x Cultivares No Trabalho dos Melhoristas de Feijão. In: **VII Congresso**

Nacional de Pesquisa de Feijão (Resumos), UFV, Viçosa, p.366- 368, 2002c.

RAPOSO, F. V. **Comparação de métodos de condução de populações segregantes de feijoeiro**. 1999. 72f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RAVA, C.; PURCHIO, A.; SARTORATO, A. Caracterização de patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum* que ocorrem em algumas regiões produtoras de feijoeiro comum. **Fitopatologia Brasileira**, v.19, p.167-172, 1994.

ROSSE L. N.; VENCOVSKY, R. Modelo de Regressão Não-Linear Aplicado ao Estudo da Estabilidade Fenotípica de Genótipos de Feijão no Estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas, 59(1), p.99-107, 2000.

SANTOS, J.B. **Estabilidade fenotípica e cultivares de feijão (*phaseolus vulgaris* L.) nas condições do Sul de Minas**. 1980. 110f. Dissertação (Mestrado em Genética e melhoramento) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

SANTOS, V.S. **Implicações da seleção precoce para tipo de grão no melhoramento genético do feijoeiro comum**. 2001. 57f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A.; YOKOYAMA, M. **Principais Doenças e Pragas do Feijoeiro Comum no Brasil**. EMBRAPA-SPI, 53p., 1987.

SARTORATO, A. Feijão - principais doenças. **Correio Agrícola**, p. 8-11, 2003.

SILVA, J.G.C.; BARRETO, J.N. Aplicação da Regressão Linear Segmentada em estudos da interação Genótipo x Ambiente. In: **Simpósio de Experimentação Agrícola**. ESALQ - Piracicaba, 1, *Anais...*, p.49-50, 1985.

TAI, G.C.C. Genotypic stability analysis and its application to potato trials. **Crop Sci.**, v.11, n.2, p.184-90, 1971.

TAKEDA, C.; SANTOS, J.B.; RAMALHO, M.A.P. Choice of parental lines for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.14, n.2, p.455-465, jun.1991.

VENKOVSKY, R., BARRIGA, P. **Genética Biométrica no Fitomelhoramento**. Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 186p.

VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. Limitations of convencional regression analysis: a proposed modification. **Theor. Appl. Genet.**, v.53, n.2, p.89-91, 1978.

VIEIRA, C. **Doenças e Pragas do Feijoeiro**. UFV- Viçosa, 231p. 1983.

VIEIRA, C.; ARAÚJO, G.A.A.; CRUZ, C.D. Comportamento de Cultivares de Feijão no Plantio de Outono-inverno. In: VIEIRA, R.F. **Projeto Feijão-Relatório 88/92**, Viçosa, EPAMIG, p.71-76, 1992.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P. , Melhoramento do Feijão In: BORÉM, A. **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. Ed. UFV, 1999, capítulo 9, p. 273-350.

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