



LIDIANE KELY DE LIMA

**IMPLICAÇÕES DA INTERAÇÃO GENÓTIPOS
X AMBIENTES EM ENSAIOS DE VALOR DE
CULTIVO E USO NO ESTADO DE MINAS
GERAIS**

LAVRAS - MG

2013

LIDIANE KELY DE LIMA

**IMPLICAÇÕES DA INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES EM
ENSAIOS DE VALOR DE CULTIVO E USO NO ESTADO DE MINAS
GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de doutor.

Orientador

Dr. Magno Antonio Patto Ramalho

LAVRAS – MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Lima, Lidiane Kely de.

Implicações da interação genótipos x ambientes em ensaios de valor de cultivo e uso no Estado de Minas Gerais / Lidiane Kely de Lima. – Lavras: UFLA, 2013.

120 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho.

Bibliografia.

1. *Phaseolus vulgaris* L. 2. Repetibilidade. 3. Zoneamento agroecológico. 4. Adaptabilidade fenotípica. 5. Estabilidade fenotípica. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.53

LIDIANE KELY DE LIMA

**IMPLICAÇÕES DA INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES EM
ENSAIOS DE VALOR DE CULTIVO E USO NO ESTADO DE MINAS
GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de doutor.

APROVADA em 19 de julho de 2013.

Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu	EMBRAPA
Dr. Antonio Carlos de Oliveira	EMBRAPA
Dr. Helton Santos Pereira	EMBRAPA
Dr. José Eustaquio de Souza Carneiro	UFLA

Dr. Magno Antonio Patto Ramalho
Orientador

LAVRAS – MG

2013

A minha mãe, Francisca Enilde de Lima, meu irmão, Everton Adriano de Lima,
Minha cunhada, Monaliza Filgueira de Lima e minha sobrinha Ayla Sophia
Filgueira de Lima, por serem meu porto seguro.

DEDICO

A Deus, pelo dom da vida e por mais uma etapa concluída.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo cuidado e por tudo que ele tem me concedido viver e conquistar ao longo da minha vida.

A minha mãe, Enilda, meu irmão, Everton, minha cunhada, Monaliza e minha sobrinha Sophia, pelo apoio e carinho incondicional.

A toda minha família que em todos os momentos se fizeram presentes me passando confiança e segurança.

A Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de cursar a pós-graduação.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa.

A Embrapa, UFV e Epamig por terem cedido os dados para realização da tese.

Ao professor Magno Antonio Patto Ramalho, pela orientação, ensinamentos, incentivo e exemplo de profissional que nos impulsiona a fazer sempre o melhor.

A doutora Ângela de Fátima Barbosa Abreu, pelo exemplo de profissional, amizade, carinho, apoio em todos os momentos.

Aos demais docentes do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos amigos do grupo “ Melhoramento do Feijoeiro” pelo auxílio nos trabalhos, amizade, carinho e agradável convívio.

Aos amigos do Núcleo de Estudos em Genética, em especial, Izabel, Guilherme, Josiel, Dayane, Jéssica, Marcio Guedes, pela amizade e carinho inestimáveis.

Aos amigos Ricardo Augusto (Estalone) e Fernando Toledo pela contribuição científica e disponibilidade para a realização deste trabalho.

Aos membros da banca, pelas valiosas sugestões.

Aos funcionários de campo, Léo, Lindolfo, Zé carlinho, pelo auxílio na condução dos experimentos.

Aos funcionários do Departamento de Biologia, em especial, Dona Irondina, Dú, Lilian, Zélia e Rafaela, pela amizade e convivência diária.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho.

Meu muito obrigada!!!

RESUMO GERAL

Visando a recomendação de cultivares que sejam mais adaptadas e estáveis para uma dada região ou estado, foi proposta a condução de experimentos de Valor de Cultivo e Uso (VCU) para o registro de cultivares. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estabeleceu as normas de condução dos VCU's no país. No caso de feijão é preconizada a condução dos experimentos por estado/região em três locais, nas safras representativas de cultivo, em dois anos consecutivos. Foram utilizados dados de produtividade de grãos de 166 experimentos de VCU conduzidos no estado de Minas Gerais no período de 2002 a 2012 e realizadas duas atividades. Na primeira o objetivo foi estimar a contribuição relativa das variações ambientais previsíveis (locais e safras) e imprevisíveis (anos) para a interação linhagens x ambientes para a produtividade de grãos e verificar se é possível reduzir o número de ambientes de avaliação dos VCU's conduzidos em Minas Gerais. Realizaram-se análises de variância individuais e conjunta dos ambientes para cada biênio e estimou-se a contribuição (R^2) de cada fonte de variação para a variação total. A redução no número de ambientes foi avaliada realizando-se o zoneamento agroecológico utilizando o método da ecovalência. Adicionalmente, foram efetuadas análises de variância conjunta considerando diferentes números de ambientes, por meio da amostragem. O número de ambientes variou de dois a n, dependendo do VCU considerado, sorteados aleatoriamente sem reposição. Foram realizadas todas as análises dos ambientes dois a dois, três a três, etc, até 1000 combinações. Quando o número de agrupamentos ultrapassava esse valor, 1000 eram utilizados. Nessas análises foi estimada a coincidência entre uma das três melhores linhagens de feijoeiro identificadas na análise conjunta de todos os experimentos com a simulação efetuada considerando números diferentes de experimentos. Verificou-se que a fonte de variação que mais contribui para a interação foi locais, depois safras e em seguida anos. Constatou-se que a redução do número de ambientes nos ensaios de VCU não é aconselhável na recomendação de novas cultivares no estado de Minas Gerais. Na segunda atividade objetivou-se estimar a repetibilidade dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade entre anos dentro de cada biênio. Foram estimados os parâmetros: média de produtividade de grãos, ecovalência (Wr_j), coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de regressão linear (b_1) Método de Eberhart e Russel (1966), considerando os locais e épocas de semeadura por ano, dentro de cada biênio. Realizou-se uma análise de variância das estimativas e obteve-se a repetibilidade ($r_{yy'}^2$) desses parâmetros, no ano y e y' . A estimativa de $r_{yy'}^2$ para a produtividade de grãos, na maioria dos biênios foi relativamente alta. Já para

Wr_j , R^2 e b_1 foi nula ou de pequena magnitude, indicando que o sucesso na identificação de linhagens de feijão para serem recomendadas aos agricultores é maior quando baseada na produtividade de grãos do que se utilizando os parâmetros de estabilidade.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Zoneamento agroecológico. Ensaio de Valor de Cultivo e Uso. Adaptabilidade fenotípica. Estabilidade fenotípica. Repetibilidade.

GENERAL ABSTRACT

Aiming at the recommendation of cultivars that are better adapted and stable for a given region or state, was proposed to conduct experiments Value for Cultivation and Use (VCU) for the registration of cultivars. The Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento of the Brazil established the standards of conduct of VCU's in the country. In the case of beans is recommended to conduct the experiments by state/region in three locations in representative seasons of crop cultivation, in two consecutive years. We used data of grain yield of 166 VCU experiments conducted in the state of Minas Gerais in the period from 2002 to 2012 and carried two activities. In the first, the objective was to estimate the relative contribution of predictable environmental variation (local and crops) and unpredictable (years) for the lines x environments interactions for grain yield and verify the possibility of reducing the number of evaluation environments of VCU's conducted in Minas Gerais. Analyses of individual variance and joint of environments for each biennium and estimates of contribution (R^2) of each source of variation to the total variation were performed. The reduction in the number of environments was evaluated by performing the agroecological zoning method using ecovalence. Additionally, joint analysis of variance were realized considering different numbers of environments, through resampling. The number of environments ranged from two to n, depending on the VCU considered, randomly selected without replacement. All analyses of the environments, two by two, three by three, etc., up to 1000 combinations, were performed. When the number of clusters exceed this value, 1000 were used. In these analyzes we estimated the coincidence between the top three bean lines identified in the combined analysis of all experiments with the simulation performed considering different numbers of experiments. It was found that the source of variation that contributes most to the interaction was sites, then seasons, and subsequently years. It was found that reducing the number of environments in VCU testing is not advisable on the recommendation of new cultivars in the state of Minas Gerais. The objective of the second activity was to estimate the repeatability of parameters of adaptability and stability among years within each biennium. The following parameters were estimated: average yield, ecovalence (Wr_j), coefficient of determination (R^2), and regression coefficient (b_1) Eberhart and Russel (1966) method, considering the locations and sowing times per year within each biennium. We performed an analysis of variance of the estimates obtained and repeatability ($r_{yy'}^2$) of these parameters in the year y and y'. The estimate of repeatability for grain yield in most biennia was relatively high. As for Wr_j , R^2 and b_1 was zero or small in

magnitude, indicating that the success in identifying lines of beans to be recommended to farmers is higher when based on grain yield than using the stability parameters.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L. Agroecological zoning. Assay of Value for Cultivation and Use. Phenotypic adaptability. Phenotypic stability. Repeatability.

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	12
1	INTRODUÇÃO GERAL	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	O feijão no Brasil e em Minas Gerais	15
2.2	O convênio de pesquisa com feijão em Minas Gerais	21
2.3	Zoneamento agroecológico para o feijoeiro no estado de Minas Gerais	23
2.4	Métodos que possibilitam realizar o zoneamento agrícola em função da interação genótipos x ambientes	32
2.5	Herança dos parâmetros de estabilidade	37
	REFERÊNCIAS	40
	SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	50
	ARTIGO 1 Implicações da interação de linhagens com locais, anos e safras nos ensaios de valor de cultivo e uso de feijão em Minas Gerais.....	50
	ARTIGO 2 Repetibilidade dos parâmetros de adaptabilidade e Estabilidade em ambientes imprevisíveis na cultura do feijoeiro.....	79

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

O fenótipo produtividade de grãos depende do genótipo, do ambiente e da interação dos genótipos x ambientes. O ambiente de cultivo do feijoeiro comum é bastante diversificado, visto que é cultivado em todo o território nacional, durante todo o ano. No estado de Minas Gerais a produtividade varia em função da época de semeadura e das inúmeras variações edafoclimáticas dos 853 municípios existentes no estado que produzem feijão e do tipo de agricultor, sendo cultivado por aqueles tipicamente de subsistência, até os grandes empresários rurais.

As variações ambientais, segundo Allard e Bradshaw (1964) são classificadas como previsíveis e imprevisíveis. As variações previsíveis são aquelas que ocorrem de forma sistemática ou estão sob controle do homem, como por exemplo, épocas de semeadura, locais, entre outras e as variações imprevisíveis, aquelas que flutuam de forma inconsistente, por exemplo, anos, que pode variar quanto à precipitação, temperatura e umidade relativa.

O efeito do ambiente no desempenho de linhagens/cultivares de feijão é amplamente conhecido (FARIA et al., 2009; SILVA et al., 2011; TORGA et al., 2013). Se ocorre variação genética entre as linhagens associada à ampla variação ambiental, já comentada, a interação dos genótipos x ambientes é expressiva.

Para mitigar o efeito da interação das linhagens x ambientes uma alternativa é conduzir os experimentos de avaliação de linhagens no maior número de ambientes. Desse modo, é possível identificar as linhagens mais adaptadas, com maiores médias e mais estáveis, isto é, que acompanhe a média do ambiente, ou melhor, que apresente sempre desempenho acima da média. Na

literatura são encontrados vários trabalhos com essa finalidade (CORREA et al., 2009; PEREIRA et al., 2009; ROCHA et al., 2010).

Visando minimizar o efeito da interação genótipos x ambientes, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabeleceu normas para o registro de novas cultivares no país. Essas normas preveem a avaliação das linhagens nos denominados ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU). Para o feijoeiro foi estabelecido que os experimentos sejam conduzidos em pelo menos três locais, nas safras representativas de cada região, durante dois anos, visando abranger as diversas condições de cultivo, proporcionando a seleção de cultivares com maior estabilidade fenotípica (BRASIL, 2006). O que se questiona é se esse número de ambientes é suficiente para uma recomendação mais segura das novas cultivares.

No estado de Minas Gerais, os VCU's são conduzidos em número de ambientes superior ao exigido pelo MAPA, procurando envolver as principais regiões produtoras de feijão. Como esses experimentos são onerosos é frequentemente questionando se o número de ambientes utilizado poderia ser reduzido, ficando próximo do proposto pelo regulamento do VCU.

Várias metodologias também são utilizadas visando à obtenção de cultivares mais estáveis e são apresentadas na literatura (BERNARDO, 2010; CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004; OLIVEIRA et al., 2006; PEREIRA et al., 2009; RAMALHO et al., 2012). Contudo, não basta apenas estimar o parâmetro de estabilidade. É necessário verificar se ele é herdável. Sobretudo porque a cultivar é avaliada no passado esperando que o seu desempenho repercuta no futuro quando for utilizada pelos agricultores, em condições ambientais certamente diferentes das que elas foram avaliadas (GAUCH JÚNIOR; ZOBEL, 1988).

Informações com relação ao controle genético dos parâmetros de estabilidade não são frequentes e, além disso, são inflacionadas por não ser

possível separar a variância genética de alguns fatores ambientais permanentes. Na literatura são encontrados alguns estudos a esse respeito, no entanto, levando em consideração apenas o efeito de locais (BRUZI et al., 2007; FARIAS et al., 1998), e seria importante obter informações do controle genético de parâmetros de estabilidade, principalmente envolvendo o efeito de anos que é um fator ambiental imprevisível.

Na presente tese foram utilizados dados de produtividade de grãos de 166 experimentos de VCU conduzidos no estado de Minas Gerais no período de 2002 a 2012 e realizadas duas atividades. Na primeira atividade o objetivo foi estimar a contribuição relativa das variações ambientais previsíveis (locais e safras) e imprevisíveis (anos) para a interação linhagens x ambientes para a produtividade de grãos e verificar se é possível reduzir o número de ambientes de avaliação dos VCU's conduzidos em Minas Gerais. Na segunda atividade objetivou-se estimar a repetibilidade dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade entre anos dentro de cada biênio.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O feijão no Brasil e em Minas Gerais

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de feijão, resultado da produção de 3,3 milhões de toneladas, provenientes de 3,3 milhões de hectares plantados e produtividade de 889 Kg.ha⁻¹ (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2012b). Considerando apenas o feijoeiro-comum, de acordo com levantamento realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2009), a produção foi de aproximadamente 2,9 milhões de toneladas, ano no qual foram semeados 2,7 milhões de hectares, com produtividade de 1250 Kg.ha⁻¹. O feijoeiro é cultivado em todo território nacional, no sistema solteiro ou consorciado, por pequenos produtores, com baixo uso de insumos externos e voltado para a subsistência das famílias. No entanto, houve uma mudança nesse cenário nos últimos 20 anos. Tem-se observado crescente interesse de produtores de outras classes econômicas, que vem adotando tecnologias avançadas, principalmente irrigação e maior aporte de insumos no processo produtivo, chegando a alcançar produtividades superiores a 3.000 kg.ha⁻¹.

Observando o histórico do cultivo de feijão no Brasil entre as safras de 1976/77 e 2011/12 (Figura 1), nota-se que houve incremento de 32% na produção, 83% na produtividade e redução de área semeada em 28%, resultado do aprimoramento no cultivo, bem como do desenvolvimento da pesquisa com a cultura. Esta, por sua vez, iniciou em 1950, devido a um acréscimo significativo na população brasileira, segundo o censo, fato que não ocorreu com a produção de grãos, causando sua escassez no mercado. Com isso, os pesquisadores despertaram interesse pela cultura e procuraram desenvolver cultivares mais produtivas e outras tecnologias para aumentar a produção.

A mesma tendência foi observada em Minas Gerais que é o segundo maior produtor brasileiro de feijão, responsável por 23% da produção (CONAB, 2012a). A produção do estado entre as safras de 1976/77 e 2011/12 subiu de 250,6 para 659,5 mil toneladas. A produtividade que era de 419 kg/ha e atualmente já encontra-se acima de 1569 kg/ha (Figura 2).

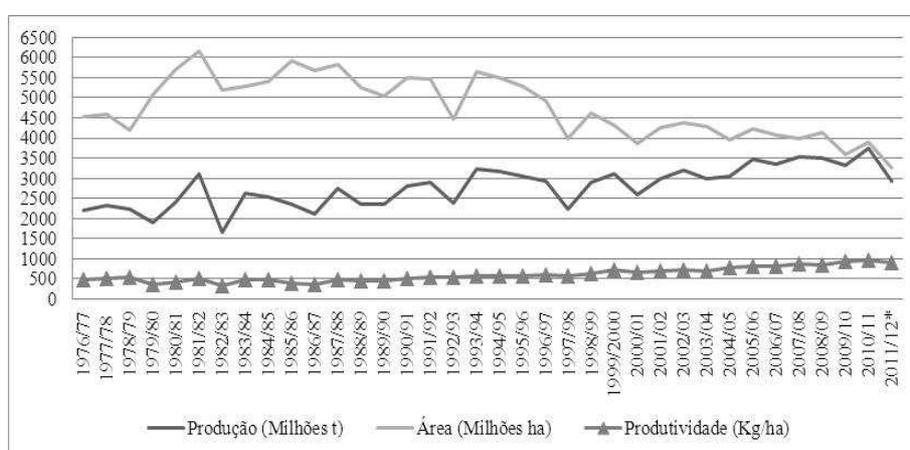


Figura 1 Evolução da produção, área semeada e produtividade de feijão no Brasil
Fonte: CONAB (2012a) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2007). (* Dados estimados)

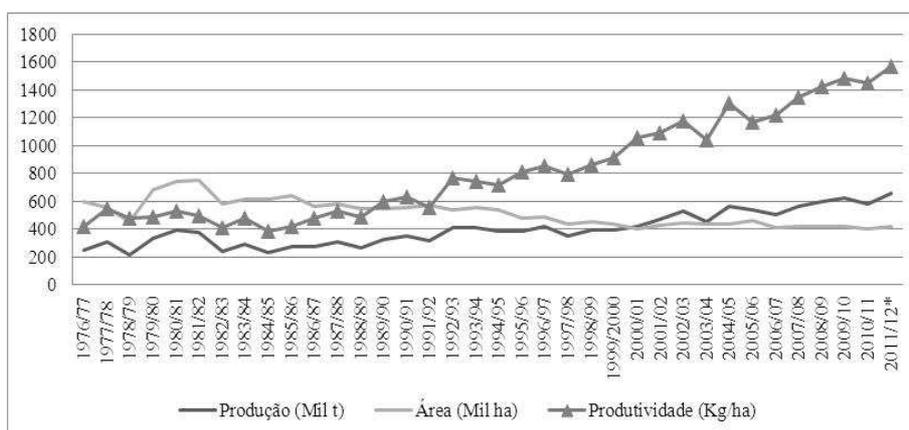


Figura 2 Evolução da produção, área semeada e produtividade de feijão em Minas Gerais

Fonte: CONAB (2012a) e IBGE (2007). (* Dados estimados)

O estado de Minas Gerais encontra-se dividido em 12 mesorregiões e no mapa são identificadas as mesorregiões produtoras de feijão (Figura 3). Dentre essas destaca-se o Noroeste de Minas, maior produtor de feijão do estado correspondendo a aproximadamente 40% da produção, ou seja, 191 mil toneladas provenientes de 83.295 ha semeados e com produtividade de 2.292 Kg.ha⁻¹, seguido pelo Triângulo mineiro/Alto Paranaíba e Norte de Minas (Tabela 1).

O bom desempenho da mesorregião Noroeste deve-se, em parte, a produção dos municípios de Unaí, maior produtor nacional com 127.500 toneladas, Paracatu com 51.500 toneladas e Buritis, 23.500 toneladas, respectivamente, quarto e 19º produtores no ranking brasileiro de produção de feijão.

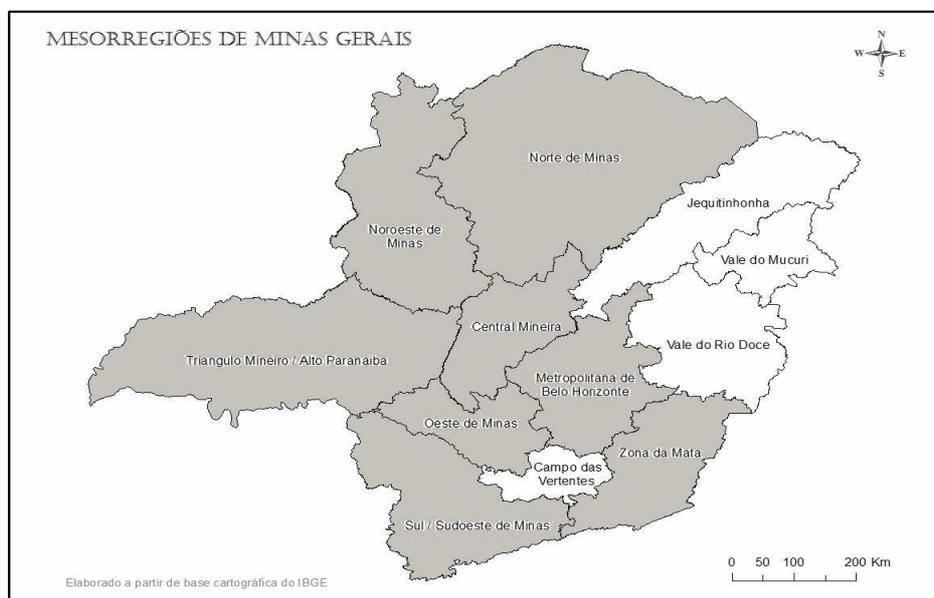


Figura 3 Mapa das mesorregiões do estado de Minas Gerais, destacando, em cinza, as principais mesorregiões produtoras de feijão no estado

Fonte: IBGE

Tabela 1 Produção, área semeada e produtividade das mesorregiões produtoras de feijão em Minas Gerais

Mesorregiões	Produção (t)	Área semeada (ha)	Produtividade (kg/ha)
Noroeste de Minas	190.993	83.295	2.292
Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	65.415	35.562	1.846
Norte de Minas	55.056	62.016	938
Sul/Sudoeste de Minas	49.616	51.731	1.002
Zona da Mata	31.581	50.605	673
Oeste de Minas	24.649	25.624	1.022
Campo das Vertentes	20.121	21.550	977
Vale do Rio Doce	13.186	21.934	607
Metropolitana de Belo Horizonte	11.741	16.808	701
Jequitinhonha	9.482	16.280	591
Central Mineira	5.089	5.010	1.110
Vale do Mucuri	3.934	5.615	700

Fonte: IBGE (2007)

O feijão é cultivado em Minas Gerais em praticamente todos os meses do ano. Vieira, Paula Junior e Borém (2006) propuseram quatro épocas de semeadura em função das estações do ano. Contudo, como os órgãos de estatística, consideram três épocas, essa classificação será a adotada nessa publicação. Desse modo, o feijão é cultivado na época das “águas” semeadura de outubro a início de dezembro; época da “seca” semeadura entre o final de janeiro a março e a época do “outono-inverno”, cuja semeadura ocorre de maio a início de agosto, dependendo da região.

O que ocorreu com a produção total do feijoeiro nas épocas de semeadura é apresentado na figura 4. Nota-se que inicialmente a maior produção era proveniente da safra da “seca” sendo superada pela safra das “águas” a partir de 1996/97, e que a denominada época de outono-inverno iniciou no ano

agrícola 1985/86. A produção do no ano agrícola 2010/11 atingiu 177.000, 224.000, e 181.000 toneladas, para as safras da “seca”, “águas” e “inverno”, respectivamente.

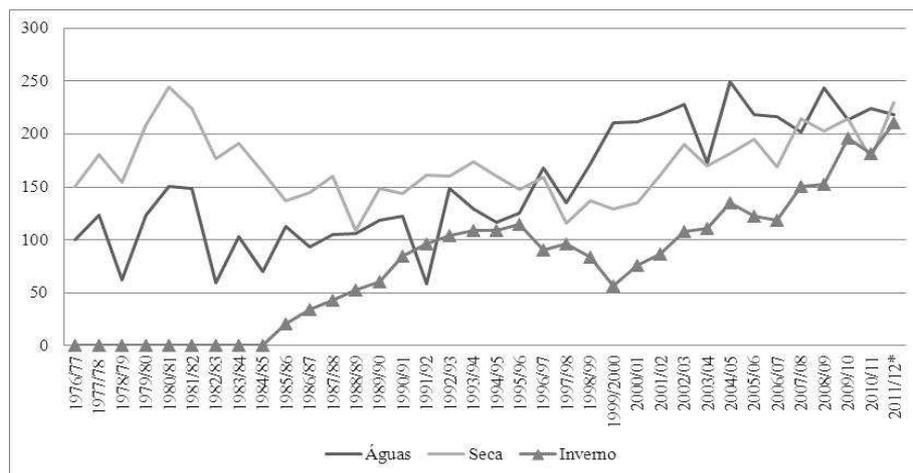


Figura 4 Comportamento da produção de feijão nas três safras anuais em Minas Gerais entre os anos de 1977 a 2012

Fonte: CONAB (2012a) e IBGE (2007). (* Dados estimados)

Com relação à área semeada (Figura 5) observa-se uma redução significativa de 30 e 53% respectivamente para a safra das águas e da seca e que a safra de inverno atualmente corresponde a 80,7 mil hectares. A produtividade (figura 6) apresenta crescimento constante ao longo dos anos, alcançando atualmente 1.167, 1.291 e 2.512 Kg/ha, na safra das “águas”, “seca” e “inverno”, respectivamente. A alta produtividade da safra de inverno se deve a utilização, dentre outras tecnologias disponíveis para a produção, da irrigação utilizada durante toda a safra.

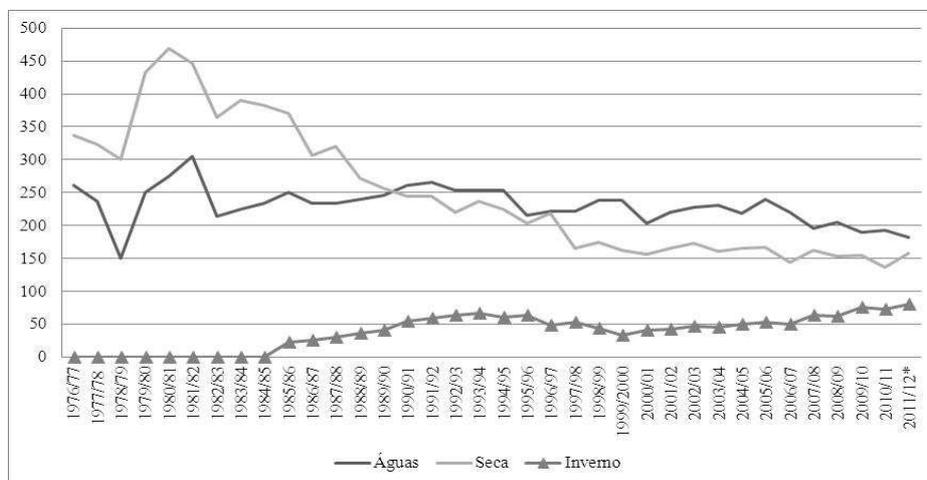


Figura 5 Histórico da área utilizada com o cultivo do feijoeiro nas três safras anuais em Minas Gerais entre os anos de 1977 a 2011

Fonte: CONAB (2012a) e IBGE (2007). (*Dados estimados)

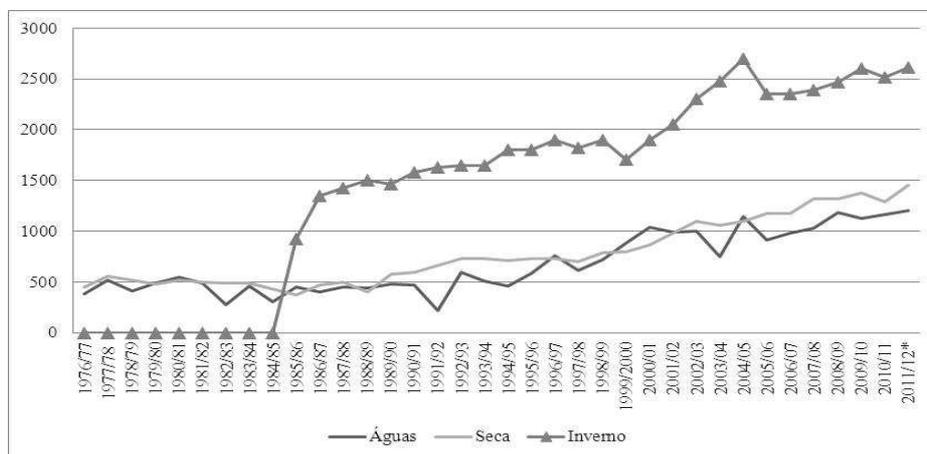


Figura 6 Comportamento da produtividade de feijão nas três safras anuais plantadas em Minas Gerais entre os anos de 1977 a 2012

Fonte: CONAB (2012a) e IBGE (2007). (*Dados estimados)

2.2 O convênio de pesquisa com feijão em Minas Gerais

As pesquisas com o feijoeiro em Minas Gerais iniciaram em 1930 pela Escola Superior de Agricultura e Veterinária de Viçosa (ESAV), atualmente Universidade Federal de Viçosa (UFV). Em 1950, foram realizados os primeiros testes de cultivares e importantes trabalhos de coleta e introdução de cultivares dos Estados Unidos, Costa Rica, México, Venezuela e Guatemala, pela ESAV juntamente com a Estação Experimental de Patos. Em 1970 foram criados o Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, atualmente Embrapa Arroz e Feijão, as Empresas Estaduais de pesquisa, nas quais inclui-se a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e deu-se início aos trabalhos do melhoramento do feijoeiro em outras universidades além da UFV, inclusive a Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Em 2002 foi oficializado o convênio “Melhoramento do Feijoeiro para o Estado de Minas Gerais”, cuja proposta é a obtenção e avaliação de linhagens de feijoeiro no estado e conseqüentemente desenvolver cultivares de feijão, adaptadas as condições de cultivo, e realizar recomendação de extensão de cultivares BRS para o estado de Minas Gerais. O acordo tem como objetivo estabelecer cooperação técnica e financeira entre a Embrapa e as instituições de ensino e pesquisa de Minas Gerais: UFLA, UFV e Epamig, visando à obtenção e registro de novas cultivares de feijoeiro comum.

Por esse convênio, cada instituição é responsável pela condução dos experimentos em suas regiões de atuação. Após dois anos de avaliação, a melhor linhagem é registrada e protegida com o nome BRSMG - nome fantasia -, com titularidade das quatro instituições, independente de quem tenha gerado a linhagem.

O acordo é implementado mediante Plano Anual de Trabalho, que deve ter seus prazos respeitados e estabelece as seguintes atividades:

- a) identificação dos genitores elites a serem utilizados nos cruzamentos e das populações deles oriundas e metodologia para avanço de geração das mesmas;
- b) identificação e denominação das linhagens promissoras selecionadas;
- c) recursos materiais e financeiros e respectivo cronograma de desembolso pertinentes à execução dos trabalhos;
- d) quantidade e perfil profissional dos recursos humanos a serem alocadas pelas instituições citadas;
- e) infraestrutura fundiária, com indicação dos locais onde serão realizadas as atividades.

Fica a cargo da Epamig, adotar as providências necessárias para a proteção e registro de cultivares; produzir semente básica, a partir da semente genética produzida pelo obtentor e repassada à mesma, e viabilizar a execução do plano de marketing.

Como resultados desse acordo foram obtidas cultivares com potencial produtivo maior que as antigas, com resistência as principais doenças, além de aspectos ligados a qualidade do grão como: cor, tempo de cocção e qualidade do produto cozido; bem como porte das plantas e precocidade. Assim, em 2002 foi lançada a primeira cultivar de feijão carioca denominada de BRSMG Talismã (ABREU et al., 2004), seguida da BRS Ouro Vermelho (EMBRAPA, 2005) e BRSMG Pioneiro (MOREIRA et al., 2005). Posteriormente foram lançadas as cultivares BRSMG Majestoso, BRSMG Madrepérola que preservam a característica de manter a coloração do grão clara por até um ano e BRSMG União que apresenta grãos tipo jalo e em 2011, foram lançadas as cultivares BRSMG Realce, de grãos rajados e BRSMG Tesouro do grupo roxinho (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS -

EPAMIG, 2011). Em 2012, realizaram a extensão de recomendação das cultivares BRS Estilo, BRS Cometa e BRS Esplendor.

2.3 Zoneamento agroecológico para o feijoeiro no estado de Minas Gerais

Minas Gerais tem se destacado pelo seu potencial agrícola, no entanto, devido a sua grande extensão territorial, é comum que ocorra diversidade climática que podem afetar direta ou indiretamente sua produção agrícola, tais como seca, granizo, chuvas em excesso, heterogeneidade do solo, dentre outras. Destacando a seca, como a condição que mais causa perdas na produtividade de grãos, em decorrência da deficiência hídrica associada aos longos períodos de estiagem.

As perdas na produtividade de grãos ocorrem devido à resposta diferencial dos genótipos à variação do ambiente, denominada de interação genótipos x ambientes (GxA). A interação GxA pode ser simples, quando não há alteração na classificação das cultivares nos ambientes avaliados ou complexa quando há inversão no comportamento das cultivares dificultando a seleção de genótipos amplamente adaptados, fazendo-se necessário realizar avaliações em um número maior de ambientes, pois indica a existência de cultivares especificamente adaptadas a ambientes particulares, bem como outras com adaptação mais ampla (MORAIS et al., 2008; RAMALHO et al., 2012; SILVA; DUARTE, 2006).

Para minimizar os efeitos da interação GxA, uma alternativa é realizar o zoneamento agroecológico ou estratificação ambiental, ou seja, mapear as áreas mais favoráveis para estabelecimento das lavouras, subdividindo as regiões em sub-regiões mais uniformes considerando as condições de clima e a distribuição pluviométrica, de forma que se exclui qualquer interação GxA significativa e

utiliza-se da interação significativa de natureza simples (GARBUGLIO et al., 2007).

Assim, instituições de pesquisa começaram a desenvolver desde o século passado metodologias que permitissem identificar o local e a data mais apropriada para a semeadura, com a maior margem de segurança. Foram propostos: o zoneamento de aptidão agrícola, o zoneamento agroclimático, o zoneamento agrícola e o zoneamento agrícola de risco climático (Tabela 2).

Para se realizar o zoneamento agroecológico é importante o conhecimento de alguns fatores relacionados à cultura e clima, são eles: fenologia e produtividade, dados de solo, dados climáticos e para o zoneamento agrícola de risco climático também se faz necessário à obtenção de dados altimétricos, quando se utiliza algumas culturas como café e mamona, por exemplo. Para o presente estudo será focada a atenção na cultura do feijoeiro para o estado de Minas Gerais.

Tabela 2 Características dos principais tipos de zoneamento

TIPOS DE ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO				
	Aptidão Agrícola	Agroclimático	Agrícola	Agrícola de Risco Climático
Análise de risco	-Potencial do: *clima * solo * fatores sócio-econômicos (locais e regionais) -Potencial edafoclimático	-Identifica áreas de maiores e menores riscos climáticos	- Baseado no tipo de solo, clima local, e ciclo fenológico da planta.	- Considera o balanço hídrico,(relação clima, solo e planta) - O risco quantificado, através de análises probabilísticas e frequências.
Tipo de indicativo	Área apta - Área marginal -Área inapta	- Define melhor época de plantio - Identifica áreas com maior potencial de produtividade	-Define melhor época de plantio - Indica cultivares habilitados para o local	- Por município, tipo de solo e ciclo da cultivar.
Problemas encontrados	- Mapas para as culturas em grande escala -Indicativos aproximados - Estudos não consideram ocorrência de riscos toleráveis (secas e geadas)	- Estudos não consideram ocorrência de riscos toleráveis (secas e geadas) -Potencial climático para o estabelecimento das culturas agrícolas	- Estudos não consideram ocorrência de riscos toleráveis	- Estudos não consideram informações referentes à micro-climas - Interpolação de dados

Fonte: Brasil (2012b)

O feijoeiro é uma cultura sensível às condições climáticas, sendo sua produtividade afetada principalmente pela temperatura, precipitação pluvial e radiação solar (VIEIRA; PAULA JUNIOR; BORÉM, 2006). Dentre esses fatores a temperatura é a que exerce maior influência sobre a porcentagem de vingamento das vagens (DIDONET; VITÓRIA, 2006). Temperaturas acima de 35° e inferiores a 12° no período de floração podem provocar abortamento das flores, proporcionando decréscimo na produção. A ocorrência de doenças também é considerada, sobretudo quando ocorre a combinação de alta umidade relativa do ar e temperaturas amenas. Assim, as regiões ideais para a cultura do feijoeiro devem apresentar mínimo, ótimo e máximo de temperatura de 12°C, 21°C e 29°C, respectivamente. Quanto à deficiência hídrica o feijoeiro é bastante sensível durante a floração e o estágio inicial de formação das vagens, sendo o período mais crítico entre 15 dias antes da floração e a floração plena, isso ocorre em função de suas limitações anatômicas e fisiológicas, pela baixa capacidade de recuperação após a deficiência e pelo fato de as raízes do feijoeiro serem bastante superficiais (GUIMARÃES; ZIMMERMANN, 1985; SILVA; STEINMETZ, 2003).

Com relação aos solos do estado de Minas Gerais, eles possuem grande diversidade (Figura 7). Contudo, a maior porção são os latossolos que caracterizam-se por serem em geral profundos, velhos, bem drenados, com baixo teor de silte, baixo teor de materiais facilmente intemperizáveis, homogêneo, estrutura granular, sempre ácidos, nunca hidromórficos e com teor de argila variando entre 15% e 80%. Em segundo lugar vem os podzólicos que têm profundidade mediana, neles existem um horizonte B que mostra acúmulo de argila. Em terceiro tem-se os cambissolos e litólitos, pouco profundos e, muitas vezes, cascalhentos e com o relevo inclinado, o que são impedimentos à mecanização e só aparecem em áreas onde o relevo é movimentado como em morros, serras e sopés de chapadas.

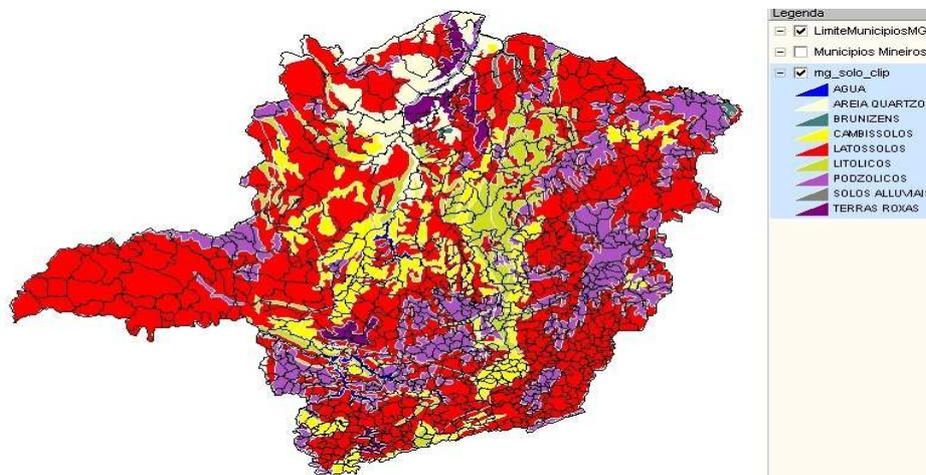


Figura 7 Mapa dos solos do estado de Minas Gerais. Fonte: Universidade Federal de Viçosa - UFV (2012)

Quanto ao clima, foi realizado o zoneamento climático do estado por Sá Júnior (2009) utilizando a classificação de Koppen e Geiger (1928). Este observou que na mesorregião Noroeste de Minas houve predomínio da classe climática Aw, que caracteriza clima tropical de savana com estação de inverno seca. As mesorregiões de Campo das vertentes, Central Mineira, Metropolitana de Belo Horizonte, Oeste, Sul/Sudeste, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, Vale do Mucuri, Vale do Rio Doce e Zona da Mata apresentaram três classes climáticas: Aw, já citada, Cwa e Cwb, clima temperado úmido com inverno seco e verão quente e Clima temperado úmido com inverno seco e verão moderadamente quente, respectivamente. Na mesorregião Norte, quatro classes foram observadas, as referidas anteriormente e uma pequena área com a classe climática BSh - clima de estepe quente e em Jequitinhonha, uma quinta classe foi observada Am, clima tropical de monção (Figuras 8A e 8B). De forma geral, pode-se notar que as classes climáticas com maior representatividade em Minas Gerais são Aw, Cwa e Cwb (Tabela 3).

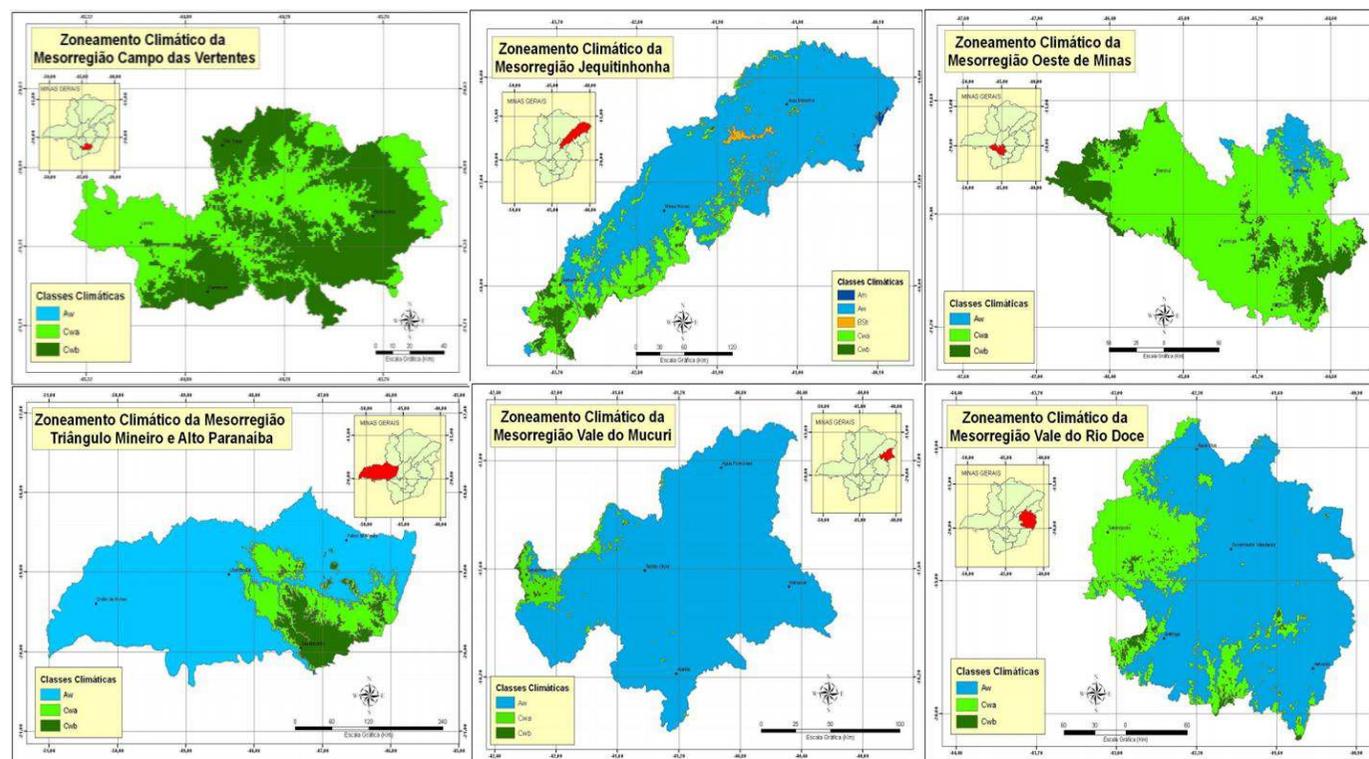


Figura 8A Zonamento climático das mesorregiões de Minas gerais, de acordo com a classificação climática de Koppen e Geiger (1928)
 Fonte: Sá Júnior (2009)

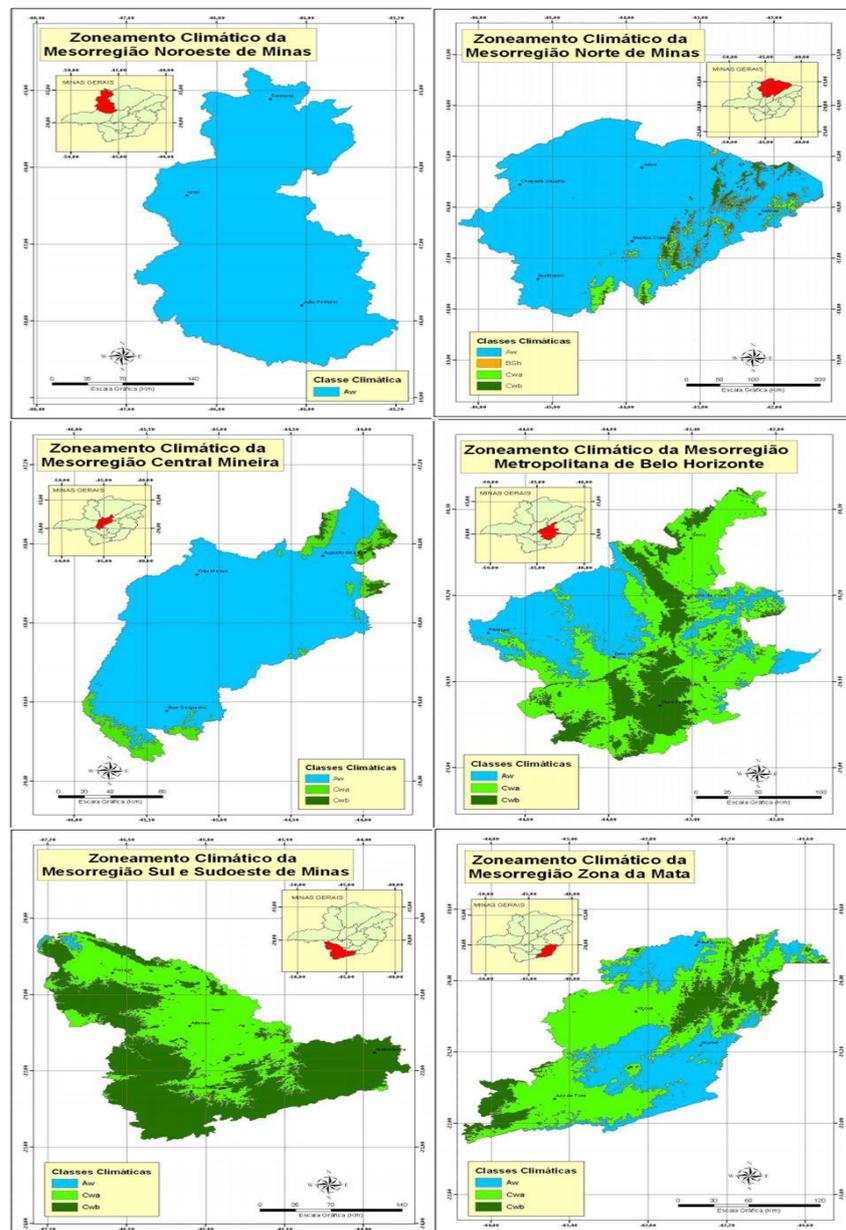


Figura 8B Zoneamento climático das mesorregiões de Minas gerais, de acordo com a classificação climática de Köppen e Geiger (1928)
 Fonte: Sá Júnior (2009)

Tabela 3 Porcentagem de áreas das classes climáticas observadas nas mesorregiões de Minas Gerais

MESORREGIÃO	CLASSES CLIMÁTICAS				
	Am	Aw	BSh	Cwa	Cwb
Noroeste	-	100,00	-	-	-
Campo das Vertentes	-	0,01	-	46,65	53,34
Central Mineira	-	90,30	-	8,18	1,52
Metropolitana de Belo Horizonte	-	29,57	-	50,60	19,83
Oeste	-	5,33	-	77,51	17,17
Sul/Sudeste	-	0,57	-	43,36	56,07
Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	-	77,67	-	13,94	8,39
Vale do Mucuri	-	95,84	-	3,84	0,32
Vale do Rio Doce	-	74,01	-	24,50	1,50
Zona da Mata	-	33,73	-	51,35	14,92
Norte	-	91,84	0,09	4,98	3,09
Jequitinhonha	0,36	76,84	0,74	18,72	3,34

Fonte: Sá Júnior (2009)

Para fazer o zoneamento agroecológico é necessário também realizar o balanço hídrico da cultura, exigindo assim, as seguintes variáveis: precipitação pluviométrica; evapotranspiração potencial; déficit hídrico; ciclo e fase fenológica da cultura; coeficiente de cultura; disponibilidade máxima de água no solo, utilizando-se o maior banco de dados possíveis.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) realizou o zoneamento agroecológico para o feijoeiro para a “safra da seca”, portaria 412/2011 (BRASIL, 2011) e “safra das águas”, portaria 40/2012 (BRASIL, 2012a), no estado de Minas Gerais, com o objetivo de identificar os municípios aptos e os períodos de semeadura, com menor risco climático.

Foram considerados aptos ao cultivo, para as duas safras, os municípios que apresentaram em, pelo menos, 20% de sua área e em 80% dos anos avaliados ISNA (Índice de Satisfação de Necessidade de Água) maior ou igual a 0,60. A relação desses municípios pode ser encontrada no site do MAPA e nas portarias citadas anteriormente.

Os tipos de solos aptos ao cultivo são classificados como 1, 2 e 3. As características de solo importantes quando se trata de zoneamento agroecológico estão relacionadas à sua capacidade de retenção de água e são agrupados em três categorias:

- a) **tipo 1:** teor de argila maior que 10% e menor ou igual a 15.
- b) **tipo 2:** solos com teor de argila entre 15 e 35% e menos de 70% areia,
- c) **tipo 3:** solos com teor de argila maior que 35%.

As cultivares indicadas foram classificadas em três grupos de características homogêneas: Grupo I ($n < 80$ dias); Grupo II ($80 \text{ dias} \leq n \leq 95$ dias); e Grupo III ($n > 95$ dias), onde n expressa o número de dias da emergência à maturação fisiológica.

Para a safra da seca deve ser observado o risco inferior a 20% de ocorrência de temperatura máxima superior a 30°C nos meses de janeiro a março. Para a safra das águas a temperatura média das máximas, na fase de florescimento e enchimento de grãos, deve ser igual ou inferior a 30°C e temperatura média, durante todo o ciclo, igual ou superior a 10°C, observando-se também os períodos de semeadura indicados pelo MAPA.

Em termos experimentais, em que se dispõe de uma rede de ambientes para avaliação das cultivares, como é o caso dos ensaios de VCU (Valor de Cultivo e Uso), é importante verificar se há padrões de similaridade ou resposta de cultivares entre os ambientes visando avaliar a representatividade dos ensaios em relação à adaptação da cultura e identificar grupos de ambientes em que a interação possa ser não significativa para o conjunto de genótipos avaliados, permitindo que o melhorista elimine ambientes semelhantes dentro de cada

grupo sem comprometer a precisão na seleção das cultivares (CRUZ; CARNEIRO, 2003; CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Uma alternativa é a utilização da estratificação ambiental que consiste na subdivisão de regiões heterogêneas em sub-regiões uniformes, onde se exclui qualquer interação significativa.

2.4 Métodos que possibilitam realizar o zoneamento agrícola em função da interação genótipos x ambientes

Métodos para estudo de estabilidade e adaptabilidade são amplamente discutidas na literatura (CRUZ; CARNEIRO, 2003; CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004; RAMALHO et al., 2012; VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). Atenção especial nessa revisão será direcionada aos métodos que permitem agrupar ou eliminar ambientes similares, ou seja, promover o zoneamento agrícola e estratificação ambiental, visando à identificação de locais/ambientes apropriados para a condução dos experimentos de VCU.

As variações ambientais são classificadas em previsíveis e imprevisíveis. É preciso salientar que a estratificação tem sido normalmente realizada para variações ambientais previsíveis (ALLARD; BRADSHAW, 1964), normalmente, apenas o efeito de locais. O efeito de anos é imprevisível e evidentemente não tem como se realizar o zoneamento. Contudo, no caso específico do feijoeiro, são possíveis três safras por ano, nesse caso, o efeito de safra é uma variável previsível, pois tem condições ambientais bem distintas.

A decomposição da interação GA em simples e complexa, como foi proposto por Robertson (1959) pode ser utilizada para realizar a estratificação ambiental, sendo denominada interação do tipo simples a diferença de variabilidade entre os genótipos nos ambientes e complexa a falta de correlação

entre genótipos. O mesmo particionou o quadrado médio da interação genótipos x pares de ambientes, pela seguinte expressão:

$$QMGA = \frac{1}{2}(\sqrt{Q_1} - \sqrt{Q_2})^2 + (1-r)\sqrt{Q_1Q_2}$$

em que:

r : Correlação entre médias de genótipos nos dois ambientes; e

Q_1 e Q_2 : quadrados médios entre genótipos nos ambientes 1 e 2, respectivamente.

A primeira parte da expressão $\left(\frac{1}{2}(\sqrt{Q_1} - \sqrt{Q_2})^2\right)$ é denominada de parte simples. Ela é função apenas da diferença na manifestação genética, quadrados médios de genótipos nos dois ambientes. A segunda parte $\left((1-r)\sqrt{Q_1Q_2}\right)$ é denominada de complexa. O que determina a sua magnitude é a correlação entre o desempenho das linhagens nos dois ambientes. Se a estimativa da correlação é alta, há coincidência na classificação das linhagens nos dois ambientes, $1-r$ tende para zero e a parte complexa tem menor importância. Em caso contrário, a classificação das linhagens nos ambientes é diferente, a estimativa de r tende para 1 e a interação é predominantemente complexa (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Assim, se a decomposição da interação dos ambientes dois a dois for predominantemente simples, o par de ambientes irá participar do mesmo estrato. Em caso contrário, os ambientes deveram estar em estratos diferentes.

O método proposto por Wricke (1964) estima a “ecoalência” (W_j^2), ou seja, possibilita estimar a contribuição de cada ambiente para a interação. Quanto menor for o W_j^2 menor a contribuição daquele ambiente para a interação. Ele possibilita a estimativa da interação dos ambientes dois a dois.

Assim pode-se identificar os ambientes que menos interagem com os demais e consequentemente descartá-los. A ecovalência permite estimar a contribuição de cada genótipo ou ambiente para a interação. A decomposição da interação é obtida pelo seguinte estimador (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

$$W_j^2 = r \sum_{i=1}^t (\bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..})^2 ,$$

em que:

r : número de repetições;

t : número de linhagens sendo avaliadas;

\bar{Y}_{ij} : média da linhagem i ($i=1, 2, 3, \dots, t$) no ambiente j ($j=1, 2, 3, \dots, k$);

$\bar{Y}_{i.}$: média da linhagem i ;

$\bar{Y}_{.j}$: média do ambiente j ;

$\bar{Y}_{..}$: média geral.

De posse da matriz W_i^2 pode-se estimar a contribuição relativa (Wr_j) de cada ambiente para a interação GA, por meio do seguinte estimador:

$$Wr_j = W_j^2 / \sum_{j=1}^k W_j^2 \cdot 100. \text{ Mais detalhes sobre essa metodologia podem ser}$$

encontrados em Cruz e Carneiro (2003), Cruz, Regazzi e Carneiro (2004) e Ramalho et al. (2012).

O método de estratificação ambiental proposto por Lin (1982) tem por objetivo estimar, para cada par de ambientes, a soma de quadrados (SQ) para a interação com os genótipos. São agrupados os ambientes em que a SQ da interação é não significativa. Posteriormente, o método estima a SQ da interação

com os genótipos três a três. Por meio do teste F é avaliada a possibilidade da formação de novo grupo. Utilizando média, a SQ dos pares de ambientes, de acordo com Cruz, Regazzi e Carneiro (2004), é obtida pelo estimador:

$$SQGA_{ij} = \frac{1}{2} \left[d_{jj'}^2 - \frac{1}{t} (Y_{.j} - Y_{.j'})^2 \right]$$

Sendo, $d_{jj'}^2 = \sum_{i=1}^t (Y_{ij} - Y_{ij'})^2$.

O valor de $d_{jj'}^2$, expressa o quadrado da distância euclidiana entre os ambientes j e j', com base no comportamento médio de t cultivares.

A soma de quadrados entre genótipos e três ambientes é obtida pela expressão:

$$SQGA_{jj'j''} = \frac{2}{\eta} S_{jj'j''}$$

$\eta=3$ (número de ambientes considerados na interação); e

$S_{jj'j''}$: Somatório das somas de quadrados da interação entre genótipos e combinações, dois a dois, dos ambientes j, j' e j''.

Para um número maior de ambientes, quatro por exemplo, tem-se:

$$SQGA_{jj'j''j'''} = \frac{2}{4} (S_{jj'j''} + SQGA_{jj''} + SQGA_{j'j''} + SQGA_{j''j'''})$$

Outra alternativa é o procedimento proposto por Zobel, Wright e Gauch (1988). Os autores propuseram decompor as observações em efeito aditivo de genótipo, efeito aditivo do ambiente e efeito multiplicativo da interação. O método foi denominado de análise AMMI (*Additive Main Effects and Multiplicative Interaction*). Em realidade a parte multiplicativa é decomposta em

componentes principais (PCA). O número de componentes é função do número de ambientes ou genótipos, o que for menor. O procedimento AMMI é particularmente interessante quando os dois primeiros componentes explicam a maior parte da variação. Pois, nesse caso, a interpretação é facilmente realizada por meio de uma análise gráfica. Na análise gráfica, quanto mais próximo da origem estiver um determinado ambiente menos ele contribui para a interação. Se dois ou mais ambientes, estão graficamente próximo é porque eles apresentam contribuição semelhante para a interação e poderão ser colocados no mesmo grupo para a estratificação ambiental (DUARTE; VENCOVSKY, 1999).

Outra estratégia para a estratificação ambiental é a denominada GGE biplot (YAN et al., 2000). O modelo *GGE* representa o efeito principal do genótipo (*G*) mais a interação do genótipo e ambiente (*GxE*) que é a única fonte de variação pertinente a avaliação de cultivares. A metodologia de biplot de Yan et al. (2000) forma um polígono, unindo as cultivares/ambientes mais extremos do biplot com segmento de linha, um para cada lateral do polígono.

A utilização do procedimento AMMI (ZOBEL et al., 1988) ou do GGE biplot (YAN et al., 2000) foi amplamente discutida por Gauch Júnior, Piepho e Annicchiarico (2008). Segundo os autores a metodologia AMMI é mais apropriada para a agricultura por que a análise de variância deste permite separar os efeitos principais de *G* e *A* da interação *GA*. Adicionalmente, o AMMI possibilita estimar quanto que cada PCA explica da variação; e ainda oferece melhor visualização gráfica.

A técnica multivariada pode ser utilizada quando uma mesma variável é avaliada

em diferentes ambientes, assim o valor obtido em cada ambiente pode ser considerado como uma variável diferente. A análise de fator então possibilita a formação de subgrupos de ambientes (estratificação). Dentro do mesmo grupo

há alta correlação. Detalhe sobre a análise de fatores é apresentada por Murakami e Cruz (2004).

Todos esses procedimentos tem sido amplamente utilizados com a cultura do feijoeiro (OLIVEIRA et al., 2005; PEREIRA et al., 2010a, 2010b) e em outras espécies (OLIVEIRA et al., 2010; PACHECO et al., 2008; TERASAWA JÚNIOR; VENCOVSKY; KOEHLER, 2008). Nos experimentos de Valor de Cultivo e Uso (VCU), no entanto, o objetivo é selecionar as melhores linhagens, as três de melhor desempenho, por exemplo. Assim, a estratificação deveria ser direcionada em agrupar os ambientes que identificassem, de modo semelhante, as melhores linhagens, e não todas como ocorre nas outras metodologias. Não foi encontrada na literatura nenhuma referência a esse respeito.

2.5 Herança dos parâmetros de estabilidade

Informações do controle genético das estimativas de parâmetros de estabilidade são de grande importância, pois possibilitam antever o sucesso com a seleção, no entanto, não são frequentes na literatura, devido às dificuldades em obtê-las. A maior dificuldade está na seleção para estabilidade de produtividade de grãos, isso porque a resposta da seleção para aumentar a estabilidade deste seria limitada pela herança baixa do caráter (SOARES, 1992).

O emprego do cruzamento dialélico, com o objetivo de estudar a herança da adaptabilidade e estabilidade foi proposto por Pacheco, Cruz e Santos (1999). Eles utilizaram os parâmetros da metodologia de desdobramento dos coeficientes de regressão e dos desvios da regressão de Eberhart e Russel (1966). Fizeram a análise do dialélico utilizando procedimento semelhante ao proposto por Griffing (1956). Para isso é necessário que os híbridos obtidos no dialélico sejam avaliados em vários ambientes. Com esse procedimento é possível

estimar a capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) dos parâmetros de Eberhart e Russel (1966) dos genitores envolvidos.

Em outra metodologia é necessário conduzir experimentos, em cada ambiente, com quatro repetições. São realizadas duas análises, uma com os dados da 1ª e 2ª repetição e outra com a 3ª e 4ª. Assim, obtêm-se dois grupos de estimativas dos parâmetros nas análises envolvendo os mesmos ambientes. Realiza-se uma análise de variância em blocos casualizados, considerando os resultados de cada grupo de observação. Nesse caso não é possível estimar a herdabilidade, pois não é possível isolar o efeito da variância genética entre as linhagens/híbridos dos efeitos ambientais permanentes em cada ambiente. Como por exemplo, temperatura, precipitação, pois os grupos de repetições em cada ambiente, estão sob influência desses fatores. O que se estima é a repetibilidade ($r_{yy'}^2$) de modo semelhante ao da estimativa da herdabilidade (BERNARDO, 2010; RAMALHO et al., 2012).

Alguns trabalhos são encontrados na literatura utilizando essa metodologia (JALALUDDIN; HARRISON, 1993; LEON; BECKER, 1988). Na cultura do arroz, Soares e Ramalho (1993) encontraram estimativas de magnitudes elevadas para cultivos de sequeiro, 0,91 e 0,98 para produtividade de grãos, 0,85 e 0,96 para o coeficiente de regressão linear e 0,92 e 0,97 para o coeficiente de determinação e para os cultivos irrigados estas foram 0,23 e 0,93 para produtividade grãos, para o coeficiente de regressão linear entre 0,30 e 0,62 e coeficiente de determinação 0,64 e 0,98. Na cultura do algodoeiro herbáceo, Farias et al. (1998) utilizaram 56 experimentos de avaliação de cultivares conduzidos no nordeste, no período de 1985 a 1992 e encontraram estimativas de 0,54 para o coeficiente de regressão linear, 0,67 para o índice de estabilidade de Lin e Binns (1988) e 0,45 para o coeficiente de determinação.

No cultura do feijão estimativas altas de repetibilidade para produtividade de grãos (0,78) e baixas para coeficiente de regressão linear (0,30)

e variância dos desvios de regressão (0,21) foram obtidas por Santos, Vello e Ramalho (1982). Já Corte, Ramalho e Abreu (2001) encontraram estimativas da repetibilidade dos parâmetros de estabilidade proposto por Cruz, Torres e Vencovsky (1989). Para $B_{1i} \hat{r}_{gg}$ foi de 0,79, para $B_{1i} + B_{2i}$ foi de 0,73 e para o R^2 foi de 0,89. Também com a cultura do feijoeiro. Bruzi et al. (2007), visando obter estimativas de repetibilidade dos parâmetros de estabilidade, utilizaram dados de produtividade de grãos de 20 ambientes separados em dois grupos de 10 e para se ter um grande número de possibilidades, foram simuladas 1000 situações envolvendo as combinações desses ambientes. Inicialmente foram estimadas as médias e a ecovalência para cada simulação, as quais foram submetidas à análise de variância e obtidas às estimativas de repetibilidade para cada parâmetro, como descrito anteriormente, que variaram de -0,43 a 0,80, com média de 0,18 para a ecovalência e de 0,21 a 0,91, com média de 0,73 para a produtividade de grãos.

REFERÊNCIAS

ABREU, A. F. B. et al. Cultivar release “brsmg Talismã”: common bean cultivar with carioca grain type. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 4, n. 3, p. 372-374, 2004.

ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-by-environment interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, p. 503-508, 1964.

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. 2nd ed. Woodbury: Stemma, 2010. 400 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 40**, de 14 de maio de 2012. Brasília, 2012a. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 28 out. 2012.

_____. **Portaria nº 412**, de 21 de novembro de 2011. Brasília, 2011.

Disponível em:

<<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 28 out. 2012.

_____. **Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*), para a inscrição no registro nacional de cultivares - RNC**. Brasília, 2006. 8 p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Secretaria de Agricultura Familiar. **Zoneamento agrícola de risco climático**: instrumento de gestão de risco utilizado pelo seguro agrícola do Brasil. Disponível em: <http://www.agencia,cnptia.br/Repositorio/Zoneamento_agricola_000fl7v6vox02wyiv80isprruh04mek.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2012b.

BRUZI, A. T. et al. Homeostasis of common bean populations with different genetic structures. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 7, n. 2, p. 111-116, June 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos safras 2012/2013, segundo levantamento. Brasília, 2012a. 33 p.

_____. **Estudo de prospecção de mercado**: safras 2012/2013. Brasília, 2012b. 148 p.

CORREA, A. M. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão cultivados em duas localidades de Mato Grosso do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 135-144, 2009.

CORTE, H. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Estabilidade de populações segregantes e respectivos genitores. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 900-908, Aug. 2001.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2003. v. 2, 585 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados as melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 480 p.

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. A.; VENCOVSKY, R. Na alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 3, p. 567-580, 1989.

DIDONET, A. D.; VITORIA, T. B. Resposta do feijoeiro comum ao estresse térmico aplicado em diferentes estágios fenológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 199-204, mar. 2006.

DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipo x ambientes: uma introdução à análise AMMI**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60 p. (Série Monográfica, 9).

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.
Desenvolvimento da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no Brasil: safras 2000/2001 a 2008/2009. Brasília, 2009. Disponível em:
<<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/docs/feijao/feijaobrasil.htm>>.
Acesso em: 15 jul. 2013.

_____. **Sistemas de produção**. Brasília, 2005. Disponível em:
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrriga doNoroesteMG/cultivares.htm>>. Acesso em: 26 jun. 2012.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS.

Cultivares de feijão recomendadas para o estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009. 14 p.

FARIA, A. P. et al. Interação genótipo x ambiente na produtividade de grãos de linhagens e cultivares de feijão. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 579-585, 2009.

FARIAS, F. J. C. et al. Repetibilidade dos parâmetros de estabilidade na cultura do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 4, p. 457-461, abr. 1998.

GARBUGLIO, D. D. G. et al. Análise de fatores e regressão bissegmentada em estudos de estratificação ambiental e adaptabilidade em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 183-191, fev. 2007.

GAUCH JÚNIOR, H. G.; PIEPHO, H. P.; ANNICCHIARICO, P. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: further considerations. **Crop Science**, Madison, v. 48, n. 3, p. 866-889, May 2008.

GAUCH JÚNIOR, H. G.; ZOBEL, R. W. Predictive and postdictive success of statistical analyses of yield trials. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 76, p. 1-10, 1988.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, Melbourne, v. 9, n. 3, p. 463-493, 1956.

GUIMARÃES, C. M.; ZIMMERMANN, M. J. Deficiência hídrica em feijão. In: REUNION DE TRABAJO SOBRE MEJORAMIENTO EN FRIJOL EN BRASIL CON ENFASIS EN TOLERANCIA A SEQUIA, 1., 1985, Cali. **Anais...** Cali: CIAT, 1985. p. 15-28.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 1920/1996**. Rio de Janeiro, 1997. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=1&op=0&vcodigo=AGRO34&t=producao-vegetal>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

JALALUDDIN, M.; HARRISON, S. A. Repeatability of stability estimators for grain yield in wheat. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 4, p. 720-725, July 1993.

KÖPPER, W.; GEIGER, R. **Klimate der erde**. Gotha: V. J. Perthes, 1928. Wall-mao 150cmx299cm.

LÉON, J.; BECKER, H. C. Repeatability of some statistical measure of phenotypic stability: correlations between single year results and multi years result. **Plant Breeding**, Berlin, v. 100, p. 137-142, 1988.

LIN, C. S. Grouping genotypes by a clustering method directly related to genotype-environment interaction mean square. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 62, p. 277-280, 1982.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, p. 193-198, 1988.

MORAIS, L. K. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja avaliada pelo método de Toler. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 275-284, 2008.

MOREIRA, M. A. et al. **BRSMG pioneiro**: nova cultivar de feijoeiro comum de grãos tipo carioca com alelos de resistência à antracnose e ferrugem, indicada para o Sul do Brasil. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2005. 3 p. (Comunicado Técnico, 113).

MURAKAMI, D. M.; CRUZ, C. D. Proposal of methodologies for environment stratification and analysis of genotype adaptability. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 4, n. 1, p. 7-11, Mar. 2004.

OLIVEIRA, G. V. et al. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão comum em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 257-265, fev. 2006.

_____. Factor analysis in the environment stratification for the evaluation of common bean cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 5, n. 2, p. 166-173, June 2005.

OLIVEIRA, R. L. et al. Evaluation of maize hybrids and environmental stratification by the methods AMMI and GGE biplot. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 10, n. 3, p. 247-253, Sept. 2010.

PACHECO, C. A. P.; CRUZ, C. D.; SANTOS, M. X. Association between Griffing's diallel and the adaptability and stability analyses of Eberhart and Russell. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 22, n. 3, p. 451-456, Sept. 1999.

PACHECO, C. A. P. et al. Environment stratification based on a 28 x 28 diallel of open-pollinated maize varieties. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 8, n. 1, p. 259-264, June 2008.

PEREIRA, H. S. et al. Environmental stratification in Parana and Santa Catarina to evaluate common bean genotypes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 10, n. 2, p. 132-139, July 2010a.

_____. Estratificação ambiental na avaliação de genótipos de feijoeiro-comum tipo Carioca em Goiás e no Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 6, p. 554-562, jun. 2010b.

PEREIRA, P. S. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 29-37, jan. 2009.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: UFLA, 2012. 522 p.

ROBERTSON, A. **Experimental design on the measurement of heritabilities and genetic correlations:** biometrical genetics. New York: Pergamon, 1959. 186 p.

ROCHA, V. P. C. et al. Adaptabilidade e estabilidade da característica produtividade de grãos dos grupos comerciais carioca e preto de feijão. **Ciências Agrárias**, Teresina, v. 31, n. 1, p. 39-54, jan. 2010.

SÁ JÚNIOR, A. **Aplicação da classificação de Köpper para o zoneamento climático do Estado de Minas Gerais.** 2009. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SANTOS, J. B. dos; VELLO, N. A.; RAMALHO, M. A. P. Stability of grain yield and its basic components in beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 5, p. 761-772, 1982.

SILVA, C. A. et al. Implicações da origem das linhagens na magnitude da interação com ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 7, p. 720-728, jul. 2011.

SILVA, S. C.; STEINMETZ, S. Clima. In: AIDAR, H. (Ed.). **Cultivo de feijoeiro comum.** Brasília: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2003. (Sistemas de Produção, 2). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/autores.htm>>. Acesso em: 15 nov. 2012.

SILVA, W. C. J.; DUARTE, J. B. Modelos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 23-20, jan. 2006.

SOARES, A. A. **Desempenho do melhoramento genético do arroz de sequeiro e irrigado na década de oitenta em Minas Gerais**. 1992. 188 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1992.

SOARES, A. A.; RAMALHO, M. A. P. Repetibilidade do rendimento de grãos e dos parâmetros de estabilidade na cultura do arroz. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 64-70, jan. 1993.

TERASAWA JÚNIOR, F.; VENCOSKY, R.; KOEHLER, H. Environment and genotype-environment interaction in maize breeding in Paraná, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 8, n. 1, p. 17-22, May 2008.

TORGA, P. P. et al. Interactions of common beans cultivars of the black group with years, locations and sowing seasons. **Euphytica**, Wageningen, v. 189, n. 2, p. 239-248, Jan. 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Mapa dos solos do Estado de Minas Gerais**. Disponível em: <http://www.dps.ufv.br/?area=mapa_solos>. Acesso em: 22 nov. 2012.

VENCOSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no melhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 600 p.

WRICKE, G. Zur berechnung der ökovalenz bei sommerweizen end hafer. **Zeitschrift für Pflanzenzüchtung**, Hamburg, v. 52, p. 127-138, 1964.

YAN, W. et al. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 3, p. 597-605, May 2000.

ZOBEL, R. W.; WRIGHT, M. J.; GAUCH, H. G. Statistical analysis of a analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, n. 3, p. 388-393, 1988.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**ARTIGO 1****IMPLICAÇÕES DA INTERAÇÃO DE LINHAGENS COM LOCAIS,
ANOS E SAFRAS NOS ENSAIOS DE VALOR DE CULTIVO E USO DE
FEIJÃO EM MINAS GERAIS**

De acordo com as normas da Crop Breeding and Applied Biotechnology

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi estimar a contribuição relativa de variações ambientais previsíveis e imprevisíveis para a interação linhagens x ambientes e verificar se é possível reduzir o número de ambientes de avaliação dos Ensaios de Valor de Cultivo e Uso conduzidos em Minas Gerais. Para isso foram utilizados dados de produtividade de grãos de 166 experimentos de VCU de feijão conduzidos no estado no período de 2002 a 2012. Realizaram-se análises de variância individuais e conjuntas dos ambientes para cada biênio e estimou-se a contribuição de cada fonte de variação para a variação total. Posteriormente foi utilizada a ecovalência e efetuadas análises de variância conjunta considerando diferentes números de ambientes, por meio da reamostragem. A fonte de variação que mais contribui para a interação é locais. A redução do número de ambientes nos ensaios de VCU não é uma boa estratégia para a recomendação de cultivares em Minas Gerais.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L.; Genética quantitativa; Zoneamento agroecológico; Estabilidade fenotípica.

ABSTRACT - With the purpose of estimating the repeatability of adaptability and stability parameters between years within each biennium, the grain yield data from Value for Cultivation and Use tests in common bean in the period from 2003 to 2012 in Minas Gerais were analyzed. The following parameters were estimated: means of grain yield, ecovalence ($W_1^2\%$), regression coefficient

(b_1) and coefficient of determination (R^2), considering the locations and times of sowing per year, within each biennium. Subsequently, analysis of variance of the estimates of these parameters was carried out, and repeatability (r_{yy}^2) was estimated in year y and y' . The r_{yy}^2 estimate for means of grain yield in most of the biennia was relatively high. Already for $W_i^2\%$, R^2 and b_1 , it was null or of small magnitude, indicating that success in identification of common bean lines for recommendation to farmers is greater when based on means of yield than when using stability parameters.

Index terms: *Phaseolus vulgaris* L., Plant breeding, Quantitative genetic, Biometric

INTRODUÇÃO

O fenótipo produtividade de grãos depende do genótipo, do ambiente e da interação dos genótipos x ambientes. O ambiente de cultivo do feijoeiro no estado de Minas Gerais é muito diversificado em função do tipo de agricultor, que varia desde aqueles tipicamente de subsistência, até os grandes empresários rurais; da época de semeadura e das inúmeras variações edafoclimáticas dos 853 municípios produtores de feijão no estado (IBGE, 2007).

Esse efeito do ambiente no desempenho de linhagens/cultivares de feijão é amplamente conhecido (Faria et al., 2009; Pereira et al., 2010; Torga et al., 2013). Se ocorre variação genética entre as linhagens, associada à ampla variação ambiental, já comentada, a interação dos genótipos x ambientes é expressiva. Estudos realizados em Minas Gerais realçam esse fato (Ramalho et al., 1998; Oliveira et al., 2006; Silva et al., 2011).

Para mitigar o efeito da interação das linhagens x ambientes a principal alternativa é conduzir os experimentos de avaliação de linhagens no maior número de ambientes. Desse modo, é possível identificar as linhagens mais adaptadas, com maiores médias e mais estáveis, isto é, que acompanhem a média do ambiente, ou melhor, que apresentem sempre desempenho acima da média. Inúmeros trabalhos já foram realizados visando identificar linhagens/cultivares que sejam mais adaptadas e estáveis (Pereira et al., 2009; Correa et al., 2009; Rocha et al., 2010).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabeleceu as normas para o registro de novas cultivares no país. Essas normas preveem a condução dos denominados ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU). Preocupados com a interação genótipos x ambientes, as normas do VCU de feijão preconizam que os experimentos devem ser conduzidos em pelo menos três locais, nas safras representativas de cada região, durante dois anos. Um

primeiro questionamento é se esse número de ambientes seria suficiente para uma recomendação mais segura das novas cultivares.

No estado de Minas Gerais, os VCU's são conduzidos em número de ambientes superior ao determinado pelo MAPA, procurando envolver as principais regiões produtoras. De modo geral, esse número é por volta de 40. Como esses experimentos são onerosos é frequentemente questionando se esse número de ambientes poderia ser reduzido, ficando próximo do proposto pelo regulamento do VCU.

O objetivo desse trabalho foi responder esses questionamentos, estimando a interação das linhagens x ambientes e a contribuição das diferentes fontes de variação ambiental – safra, locais e anos, utilizando dados dos experimentos de VCU's conduzidos em Minas Gerais no período de 2002 a 2012.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de produtividade de grãos de quatro ciclos de ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) de feijão-comum, tipo carioca, conduzidos no estado de Minas Gerais, pela Embrapa Arroz e Feijão, Universidade Federal de Lavras, Universidade Federal de Viçosa e Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado de Minas Gerais no período de 2002 a 2012. Os dados foram oriundos de 43 experimentos do VCU 2002/2004, 43 do VCU 2007/2009, 42 do VCU 2005/2006 e 38 do VCU 2010/2012, sendo estes realizados em vários municípios do estado de Minas Gerais, nas três safras de cultivos e dois anos. Os ambientes utilizados são apresentados na tabela 1. O número de linhagens foi variável entre os ensaios, sendo 20 em 2002/2004, 25 em 2005/2006 e em 2010/2012 e 26 em 2007/2009. Todos os experimentos continham duas testemunhas, sendo estas cultivares recomendadas para o estado de Minas Gerais.

Os experimentos foram conduzidos de acordo com as normas estabelecidas pelo MAPA para o VCU de feijão (Brasil, 2006), utilizando o delineamento de blocos ao acaso, com três repetições e parcelas de quatro fileiras de 4 m de comprimento, espaçadas de 0,5m. Os dados referentes à produtividade de grãos foram obtidos, considerando-se as duas linhas centrais.

Os dados, de cada ambiente, foram submetidos à análise de variância e obtidas as médias. Foi estimada a acurácia seletiva $\left(\hat{r}_{gg} \right)$, para cada experimento, por meio da expressão $\hat{r}_{gg} = \sqrt{1 - (1/F)}$, em que F é o valor do teste F da fonte de variação linhagens (Resende & Duarte, 2007) e também a correlação de Pearson entre a média e o valor do teste F da fonte de variação linhagens de cada experimento.

A análise de variância conjunta foi realizada de acordo com o modelo apresentado por Ramalho et al. (2012a). Devido à heterogeneidade das variâncias dos erros foi utilizado o procedimento de Cochran (1954) citado por Pimentel Gomes (1990). Procedeu-se também o desdobramento da fonte de variação linhagens x ambientes para cada biênio e ano dentro do biênio. Nesse caso foram excluídos experimentos realizados para testar doses de nitrogênio e irrigação. Estimou-se a acurácia seletiva e a contribuição de cada fonte de variação para a variação total (R^2) por meio da expressão $R_i^2 = SQ_i / SQ_t$, em que: SQ_i é a soma de quadrados de cada fonte de variação e SQ_t é a soma de quadrados total.

Para se estabelecer um zoneamento agroecológico e a partir desse verificar se seria possível reduzir o número de ambientes, foram utilizadas algumas alternativas:

i) Método Aditive Main Effects and Multiplicative Interaction (AMMI), conforme modelo descrito por Duarte & Vencovsky (1999):

$$\bar{y}_{ij} = m + g_i + a_j + \sum_{c=1}^q \sqrt{\lambda_c} \alpha_{ic} \gamma_{jc} + \delta_{ij} + e_{ij}$$

Em que:

\bar{y}_{ij} : média observada do genótipo i no ambiente j ;

m : média geral;

g_i : efeito do genótipo i , $i=1, 2, \dots, 20$ para o ciclo 1; 25 para os ciclos 2 e 4 ou 26 para o ciclo 3;

a_j : efeito do ambiente j , $j= 1, 2, \dots, 43$ para os ciclos 1 e 3; 42 para o ciclo 2 ou 38 para o ciclo 4;

λ_c : autovalor do c -ésimo componente principal relacionado à interação GxA;

α_{ic} : autovalor do c -ésimo componente principal relacionado ao genótipo i ;

γ_{jc} : autovalor do c -ésimo componente principal relacionado ao ambiente j ;

δ_{ij} : resíduo ou ruído não explicado pelos componentes principais;

\bar{e}_{ij} : erro experimental médio.

ii) Estimativa da ecovalência (Wricke, 1964), segundo o seguinte estimador (Cruz et al., 2004):

$$W_j^2 = r \sum_{i=1}^t (\bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..})^2,$$

em que:

r : número de repetições;

t : número de linhagens sendo avaliadas;

\bar{Y}_{ij} : média da linhagem i ($i=1, 2, 3, \dots, t$) no ambiente j ($j=1, 2, 3, \dots, k$);

$\bar{Y}_{i.}$: média da linhagem i ;

$\bar{Y}_{.j}$: média do ambiente j ;

$\bar{Y}_{..}$: média geral.

Posteriormente foi obtida a ecovalência relativa (W_r) para cada ambiente e média aritmética da W_r para cada mesorregião.

Visando verificar o tipo de interação predominante nos ensaios de Valor de Cultivo e Uso, foram utilizados os ambientes com maior e menor contribuição para a interação em cada ciclo e foi realizada a decomposição da interação em parte simples e complexa por VCU, por meio da expressão apresentada por Ramalho et al. (2012b).

Adicionalmente, foram efetuadas análises de variância conjuntas considerando diferentes números de ambientes. O método de reamostragem foi empregado da seguinte forma: um algoritmo, sobre a planilha dos dados, amostrava p ambientes de avaliação, sem reposição, realizava a análise de variância e armazenava as seguintes estimativas: quadrado médio da interação,

quadrado médio de linhagens e quais as três linhagens com melhor desempenho na média dos p ambientes. A rotina utilizada para realização das simulações é apresentada em anexo (Rotina 1).

O número de situações para cada número de ambientes amostrados é função da combinação do número total de ambientes e do número de ambientes amostrados ($n! / [(n - p)! p!]$), em que n é o número total de ambientes e p o número de ambientes amostrados. Para valores de p em que o número de situações é inferior a 1000 realizaram-se todas as respectivas análises. Nos demais casos o algoritmo realizou 1000 situações. O número de ambientes (p) variou de dois a 43 nos VCU's 2002/2004 e 2007/2009, de dois a 42 no VCU 2005/2007 e de dois a 38 no VCU 2010/2012. Todas as análises foram realizadas e/ou implementadas utilizando o software **R** (R Development Core Team, 2011).

Tabela 1 Identificação dos ambientes utilizados na condução dos ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU) de feijoeiro no estado de Minas Gerais no ciclo de 2002/2004, 2005/2006, 2007/2009 e 2010/2012

Amb. ¹	2002/2004			2005/2006		
	Safras/Ano	Locais	Mesorregião	Safras/Ano	Locais	Mesorregião
1	II 2003	Lambari	Sul ⁷	II 2005	Lambari	Sul
2	III2003	Lambari	Sul	I 2005	Lambari	Sul
3	I 2003	Lambari	Sul	II 2006	Lambari	Sul
4	II 2004	Lambari	Sul	III 2006	Lambari 60	Sul
5	III 2002	Lavras	Sul	III 2006	Lambari 120	Sul
6	I 2002	Lavras 60 ²	Sul	II 2005	Lavras	Sul
7	I 2002	Lavras 120 ³	Sul	III 2005	Ijaci	Sul
8	II 2003	Lavras	Sul	I 2005	Ijaci	Sul
9	III 2003	Lavras	Sul	I 2005	Lavras	Sul
10	I 2003	Lavras	Sul	II 2006	Lavras	Sul
11	II 2004	Lavras	Sul	III 2006	Lavras 0 ¹⁰	Sul
12	II 2004	Ijaci	Sul	III 2006	Lavras 60	Sul
13	III 2002	Viçosa	Zona da Mata	III 2006	Lavras 120	Sul
14	III 2002	Coimbra	Zona da Mata	I 2006	Lavras 0	Sul
15	III 2002	Leopoldina	Zona da Mata	I 2006	Lavras 60	Sul
16	III 2002	Ponte Nova	Zona da Mata	I 2006	Lavras 120	Sul
17	II 2003	Viçosa	Zona da Mata	II 2005	Viçosa	Zona da Mata
18	II 2003	Coimbra	Zona da Mata	II 2005	Ponte Nova	Zona da Mata
19	II 2003	Ponte Nova	Zona da Mata	II 2005	Leopoldina	Zona da Mata
20	III 2003	Viçosa	Zona da Mata	I 2005	Coimbra	Zona da Mata
21	III 2003	Coimbra	Zona da Mata	II 2006	Viçosa	Zona da Mata
22	III 2003	Ponte Nova	Zona da Mata	III 2006	Coimbra	Zona da Mata
23	II 2003	Leopoldina	Zona da Mata	II 2006	Viçosa	Zona da Mata
24	III 2003	Leopoldina	Zona da Mata	I 2006	Coimbra	Zona da Mata
25	II 2004	Viçosa	Zona da Mata	II 2005	P. Minas	Triangulo Mineiro
26	II 2004	Coimbra	Zona da Mata	III 2005	P. Minas	Triangulo Mineiro

Tabela 1, continua

Amb. ¹	2002/2004			2005/2006		
	Safras/Ano	Locais	Mesorregião	Safras/Ano	Locais	Mesorregião
27	III 2002	P. Minas ⁴	Triangulo Mineiro ⁸	I 2005	P. Minas	Triangulo Mineiro
28	II 2003	P. Minas	Triangulo Mineiro	III 2005	Ibiá	Triangulo Mineiro
29	III 2003	P. Minas	Triangulo Mineiro	III 2005	Uberlandia	Triangulo Mineiro
30	III 2003	Uberlandia 60	Triangulo Mineiro	I 2005	Uberlandia	Triangulo Mineiro
31	I 2003	P. Minas	Triangulo Mineiro	II 2006	P. Minas 0	Triangulo Mineiro
32	III 2003	Uberlandia 120	Triangulo Mineiro	III 2006	P. Minas 60	Triangulo Mineiro
33	I 2003	Uberlandia	Triangulo Mineiro	III 2006	P. Minas 120	Triangulo Mineiro
34	III 2003	Capinopolis	Triangulo Mineiro	III 2006	Uberlandia	Triangulo Mineiro
35	II 2004	Uberlandia	Triangulo Mineiro	I 2006	P. Minas 0	Triangulo Mineiro
36	II 2004	P. Minas	Triangulo Mineiro	I 2006	P. Minas 60	Triangulo Mineiro
37	II 2003	Sete Lagoas	Metropolitana BH ⁹	I 2006	P. Minas 120	Triangulo Mineiro
38	III 2003	Sete Lagoas	Metropolitana BH	I 2006	Uberlandia	Triangulo Mineiro
39	II 2003	Florestal	Metropolitana BH	III 2005	Sete Lagoas	Metropolitana BH
40	I 2002	Unai	Noroeste	III 2006	Sete Lagoas	Metropolitana BH
41	III 2003	For. Minas ⁵	Noroeste	III 2005	For. Minas	Noroeste
42	III 2004	Unai	Noroeste	I 2005	For. Minas	Noroeste
43	II 2004	Gov. Valadares ⁶	Vale do Rio Doce	-	-	-

Tabela 1, continua

Amb. ¹	2007/2009			VCU-2010/2012		
	Safras/Ano	Locais	Mesorregião	Safras/Ano	Locais	Mesorregião
1	III 2007	Lambari	Sul	III 2010	Lambari	Sul
2	I 2007	Lambari	Sul	I 2010	Lambari	Sul
3	II 2008	Lambari	Sul	II 2011	Lambari	Sul
4	III 2008	Lambari	Sul	III 2011	Lambari	Sul
5	I 2008	Lambari	Sul	I 2011	Lambari	Sul
6	II 2009	Lambari ir. ¹¹	Sul	II 2012	Lambari	Sul
7	II 2009	Lambari se. ¹²	Sul	III 2012	Lambari	Sul
8	III 2009	Lambari	Sul	III 2010	Lavras	Sul
9	III 2007	Lavras	Sul	I 2010	Lavras	Sul
10	I 2007	Lavras	Sul	II 2011	Lavras	Sul
11	II 2008	Lavras se.	Sul	III 2011	Lavras	Sul
12	II 2008	Lavras ir.	Sul	I 2011	Lavras	Sul
13	III 2008	Lavras	Sul	II 2012	Lavras	Sul
14	I 2008	Lavras	Sul	III 2012	Lavras	Sul
15	II 2009	Lavras ir.	Sul	III 2012	Oratorios	Zona da Mata
16	II 2009	Lavras se.	Sul	III 2010	Leopoldina	Zona da Mata
17	III 2007	Coimbra	Zona da Mata	III 2010	Coimbra	Zona da Mata
18	I 2007	Coimbra	Zona da Mata	II 2011	Coimbra ir.	Zona da Mata
19	II 2008	Coimbra	Zona da Mata	II 2011	Coimbra se.	Zona da Mata
20	III 2008	Coimbra	Zona da Mata	II 2011	Viçosa	Zona da Mata
21	II 2009	Viçosa	Zona da Mata	III 2011	Coimbra	Zona da Mata
22	III 2009	Coimbra	Zona da Mata	III 2012	Coimbra	Zona da Mata
23	II 2008	Oratorios	Zona da Mata	II 2012	Coimbra	Zona da Mata
24	III 2007	P. Minas	Triangulo Mineiro	III 2010	P. Minas	Triangulo Mineiro
25	I 2007	P. Minas	Triangulo Mineiro	I 2010	P. Minas	Triangulo Mineiro
26	II 2008	P. Minas se	Triangulo Mineiro	II 2011	P. Minas	Triangulo Mineiro

Tabela 1, conclusão

Amb. ¹	2007/2009			VCU-2010/2012		
	Safras/Ano	Locais	Mesorregião	Safras/Ano	Locais	Mesorregião
27	II 2008	P. Minas ir	Triangulo Mineiro	III 2011	P. Minas	Triangulo Mineiro
28	III 2008	Uberlandia	Triangulo Mineiro	I 2011	P. Minas	Triangulo Mineiro
29	II 2008	Uberlandia	Triangulo Mineiro	II 2012	P. Minas	Triangulo Mineiro
30	I 2008	P. Minas	Triangulo Mineiro	III 2012	P. Minas	Triangulo Mineiro
31	II 2009	P. Minas ir	Triangulo Mineiro	III 2011	Uberlandia	Triangulo Mineiro
32	II 2009	P. Minas se	Triangulo Mineiro	III 2010	Sete Lagoas	Metropolitana BH
33	I 2008	Uberlandia	Triangulo Mineiro	II 2011	Sete Lagoas	Metropolitana BH
34	II 2009	Uberlandia	Triangulo Mineiro	III 2011	Sete Lagoas	Metropolitana BH
35	III 2009	P. Minas	Triangulo Mineiro	II 2012	Sete Lagoas	Metropolitana BH
36	III 2009	Uberlandia	Triangulo Mineiro	III 2012	Sete Lagoas	Metropolitana BH
37	III 2007	Sete Lagoas	Metropolitana BH	III 2010	Florestal	Metropolitana BH
38	II 2008	Sete Lagoas	Metropolitana BH	III 2010	Sete Lagoas/e ¹³	Metropolitana BH
39	III 2008	Sete Lagoas	Metropolitana BH	-	-	-
40	II 2008	Florestal	Metropolitana BH	-	-	-
41	II 2009	Florestal	Metropolitana BH	-	-	-
42	II 2009	Sete Lagoas	Metropolitana BH	-	-	-
43	III 2007	For. Minas	Noroeste	-	-	-

I: Águas; II: Seca; III: Outono-Inverno; ¹Ambientes; ²Experimento no qual foi aplicado 60 kg.ha⁻¹ de Nitrogênio; ³Experimento no qual foi aplicado 120 kg.ha⁻¹ de Nitrogênio; ⁴Patos de Minas; ⁵Formoso de Minas; ⁶Governador Valadares; ⁷Sul/Sudoeste/Campo das Vertentes; ⁸Triangulo Mineiro/Alto Paranaíba; ⁹Metropolitana de Belo Horizonte; ¹⁰Experimento no qual não foi aplicado Nitrogênio; ¹¹Experimento mantido sob irrigação; ¹²Experimento conduzido em sequeiro; ¹³Epamig

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As frequências das estimativas de acurácia $\left(\hat{r}_{gg} \right)$ dos experimentos realizados no período de 2002 a 2012 estão apresentadas na figura 1. Em princípio, pode-se inferir que as estimativas foram semelhantes nos biênios (Tabelas 1A, 2A, 3A e 4A). Apenas no biênio 2010/2012 ocorreu ligeira tendência da estimativa da acurácia ser menor. Na média dos quatro biênios dos VCU's, 53% das estimativas da acurácia foram iguais ou superiores a 70%, consideradas de alta precisão experimental (Resende & Duarte, 2007). A porcentagem de ambientes em que não foi possível discriminar as linhagens, ou seja, em que o valor do teste F foi não significativo é apresentado na tabela 2. Veja que o valor foi superior a 30%. Como a acurácia é obtida por $\hat{r}_{gg} = \sqrt{1 - \frac{1}{F}}$, fica fácil visualizar que os ambientes em que a estimativa da acurácia foi baixa, provavelmente porque não foi possível detectar diferença entre as linhagens e/ou o erro experimental foi grande.

O critério para que um experimento de avaliação de linhagens seja incluído no VCU é que este apresente teste F significativo para a fonte de variação linhagens e/ou coeficiente de variação (CV) inferior a 25% (Brasil, 2006). O emprego do CV como medida de precisão experimental tem sido muito questionado (Cargnelutti Filho & Stork, 2007; Resende & Duarte, 2007). Assim, a utilização da estimativa da acurácia como medida de precisão experimental seria mais apropriada, como sugerido por Resende & Duarte, (2007), pois permite visualizar os dois critérios para a decisão de se utilizar os dados obtidos nos experimentos de VCU ou não. Ou seja, se a estimativa de \hat{r}_{gg} é alta implica boa precisão e que há diferença significativa entre linhagens. Se ela é baixa

pode-se inferir que a precisão experimental não foi boa e/ou não foi possível detectar diferença significativa entre as linhagens.

Considerando que sejam avaliadas 24 linhagens, número médio de linhagens avaliadas no período entre 2002 e 2012 com três repetições, o teste de F para ser significativo ($P \leq 0,05$) deve ter valor superior a 1,76. Nessa situação a estimativa da acurácia é de 66%. Ou seja, só deveriam ser considerados experimentos cuja acurácia fosse superior a esse valor. Utilizando-se esse critério, na média dos quatro biênios dos VCU's, deveriam ser eliminados 36% experimentos.

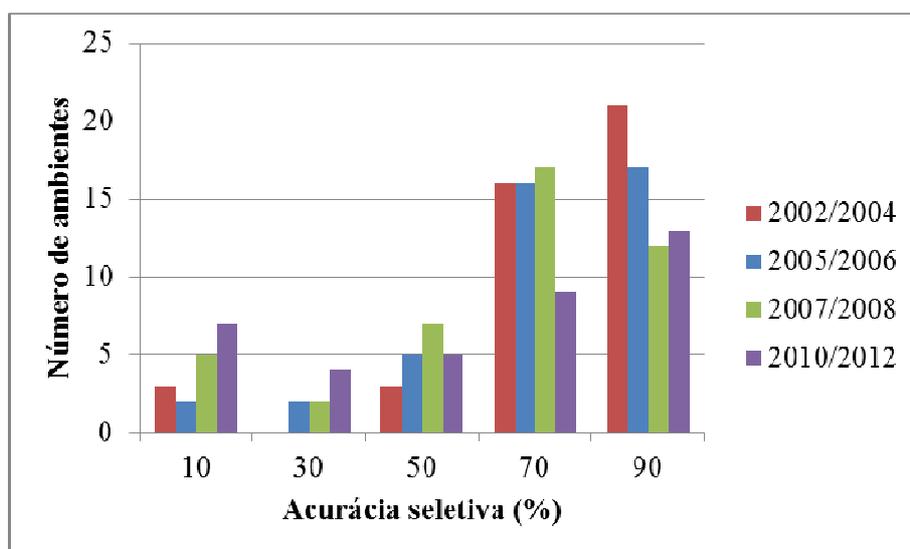


Figura 1 Distribuição de frequência das estimativas da acurácia, em porcentagem, dos experimentos de VCU. Dados de produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) obtidos nos experimentos do VCU de feijão conduzidos em Minas Gerais, no período de 2002 a 2012

Alguns melhoristas têm relatado que ambientes muito favoráveis, sem estresses, logicamente apresentam média geral alta, mas não discriminam as linhagens e conseqüentemente não são úteis no contexto dos VCU's. Para

verificar se essa constatação é pertinente foi estimada a correlação entre a média geral dos experimentos e a magnitude do teste F (tabela 2). Observe que ela sempre foi negativa, porém de pequena magnitude e não significativa, evidenciando que esse relato não é pertinente.

Tabela 2 Porcentagem de experimentos em que a fonte de variação linhagens foi não significativa (F^{NS}) e correlação (r) entre a média geral dos experimentos (m) e o valor da estimativa do teste F

	VCU's			
	2002/2004	2005/2006	2007/2009	2010/2012
F^{NS}	32,56	30,95	37,21	39,47
$r_{(m,F)}$	-0,06 ^{NS}	-0,20 ^{NS}	-0,21 ^{NS}	-0,15 ^{NS}

Na análise conjunta a estimativa da acurácia, em todos os biênios, foi superior a 94%. Do que foi exposto, indica alta precisão experimental. Esse fato contribuiu para que fosse detectada diferença significativa ($P \leq 0,01$) para todas as fontes de variação (tabela 3). A existência de diferença significativa entre as linhagens avaliadas foi evidenciada pelo fato destas serem agrupadas em mais de uma classe pelo teste de Scott-Knott (Tabela 5A). A contribuição da soma de quadrados da fonte de variação linhagens para a soma de quadrados totais (R^2) foi muito pequena. Esse fato tem sido constatado em outros experimentos dessa natureza (Pereira et al., 2008; 2010; Silva et al., 2011; Torga et al., 2013). Em princípio, isso é esperado porque especialmente no caso do VCU conduzido em Minas Gerais, estão envolvidas as cinco ou seis melhores linhagens dos programas de melhoramento da Embrapa Arroz e Feijão, UFV e UFLA, ou seja, as linhagens que participam dos ensaios foram extensivamente avaliadas durante sua obtenção e são resultados de alta intensidade de seleção. Nessa condição, não é de se esperar que ocorra grande variação entre elas. Diferenças significativas entre as linhagens são esperadas, sobretudo, em condições de

estresses bióticos e abióticos, diferentes das condições em que elas foram selecionadas. As implicações do local de origem em que as linhagens de feijão foram selecionadas na magnitude da interação das linhagens x ambientes foram estudadas por Silva et al. (2011). Os autores concluíram que o local de origem não influencia a estabilidade das linhagens quando suas condições ambientais são semelhantes às do local de cultivo, mas interfere no desempenho das mesmas quando as condições ambientais são muito diferentes, o que coincide com o que foi comentado anteriormente.

A diferença entre ambientes era esperada, pois envolveram as três safras – épocas de semeadura, que são bem distintas em termos de condições climáticas, o efeito de anos dentro de cada biênio, que normalmente são muito variáveis e, sobretudo locais, abrangendo praticamente todas as regiões produtoras de feijão do estado. Esse fato é comprovado por meio da estimativa da contribuição da soma de quadrados da fonte de variação ambientes para a soma de quadrados totais (R^2), que foi superior a 77% em todos os biênios.

O resumo das análises de variância conjunta por biênio e por ano/biênio são apresentadas nas tabelas 6A e 7A. As contribuições das diferentes fontes de variação que compõem os ambientes são apresentadas por meio dos coeficientes de determinação (R^2) na figura 2. Com relação à fonte de variação ano, análise por biênio, esta contribuiu muito pouco para a soma de quadrado total, indicando que não ocorre variação expressiva de um ano para o outro.

Tabela 3 Resumo da análise de variância conjunta da produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) e contribuição de cada fonte de variação para a variação total (R²) dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso de linhagens de feijoeiro. Minas Gerais, 2002/2012

FV	2002/2004			2005/2006			2007/2009			2010/2012		
	GL	<i>p</i>	R ²	GL	<i>P</i>	R ²	GL	<i>P</i>	R ²	GL	<i>p</i>	R ²
Ambiente (A)	42	< 0,01	77,55	41	< 0,01	80,01	42	< 0,01	93,93	37	< 0,01	81,21
Linhagem (L)	19	< 0,01	2,63	24	< 0,01	4,58	25	< 0,01	4,96	24	< 0,01	1,60
L x A	636 ¹ (798) ²	< 0,01	19,82	689(984)	< 0,01	15,41	839(1050)	< 0,01	1,11	616(888)	< 0,01	17,18
Erro médio	1279(1629)			1920(1982)			1556(2131)			1256(1824)		
Média geral	2297,14			2247,63			2283,64			2518,17		
Acurácia	96,56			98,70			94,66			94,06		

¹Grau de liberdade ajustado pelo método de Cochran (1954); ²Real valor do Grau de liberdade

O feijão é cultivado em Minas Gerais em praticamente todos os meses do ano. Vieira et al. (2006) propuseram quatro épocas de semeadura em função das estações do ano. No entanto, três são mais utilizadas nos ensaios de Valor de Cultivo e Uso: a safra “das águas” cuja semeadura ocorre de outubro a início de dezembro caracterizando-se por ser realizada em período de altas temperaturas e precipitação, dispensando irrigação. Nessa safra a colheita tem alta probabilidade de coincidir com a precipitação/chuvas intermitentes; safra da “seca” com semeadura entre o final de janeiro a março; e a safra de “outono-inverno”, cuja semeadura ocorre de maio a início de agosto, dependendo da região, mantida sob irrigação devido à escassez e má distribuição de chuvas do período, possibilitando a colheita em época livre de chuvas, resultando em feijão de ótima qualidade. Geralmente quando a semeadura é realizada em julho com o objetivo de a cultura escapar dos rigores do frio durante o ciclo reprodutivo, a grande desvantagem é que a colheita pode coincidir com a estação chuvosa. Embora as condições ambientais das safras sejam bem distintas, estas contribuíram pouco para a variação total (Figura 2A, 2C), com exceção do segundo ano de avaliação do biênio 2005/2006, onde a fonte de variação safra foi responsável pela maior parte da variação (Figura 2E)

Utilizando o VCU 2002/2004 como exemplo, 44% dos experimentos foram conduzidos na safra de “outono-inverno”, 40% na safra da “seca” e apenas 16% na safra “das águas”, tendência que foi observada nos demais VCU's (Tabela 1). Em Minas Gerais, a maior produção do feijão ocorre na safra “das águas” (CONAB, 2012) e como a interação linhagens x safras não foi expressiva, os resultados obtidos nas outras safras, que concentram a maioria dos experimentos, podem ser extrapolados para a safra “das águas”.

Observou-se que dentre as fontes de variação há grande destaque para locais. Estes foram responsáveis por grande parte da soma de quadrados total das fontes de variação envolvidas. Essa observação é válida na análise por

biênio e também na realizada por ano/biênio. Os locais dos experimentos abrangem entre quatro (VCU 2010/2012) e seis mesorregiões (VCU 2002/2004) e diferem não só na fertilidade do solo, mas também nas condições de manejo e clima. Trabalhos realizados em outras condições utilizando safras, locais e anos também mostraram que a fonte de variação locais foi a que mais contribuiu para a variação total (Ramalho et al., 1998; Silva et al., 2011).

Quanto à interação linhagens x ambientes esta foi significativa, contudo, no presente trabalho sua contribuição para a variação total foi inferior a 20% em todos os ciclos de VCU's (Tabela 3). A interação genótipos x ambientes tem sido bastante estudada na cultura do feijoeiro (Carbonell et al., 2004; Melo et al., 2007; Rocha et al., 2009; Silva et al., 2011; Torga et al., 2013). A interação linhagens x locais foi a mais expressiva, comprovando a necessidade de se realizar as avaliações no maior número de locais possíveis.

Um questionamento que é pouco explorado é se o número de ambientes em que é realizado os ensaios VCU em Minas Gerais é suficiente. Geralmente isso é feito por meio do zoneamento agroecológico. No entanto para o feijoeiro poucos estudos são encontrados a esse respeito (Bertoldo et al., 2009; Pereira et al., 2010). No presente trabalho, algumas alternativas foram utilizadas para inferir se o número de ambientes é suficiente. Uma delas foi o emprego do método de AMMI (Zobel et al., 1988). Observou-se que com até três PCA's a variação explicada foi inferior a 45% (Tabela 8A). Nessa condição o método AMMI não fornece as informações que os melhoristas almejam (Duarte & Vencovsky, 1999).

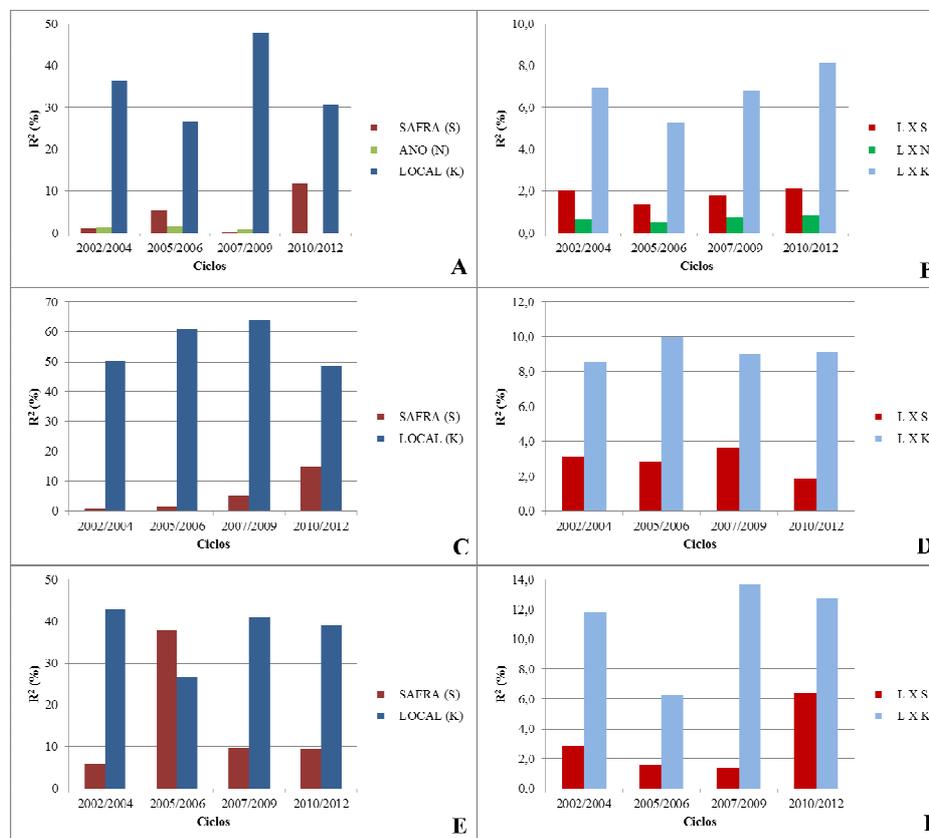


Figura 2 Estimativas dos coeficientes de determinação (R^2) para produtividade de grãos (kg.ha^{-1}) das fontes de variação dos VCU's de feijoeiro por ciclo (A e B) e por ano (Ano 1 dentro do ciclo – C e D; Ano 2 dentro do ciclo – E e F). Minas Gerais, 2002 a 2012

Outro método utilizado foi a ecovalência (Wricke, 1964). Na tabela 4 são apresentados os ambientes de maior e menor contribuição para a interação em cada biênio de VCU. A ecovalência de cada ambiente por biênio é apresentada na tabela 9A. Note que dentro de cada ciclo de VCU um dos ambientes apresentou contribuição expressiva para a interação. No caso do VCU 2002/2004 o ambiente 24, no VCU 2005/2006 o ambiente 17, no VCU 2007/2009 o ambiente 20 e no VCU 2010/2012 o ambiente 18. Os demais

ambientes tiveram pequena contribuição para a interação. Por essa metodologia o número de ambientes, em princípio, poderia ser reduzido.

Tabela 4 Ambientes de maior e menor ecovalência relativa dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso de linhagens de feijoeiro, para produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Minas Gerais, 2002/2012.

Amb.	2002/2004	Amb.	2005/2006	Amb.	2007/2009	Amb.	2010/2012
24	10,39	17	9,81	20	6,00	18	8,86
20	3,81	13	6,10	39	5,03	31	6,72
14	3,73	29	4,15	10	4,17	5	4,95
11	3,70	34	3,90	37	4,11	8	4,80
...
7	0,99	31	1,08	31	0,96	37	0,91
32	0,92	40	0,94	7	0,95	2	0,89
28	0,62	26	0,89	25	0,80	35	0,87
34	0,52	19	0,81	35	0,67	25	0,79

Procurou-se verificar que tipo de interação predomina quando se considera o ambiente com maior e menor contribuição para a interação. Constatou-se, utilizando a expressão apresentada por Ramalho et al. (2012), para o VCU 2002/2004 que a contribuição da interação complexa foi superior a 73%. Uma observação importante é que todos os ambientes com maior contribuição para a interação (W_r) pertencem à mesorregião da Zona da Mata, sendo que os ambientes 20 e 18 referem-se ao mesmo município, Coimbra, indicando que esta é a mesorregião com maior contribuição para a interação (Tabelas 1 e 4). Esse fato pode ser confirmado observando-se a tabela 5, na qual é apresentada a ecovalência relativa média por mesorregião. Note que a Zona da Mata apresentou a maior ecovalencia relativa média dentre as mesorregiões em todos os VCU's. Contudo, apesar desta representar muito para a interação, responde por apenas 6,6% da produção de feijão do estado.

Depreende-se, que apesar da ocorrência da interação expressiva o número de experimentos realizados na Zona da Mata é suficiente.

Simularam-se análises de variância conjunta considerando números diferentes de ambientes. Esse número variou de dois até o número total em cada VCU. Nas simulações foram obtidas as médias das linhagens e sua classificação. A porcentagem de coincidência entre a melhor linhagem identificada na análise em todos os ambientes, nas 1000 simulações em cada conjunto de ambientes é apresentada na figura 3A e na tabela 10A. Observe que, quando se consideraram dois ambientes, a coincidência foi de apenas 11%, na média dos quatro biênios dos VCU's. Se for considerada uma coincidência de 75%, que é uma porcentagem alta, observou-se que para o VCU 2002/2004 20 ambientes de avaliação seriam suficientes. Contudo, para o VCU 2007/2009 isso só seria possível com o número máximo de ambientes.

Tabela 5 Ecovalência relativa (W_r) média por mesorregião, dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso para produtividade de grãos ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Minas Gerais, 2002/2012

Messorregião	2002/2004	2005/2006	2007/2009	2010/2012
Sul/Sudoeste/Campo das Vertentes	1,93	2,45	2,24	2,52
Zona da Mata	3,05	2,93	2,67	3,72
Triangulo Mineiro/Alto Paranaíba	2,07	2,15	2,15	2,58
Metropolitana de Belo Horizonte	2,10	1,84	2,70	1,53
Noroeste	1,99	1,85	1,35	-
Vale do Rio Doce	1,11	-	-	-

Poder-se-ia argumentar que o importante é identificar não necessariamente a melhor, mas uma das três melhores linhagens. Usando o mesmo raciocínio anterior, verifica-se, como era esperado, que a coincidência aumenta (Figura 3B, Tabela 10A). Contudo, mesmo assim, no VCU 2007/2009 para se ter 75% de coincidência de uma das três melhores linhagens na primeira

posição isso só ocorreu quando se consideraram 38 ambientes. Utilizando metodologia semelhante com Tabaco em locais do Sul do Brasil, Toledo et al. (2012) observaram que de seis a oito ambientes já seriam suficientes para se ter uma alta acurácia na recomendação das linhagens, reduzindo em mais de 50% o número de ensaios para o VCU de tabaco. A diversidade de condições climáticas de fertilidade e de manejo na feijoeiro em Minas Gerais, explica essa diferença.

As normas do VCU de feijão no Brasil (Brasil, 2006) exigem pelo menos dois anos, três locais e três safras, ou seja, 18 ambientes. Pelo que foi observado nos VCU's conduzidos em Minas Gerais esse número é pequeno. A interação linhagens de feijão x ambientes é expressiva, especialmente com locais, exigindo, para maior segurança nas recomendações, que o número de locais fosse maior. Segundo Troyler (1996) para a cultura do milho um bom híbrido não ocorre ao acaso, ele deve ser construído. O sucesso nessa criação é diretamente relacionado ao esforço dedicado às avaliações. No caso do feijoeiro no estado de Minas Gerais essa observação também é válida. A segurança na decisão da melhor cultivar a ser recomendada no VCU é dependente das avaliações realizadas no maior número de ambientes, especialmente locais, nas regiões em que se concentra a produção de feijão no estado.

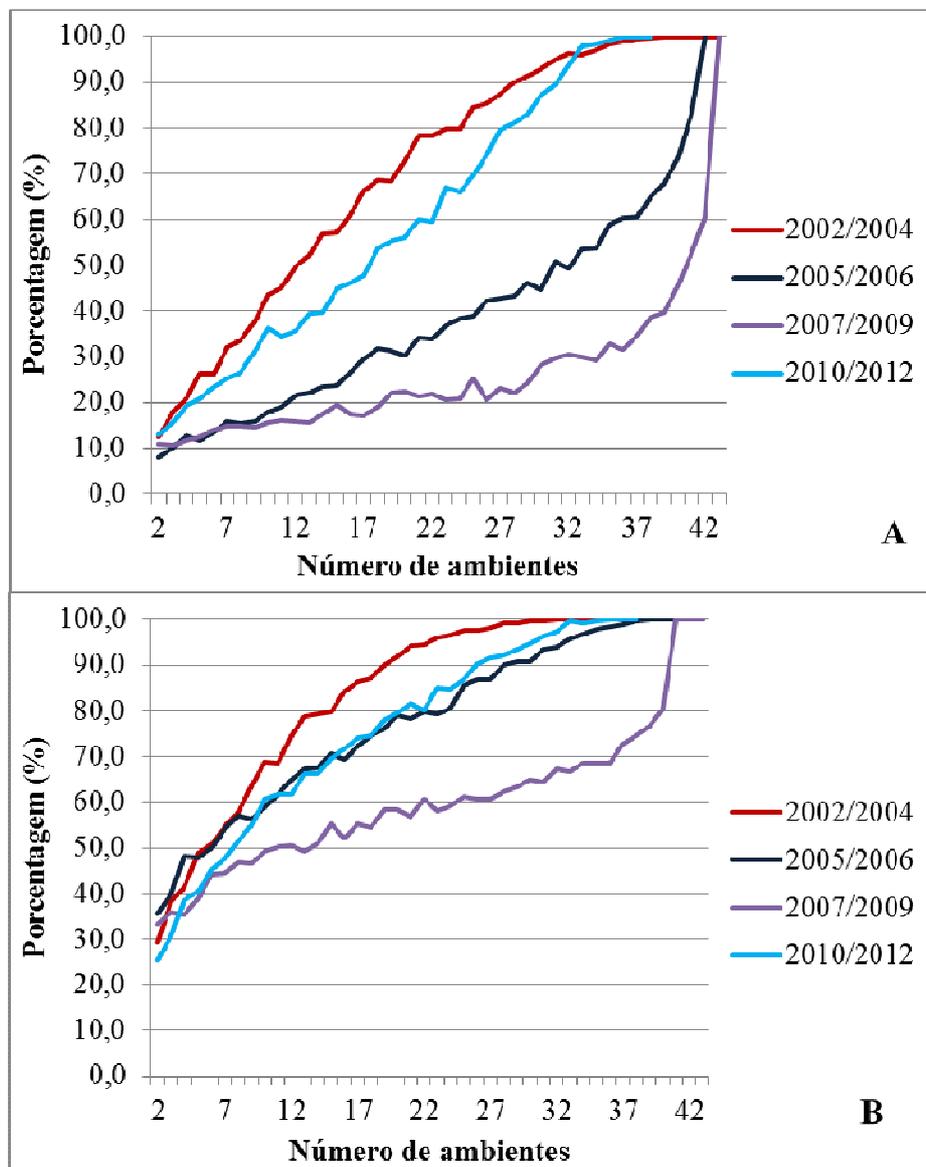


Figura 3 Porcentagem de coincidência entre a melhor linhagem (A) e uma das três melhores linhagens (B) de feijoeiro identificadas na análise conjunta de todos os experimentos com a simulação efetuada considerando números diferentes de experimentos. Simulação realizada a partir dos VCU's de 2002/2004, 2005/2006, 2007/2009 e 2010/2012

CONCLUSÃO

A redução do número de ambientes nos ensaios de Valor de Cultivo e Uso não é uma boa estratégia para a recomendação de cultivares no estado de Minas Gerais.

A fonte de variação que mais contribui para a interação é locais, sendo safras e anos pouco expressivos.

AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores/professores da Universidade Federal de Viçosa, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais e Embrapa Arroz e Feijão que gentilmente cederam os dados para realização desse trabalho e ao CNPq pela bolsa concedida aos autores.

REFERÊNCIAS

- BRASIL (2006) Instrução Normativa nº 25, de 23 de maio de 2006. Anexo I. Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*) para a inscrição no registro nacional de cultivares - RNC. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília**. Available at <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/servlet/VisualizarAnexo?id=1376>>. Accessed on December 11, 2012.
- BERTOLDO JG, COIMBRA JLM, NODARI RO, GUIDOLIN AF, HEMP S, BARILI LD, VALE NM and ROZZETO DS (2009) Stratification of the state of Santa Catarina in macroenvironments for bean cultivation. **Crop Breeding and Applied Biotechnology 9**: 335-343.
- CARGNELUTTI FILHO A and STORCK L (2007) Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 42**: 17-24.
- COCHRAN WG (1954) The combination of estimates from different experiments. **Biometrics 10**: 101-129.
- CONAB (2012) **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos safras 2012/2013 - segundo levantamento. Conab, Brasília, 33p.
- CORREA AM, GONÇALVES MC, SOUZA LCF, RODRIGUES ET and SCALON SPQ (2009) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão cultivados em duas localidades de Mato Grosso do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha 15**: 135-144.
- CRUZ CD, REGAZZI AJ and CARNEIRO PCS (2004) **Modelos biométricos aplicados as melhoramento genético**. Editora UFV, Viçosa, 480 p.
- DUARTE JB, VENCOSKY R (1999) **Interação genótipo x ambientes**: uma introdução à análise AMMI. Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 60p. (Série monográfica, 9).

FARIA AP, MODA-CIRILO V, BURATTO JS, SILVA CFB and DESTRO D (2009) Interação genótipo x ambiente na produtividade de grãos de linhagens e cultivares de feijão. **Acta Scientiarum. Agronomy** **31**: 579-585.

IBGE (2007) **Censo Agropecuário 1920/1996**. Available at:

<<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=1&op=0&vcodigo=AGRO34&t=producao-vegetal>> Accessed on 20 January, 2013.

MELO LC, MELO PGS, FARIA LC, DIAZ JLC, DEL PELOSO MJ, RAVA CA, COSTA JGC (2007) Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **42**:715-723.

OLIVEIRA GV, CARNEIRO PCS, CARNEIRO JE and CRUZ CD (2006) Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão comum em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **41**: 257-265.

PEREIRA PS, MELO LC, FARIA LC, DEL PELOSO MJ, COSTA JGC, RAVA CA and WENDLAND A (2009) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **44**: 29-37.

PEREIRA HS, MELO LC, FARIA LC, DIAZ JLC, DEL PELOSO MJ and WENDLAND A (2010) Environmental stratification in Paraná and Santa Catarina to evaluate common bean genotypes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** **10**: 132-139.

PIMENTEL-GOMES F (1990) **Curso de estatística experimental**. 13°. Editora Nobel, São Paulo, 468p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. (2011) **R**: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Available at <<http://www.R-project.org/>>. Accessed on October 21, 2012.

RAMALHO MAP, ABREU AFB and SANTOS PSJ (1998) Interações 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 22**: 176-181.
- RAMALHO MAP, FERREIRA AF, OLIVEIRA AC (2012a) **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Editora UFLA, Lavras, 305p.
- RAMALHO MAP, SANTOS JB, ABREU AFB and NUNES JAR (2012b) **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Editora UFLA, Lavras. 522p.
- RESENDE MDV and DUARTE JB (2007) Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical 37**: 182-194.
- ROCHA F, TOALDO D, BARILI LD, VALE NM, GARCIA S, COIMBRA JLM, VOGT GA and GUIDOLIN AF (2009) Efeito de ambiente sobre a produtividade de feijão carioca para o estado de Santa Catarina. **Bragantia 68**: 621-627.
- ROCHA VPC, MODA-CIRILO V, DESTRO D, FONSECA JÚNIOR NS and PRETE CEC (2010) Adaptabilidade e estabilidade da característica produtividade de grãos dos grupos comerciais carioca e preto de feijão. **Ciências Agrárias 31**: 39-54.
- SILVA CA, ABREU AFB, RAMALHO MAP and CARNEIRO JES (2011) Implicações da origem das linhagens na magnitude da interação com ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 46**: 720-728.
- PULCINELLI CA, BRUZI AT, TOLEDO HRBT, RAMALHO APR (2013) Estratégias experimentais na condução de VCU com a cultura do tabaco II: dimensão da rede de experimentos. **Genetics and Molecular Research**. (No Prelo).
- TORGA PP, MELO PGS, PEREIRA HS, FARIA LC, DEL PELOSO MJ and MELO LC (2013) Interactions of common beans cultivars of the black group with years, locations and sowing seasons. **Euphytica 189**: 239-248.

TROYER AF (1996) Breeding widely adapted, popular maize hybrids.

Euphytica 92: 163-174.

VIEIRA C, PAULA JUNIOR TJ and BORÉM A (2006) **Feijão**. Editora UFV, Viçosa, 600p.

WRICKE G (1965) Zur Berechnung der Ökovalenz bei Sommerweizen und Hafer. **Zeitschrift für Pflanzenzüchtung 52**: 127-138.

ZOBEL RW, WRIGHT MJ, GAUCH HG (1988) Statistical analysis of a analysis of a yield trial. **Agronomy Journal 80**: 388-393.

ARTIGO 2

REPETIBILIDADE DOS PARÂMETROS DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM AMBIENTES IMPREVISÍVEIS NA CULTURA DO FEIJOEIRO

De acordo com o periódico Pesquisa Agropecuária Brasileira

RESUMO - Com o objetivo de estimar a repetibilidade dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade entre anos dentro de cada biênio, foram avaliados os dados de produtividade de grãos de ensaios de valor de cultivo e uso de feijoeiro comum, no período entre 2003 e 2012, em Minas Gerais. Estimaram-se os parâmetros: média de produtividade de grãos, ecovalência (W_r), coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de regressão (b_1), referente ao método de Eberhart & Russel (1966), considerando os locais e épocas de semeadura por ano, dentro de cada biênio. Posteriormente realizou-se uma análise de variância das estimativas desses parâmetros e foi estimada a repetibilidade ($r_{yy'}^2$), no ano y e y' . A estimativa de $r_{yy'}^2$ para a produtividade de grãos, na maioria dos biênios foi relativamente alta. Já para W_r , R^2 e b_1 foi nula ou de pequena magnitude, indicando que o sucesso na identificação de linhagens de feijão para serem recomendadas aos agricultores é maior quando se baseia na produtividade do que se utilizando os parâmetros de estabilidade.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris* L.; Melhoramento de plantas; Genética quantitativa; Biometria.

Abstract - With the purpose of estimating the repeatability of adaptability and stability parameters between years within each biennium, the grain yield data from Value for Cultivation and Use tests in common bean in the period from 2003 to 2012 in Minas Gerais were analyzed. The following parameters were estimated: means of grain yield, ecovalence ($W_r^2\%$), regression coefficient (b_1) and coefficient of determination (R^2), considering the locations and times of sowing per year, within each biennium. Subsequently, analysis of variance of the estimates of these

parameters was carried out, and repeatability (r_{yy}^2) was estimated in year y and y' . The r_{yy}^2 estimate for means of grain yield in most of the biennia was relatively high. Already for $W_i^2\%$, R^2 and b_1 , it was null or of small magnitude, indicating that success in identification of common bean lines for recommendation to farmers is greater when based on means of yield than when using stability parameters.

Index terms: *Phaseolus vulgaris* L., Plant breeding, Quantitative genetic, Biometric

INTRODUÇÃO

O feijoeiro-comum é cultivado em todo o território nacional, durante todo o ano, portanto, sob diversas condições ambientais, e nesse contexto espera-se que a interação genótipos x ambientes seja expressiva, como relatado na literatura (Pereira et al., 2010; Silva et al., 2011; Torga et al., 2013). Em virtude disso, é exigido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que a rede de ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU), seja conduzida em vários ambientes visando abranger as diversas condições de cultivo, proporcionando a seleção de cultivares com maior estabilidade fenotípica (Brasil, 2006).

O termo ambiente, geralmente inclui as condições de cultivo, e envolvem regiões, épocas de semeadura, anos, práticas culturais, entre outros, ou ainda a combinação destes. Com relação às variações do ambiente, Allard & Bradshaw (1964) classificam-nas como previsíveis e imprevisíveis. As variações previsíveis são aquelas que ocorrem de forma sistemática ou estão sob controle do homem. As variações imprevisíveis são aquelas que flutuam de forma inconsistente, por exemplo, anos, que pode variar quanto à precipitação, temperatura, umidade relativa, entre outros.

Várias metodologias são apresentadas na literatura visando o estudo da adaptabilidade e estabilidade (Cruz & Carneiro, 2004; Oliveira et al., 2006; Pereira et al., 2009; Bernardo, 2010; Ramalho et al., 2012b). Contudo, não basta apenas estimar o parâmetro de estabilidade. É necessário verificar se ele é herdável. Sobretudo porque a cultivar é avaliada no passado esperando que o seu desempenho repercuta no futuro quando for utilizada pelos agricultores, em condições ambientais certamente diferentes das que elas foram avaliadas (Gauch & Zobel, 1988).

Informações com relação ao controle genético dos parâmetros de estabilidade não são frequentes e, além disso, são inflacionadas por não ser

possível separar a variância genética de alguns fatores ambientais permanentes. Na literatura são encontrados alguns estudos a esse respeito, no entanto, levando em consideração apenas o efeito de locais (Santos et al., 1982; Léon e Becker, 1988; Jalaluddin & Harrison, 1993; Soares & Ramalho, 1993; Farias et al., 1998; Corte et al., 2001; Bruzi et al., 2007), e seria importante obter informações do controle genético de parâmetros de estabilidade principalmente envolvendo o efeito de anos que é um fator ambiental imprevisível.

Do exposto realizou-se o presente trabalho utilizando dados de avaliação de linhagens de feijão, conduzidos no período de 2003 a 2012, visando estimar a repetibilidade dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade por meio do método de Eberhart & Russel (1966) e ecovalência (Wricke, 1964) entre anos dentro de cada biênio em que foi conduzido o VCU e verificar, dentre as estimativas: média de produtividade de grãos, coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de regressão (b_{1i}) e ecovalência, qual a melhor para selecionar linhagens para recomendação aos agricultores.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de produtividade de ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) de feijão carioca conduzidos no estado de Minas Gerais pela Embrapa Arroz e Feijão, Universidade Federal de Lavras, Universidade Federal de Viçosa e Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais no período de 2003 a 2012, totalizando quatro biênios.

Foram escolhidos os ambientes, dentro de cada biênio, em que os locais e épocas de semeadura se repetiram nos dois anos. A relação dos ambientes é apresentada na tabela 1. O número de linhagens foi variável entre os biênios, sendo 20 em 2003/2004, 25 em 2005/2006, 26 em 2008/2009 e 25 em 2011/2012. Cada experimento continha duas testemunhas que são cultivares recomendadas para o Estado de Minas Gerais.

Tabela 1 Ambientes utilizados em cada biênio, em ensaios de valor de cultivo e Uso de feijoeiro, no período de 2003 a 2012, em Minas Gerais

2003/2004	2005/2006	2008/2009	2011/2012
Lavras/Novembro ¹	Lambari/Fevereiro	Lambari/Novembro	Lavras/Novembro
Lavras/Fevereiro	Lavras/Fevereiro	Lavras/Novembro	Lambari/Novembro
P. Minas ² . /Fevereiro	P. Minas/Fevereiro	P. Minas/Novembro	P. Minas/Novembro
Lambari/Fevereiro	Viçosa/Fevereiro	Coimbra/Julho	Lavras/Julho
Viçosa/Fevereiro	P. Minas/Julho	Lambari/Julho	P. Minas/Julho
Coimbra/Fevereiro	S. Lagoas ³ /Julho	Uberlândia/Julho	Lambari/Julho
-	Uberlândia/Julho	Florestal/Fevereiro	S. Lagoas/Julho
-	-	Lambari/Fevereiro	Coimbra/Julho
-	-	Lavras/Fevereiro	Lavras/Fevereiro
-	-	P. Minas/Fevereiro	Lambari/Fevereiro
-	-	S. Lagoas/Fevereiro	P. Minas/Fevereiro
-	-	Uberlândia/Fevereiro	S. Lagoas/Fevereiro
-	-	-	Coimbra/Fevereiro

¹Mês de semeadura; ²Patos de Minas; ³Sete Lagoas

Os experimentos foram implantados seguindo as exigências mínimas estabelecidas pelo MAPA para o ensaio de VCU de feijão: delineamento em

blocos casualizados, com três repetições e parcelas de quatro fileiras de 4 m de comprimento. Os dados referentes à produtividade de grãos foram obtidos, considerando-se as duas linhas centrais. Não foi realizado controle de doenças nem de pragas.

Os dados de cada ambiente – locais e safras, foram submetidos à análise de variância e obtidas as médias. Posteriormente foi realizada a análise de variância conjunta por ano, utilizando o Software R (R Development Core Team, 2011), e realizou-se também o teste de agrupamento de Scott-Knott (1974), apresentado por Ramalho et al., (2012a).

Estimaram-se os parâmetros de estabilidade para cada ano. Média de produtividade de grãos; coeficiente de determinação (R^2) e Coeficiente de regressão (B_{1i}) de acordo com método proposto por Eberhart & Russel (1966), utilizando o software Genes (Cruz, 1997) e foram obtidas as estimativas da ecovalência, em porcentagem (W_r), de acordo com Wricke (1964). Para verificar a significância das estimativas da ecovalência ($H_0: W_i^2 = 0$) foi utilizado o teste estatístico proposto por Lisboa Júnior (1991), apresentado por Resende (2002). Como a interação linhagens x ambientes é de natureza fixa foi alterado o testador pelo quadrado médio do erro, utilizando-se a seguinte expressão:

$$F_c = \frac{(lW_i^2/l-1)/a-1}{QMerro} \sim F_{Tab}(\alpha\%; a-1; GLerro)$$

Em que: l : número de linhagens e a : número de ambientes.

Estimou-se o coeficiente de correlação de Pearson entre a produtividade média de grãos, ecovalência (Wricke, 1964), coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de regressão (b_1), de acordo com o método de Eberhart & Russel (1966), para cada ano (Steel et al., 1997).

As médias da produtividade de grãos, as estimativas da ecovalência, do coeficiente de determinação e do coeficiente de regressão, obtidos por ano, foram submetidas à análise de variância conjunta por biênio. Considerando que linhagem tem efeito fixo foi estimada a repetibilidade ($r_{yy'}^2$) considerando o ano y e y' em cada biênio, por meio da expressão:

$$r_{yy'}^2 = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{COV_{yy'}}{V_F} = \frac{V_P}{V_P + V_E / 2}$$

Em que,

Q_1 : Quadrado médio da fonte de variação linhagens;

Q_2 : Quadrado médio do erro na análise de variância de cada biênio;

$COV_{yy'}$: Covariância entre o comportamento das linhagens nos anos y e y' ;

V_F : Somatório dos desvios fenotípicos ao quadrado entre as linhagens;

V_P : Somatório dos desvios genéticos ao quadrado entre as linhagens;

V_E : Variância ambiental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise conjunta por ano em cada biênio ocorreu diferença significativa ($P \leq 0,05$) para as fontes de variação linhagens e interação linhagens x ambientes – locais e épocas de semeadura, condições essas indispensáveis para o que se propõe no referido trabalho (Tabela 11A).

As estimativas da correlação de Pearson entre a ecovalência e coeficiente de determinação foram altas e significativas (Tabela 2). Para R^2 e b_1 foram, em sua maioria, altas e significativas, com exceção dos anos 2003 e 2011, evidenciando que essas variáveis apresentam comportamento semelhante com relação à seleção das linhagens. Para W_r e b_1 todas as estimativas foram baixas e não significativas, com exceção dos anos 2006 e 2009. Vale ressaltar que embora ambos os parâmetros estejam de acordo com o conceito agrônomo de estabilidade, W_r mede a contribuição de cada linhagem para a interação e b_1 avalia a capacidade das linhagens aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente (Cruz & Carneiro, 2004). Já as estimativas de correlações obtidas entre W_r , R^2 ou b_1 e a produtividade de grãos, foram de pequena magnitude e a maioria não significativa. Assim, em princípio, é possível identificar linhagens que sejam produtivas e estáveis. Resultados semelhantes a esses foram obtidos em outras condições (Gonçalves et al., 2007; Silva Filho et al., 2008; Cargnelli Filho et al., 2009; Rocha, et al., 2010).

As quatro linhagens com maior ou menor produtividade de grãos, na média dos ambientes em cada ano, dentro de cada biênio, são apresentadas na tabela 3. A existência de diferença significativa entre as linhagens avaliadas foi evidenciada pelo fato destas serem agrupadas em mais de uma classe pelo teste de Scott-Knott (1974). Veja, contudo, que em cada ano, as quatro linhagens mais produtivas sempre pertenceram ao mesmo grupo pelo referido teste. É interessante observar que a coincidência nas linhagens classificadas como de

melhor ou pior desempenho nos dois anos variou de acordo com o biênio. A coincidência foi pequena nos dois últimos biênios (2008/2009 e 2011/2012).

A estabilidade do tipo II, segundo Lin et al., (1986), também denominada por Becker (1981) de estabilidade agronômica, citada por Ramalho et al., (2012b), foi avaliada por meio da estimativa da ecovalência (W_i^2). Veja que as quatro linhagens com menor estimativa de W_i , em todos os casos foram não significativas, isto é, não diferiram de zero e, portanto contribuíram pouco para a interação. Já no outro extremo, em todos os casos, a estimativa foi diferente de zero ($P \leq 0,01$) (Tabela 3). Infere-se que foi possível identificar linhagens diferindo na estabilidade denominada de agronômica. A estimativa da estabilidade obtida por meio do método de Eberhat& Russel (1966) também evidenciou diferença entre as linhagens (Tabelas 12A, 13A, 14A e 15A).

Tabela 2 Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson entre a produtividade de grãos, ecovalência relativa (W_r), coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de regressão (b_1). Dados obtidos anualmente, nos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) conduzidos em Minas Gerais no período de 2003 a 2012

Ano	Estimativas	Produtividade	b_1	R^2
2003	W_r	0,15 ^{NS}	0,12 ^{NS}	-0,88 ^{**}
	R^2	0,01 ^{NS}	0,21 ^{NS}	-
	b_1	0,51 [*]	-	-
2004	W_r	0,28 ^{NS}	-0,40 ^{NS}	-0,89 ^{**}
	R^2	-0,23 ^{NS}	0,74 ^{**}	-
	b_1	-0,01 ^{NS}	-	-
2005	W_r	-0,32 ^{NS}	-0,26 ^{NS}	-0,91 ^{**}
	R^2	0,50 ^{**}	0,54 ^{**}	-
	b_1	0,53 ^{**}	-	-
2006	W_r	0,10 ^{NS}	0,41 [*]	-0,58 ^{**}
	R^2	0,19 ^{NS}	0,46 [*]	-
	b_1	0,24 ^{NS}	-	-
2008	W_r	-0,06 ^{NS}	-0,26 ^{NS}	-0,79 ^{**}
	R^2	0,17 ^{NS}	0,78 ^{**}	-
	b_1	0,22 ^{NS}	-	-
2009	W_r	0,03 ^{NS}	-0,39 [*]	-0,93 ^{**}
	R^2	-0,02 ^{NS}	0,69 ^{**}	-
	b_1	0,06 ^{NS}	-	-
2011	W_r	-0,33 ^{NS}	0,36 ^{NS}	-0,73 ^{**}
	R^2	0,05 ^{NS}	0,31 ^{NS}	-
	b_1	-0,27 ^{NS}	-	-
2012	W_r	-0,37 ^{NS}	0,13 ^{NS}	-0,74 ^{**}
	R^2	0,22 ^{NS}	0,53 ^{**}	-
	b_1	-0,06 ^{NS}	-	-

Tabela 3 Melhores e piores linhagens selecionadas por meio da produtividade de grãos e estimativas da ecovalência relativa (Wr), por ano, dentro de cada biênio

Biênios	Produtividade		Wr	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
2003/2004	11 a ⁽¹⁾	13 a	1	16
	12 a	11 a	7	3
	10 a	12 a	11	2
	9a	10 a	16	19

	5 c	15 c	2**	9**
	17 c	17 c	12**	1**
	14 c	16 c	18**	13**
	20 c	14 c	15**	5**
2005/2006	19 a	16 a	3	23
	17 a	18 a	4	24
	3 a	19 a	19	22
	16 a	2 a	25	19

	10 b	12 b	1**	4**
	11 b	11 b	10**	2**
	21 c	9 b	12**	20**
	12 c	21 b	17**	6**
2008/2009	9 a	25 a	23	23
	15 a	20 a	1	1
	18 a	9 a	17	24
	16 a	12 a	2	11

	1 c	13 c	21**	15
	4 d	2 c	7**	19**
	5 d	5 c	3**	7**
	2 d	6 c	6**	8**
2011/2012	18 a	25 a	24	11
	13 a	2 a	5	13
	7 a	18 a	13	2
	9 a	1 a	8	25

	11 b	14 c	14**	8**
	23 b	21 c	11**	10**
	14 b	15 c	22**	21**
	10 b	8 d	23**	15**

⁽¹⁾Na coluna de produtividade, linhagens seguidas da mesma letra, em cada biênio, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott (1974)

** , * : Significativo a 1% e a 5% de probabilidade. Teste de hipótese para a ecovalência ($H_0 : W_i^2 = 0$)

O que se deseja é verificar a herdabilidade dos parâmetros de estabilidade entre os anos no mesmo biênio. Como o efeito de linhagens é fixo, o que se estimou foi a repetibilidade (r_{yy}^2). Para isso, foi realizada a análise de variância envolvendo os dois anos (Tabela 4). Verificou-se, para a produtividade média de grãos, que o efeito de anos não variou entre os biênios, com exceção do biênio 2011/2012. Em princípio, o VCU é realizado em dois anos, pressupondo que o comportamento de cada biênio representa as condições climáticas que a futura cultivar recomendada aos agricultores irá enfrentar (Gauch & Zobel, 1988).

Verificou-se que a fonte de variação linhagens foi significativa ($P \leq 0,05$) para a produtividade média de grãos em todos os biênios, com exceção do biênio 2011/2012 (Tabelas 4 e 16A), mostrando que o desempenho médio das linhagens foi diferente em cada biênio, o que é desejável, pois o melhorista terá condições de identificar linhagens que possam ser recomendadas aos agricultores, por meio dessa variável. A repetibilidade do desempenho das linhagens nos dois anos de cada biênio foi relativamente alta, exceto para o último biênio. Esse fato é particularmente expressivo considerando que ano é um fator ambiental imprevisível (Allard & Bradshaw, 1964).

Tabela 4 *P*-valor da análise de variância e estimativas da repetibilidade ($r_{yy'}^2$) da produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), ecovalência (W_r), coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de regressão (b_l) por biênio. Dados obtidos nos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) em Minas Gerais no período de 2003 a 2012

Estimativas	FV	Biênios			
		2003/2004	2005/2006	2008/2009	2011/2012
Média de Produtividade	Anos	0,51	0,11	0,47	0,00
	Linhagens	0,02	0,00	0,00	0,26
	$r_{yy'}^2$	0,62	0,72	0,66	0,23
W_r	Linhagens	0,59	0,46	0,26	0,53
	$r_{yy'}^2$	0,00	0,04	0,23	0,00
R^2	Anos	0,03	0,00	0,01	0,00
	Linhagens	0,58	0,26	0,65	0,64
	$r_{yy'}^2$	0,00	0,23	0,00	0,00
b_l	Linhagens	0,18	0,46	0,27	0,53
	$r_{yy'}^2$	0,36	0,02	0,23	-0,03

No caso da estimativa da ecovalência, como esta foi obtida em porcentagem dentro de cada ano, a soma de quadrados da fonte de variação ano na análise de variância é nula. Do mesmo modo para b_l , como sua soma de quadrados em cada ano é um, não há variação entre anos. Verificou-se que não ocorreu diferença significativa entre as linhagens para estes parâmetros (Tabela 4). Como consequência a estimativa da repetibilidade foi praticamente nula.

Informações do controle genético das estimativas de parâmetros de estabilidade não são frequentes na literatura. Principalmente em função das dificuldades em obtê-las. Pacheco et al. (1999) propuseram o emprego do cruzamento dialélico, avaliado em vários ambientes para se estimar a capacidade geral e específica de combinação dos parâmetros de estabilidade. Essa estratégia

é muito difícil de ser aplicada em função da dificuldade de se realizar todos os cruzamentos do dialelo e mais ainda avaliá-los em um grande número de ambientes.

Outra metodologia, utilizada algumas vezes, possibilita estimar a repetibilidade dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade. Para isso é necessário que sejam conduzidos experimentos, em cada ambiente, com quatro repetições. São realizadas duas análises, uma com os dados da 1ª e 2ª repetição e outra com a 3ª e 4ª. Assim, obtêm-se dois grupos de estimativas dos parâmetros nas análises envolvendo os vários ambientes. Realiza-se uma análise de variância em blocos casualizados, considerando os resultados de cada grupo de observação como uma repetição. Estima-se a repetibilidade (r_{yy}^2) por meio de expressão semelhante à utilizada nesse trabalho. Utilizando esse procedimento algumas estimativas foram obtidas com feijão e em outras culturas. Para produtividade r_{yy}^2 , variou de 0,40 a 0,98; para a $W_i^2\%$, de -0,43 a 0,80 e para R^2 , r_{yy}^2 , variou de 0,41 a 0,83 (Santos et al., 1982; León e Becker, 1988; Jalaluddin & Harrison, 1993; Soares & Ramalho, 1993; Farias et al., 1998; Corte et al., 2001; Bruzi et al., 2007). O inconveniente dessa metodologia, inclusive realçada pelos autores, é que a estimativa de V_p não é só do componente do desvio genético. Ela contém variações ambientais permanentes, ou seja, temperatura e umidade de um mesmo local são comuns a todas as repetições. Essas estimativas, portanto, são inflacionadas e não possibilitam comparações fidedignas com as obtidas no presente trabalho. Além do mais, elas não envolveram anos que, como já foi mencionado, é um fator ambiental imprevisível. Assim, as estimativas da literatura não são comparáveis com as do presente trabalho.

CONCLUSÃO

A estimativa de repetibilidade para a produtividade de grãos, na maioria dos biênios foi relativamente alta. Já para W_r , R^2 e b_1 foi nula ou de pequena magnitude.

O sucesso na identificação de linhagens de feijão para serem recomendadas aos agricultores é maior utilizando-se a produtividade de grãos do que quando se utilizam os parâmetros de estabilidade.

AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores/professores da Universidade Federal de Viçosa, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais e Embrapa Arroz e Feijão que gentilmente cederam os dados para realização desse trabalho e ao CNPq pela bolsa concedida aos autores.

REFERÊNCIAS

- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-by-environment interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, v. 4, p.503-508, 1964.
- BECKER, H. C. Correlations among some statistical measure of phenotypic stability. **Euphytica**, v.30, p.835-840, 1981.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. 2nd. Stemma Press, Woodbury, Minn, 2010. 390p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*), para a inscrição no registro nacional de cultivares – RNC**. Brasília: MAPA, 2006. Anexo I.
- BRUZI, A. T.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; FERREIRA, D. F.; SENA, M. R. Homeostasis of common bean populations with different genetic structures. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.7, p.111-116, 2007.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L.; RIBOLDI, J.; GUADAGNIN, J. P. Associação entre adaptabilidade e estabilidade em milho. **Ciência Rural**, v.39, p.340-347, 2009.
- CORTE, H. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Estabilidade de populações segregantes e respectivos genitores. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, p. 900-908, 2001.
- CRUZ, C. D. **Programa genes, aplicativo computacional em genética e estatística**, 1997.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2004. 480p.
- FARIAS, F. J. C.; RAMALHO, M. A. P.; CARVALHO, L. P.; MOREIRA, J. A. N.; COSTA, J. N. Repetibilidade dos parâmetros de estabilidade na cultura do

algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p.457-461, 1998.

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

GAUCH JÚNIOR, H. G.; ZOBEL, R. W. Predictive and postdictive success of statistical analyses of yield trials. **Theoretical and Applied Genetics**, v.76, p.1-10, 1988.

GONÇALVES, E. C. P.; DI MAURO, A. O.; CARGNELUTTI FILHO, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja conduzidos em duas épocas de semeadura, na região de Jaboticabal – SP. **Científica**, v.35, p.61-70, 2007.

JALALUDDIN, M.; HARRISON, S.A. Repeatability of stability estimators for grain yield in wheat. **Crop Science**, v.33, p. 720-725, 1993.

LÉON, J.; BECKER, H. C. Repeatability of some statistical measure of phenotypic stability – correlations between single year results and multi years result. **Plant Breeding**, v.100, p. 137-142, 1988.

LIN, C. S.; BINNS, M. R.; LEFKOVICHTH, L. P. Stability analysis. Where do we stand? **Crop Science**, v.26, p.894-899, 1986.

LISBÃO JÚNIOR, L. Avaliação e interpretação da interação genótipos x ambientes: I., estabilidade fenotípica. In: CONGRESSO FLORESTAL E DO MEIO AMBIENTE DO PARANÁ, 3., 1991. Curitiba. **ANAIS**. Curitiba: Associação Paranaense de Engenheiros Florestais, 1991. p.189-201.

OLIVEIRA, G. V.; CARNEIRO, P. C. S.; CARNEIRO, J. E. S.; CRUZ, C. D. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão comum em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.257-265, 2006.

PACHECO, C. A. P.; CRUZ, C. D.; SANTOS, M. X. Association between Griffing's diallel and the adaptability and stability analyses of Eberhart and Russell. **Genetics and Molecular Biology**, v.22, p.451-456, 1999.

- PEREIRA, P. S.; MELO, L. C.; FARIA, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; WENDLAND, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.29-37, 2009.
- PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; FARIA, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; DIAZ, J. L. C.; WENDLAND, A. Indicação de cultivares de feijoeiro-comum baseada na avaliação conjunta de diferentes épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.571-578, 2010.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2011.
- RAMALHO M.A.P.; FERREIRA A.F.; OLIVEIRA, A.C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2012a. 305p.
- RAMALHO M. A. P., SANTOS J. B., ABREU A. F. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: UFLA, 2012b. 522p.
- RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2002. 975 p.
- ROCHA, V. P. C.; MODA-CIRILO, V.; DESTRO, D.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; PRETE, C. E. C. Adaptabilidade e estabilidade da característica produtividade de grãos dos grupos comerciais carioca e preto de feijão. **Ciências Agrárias**, v.31, p.39-54, 2010.
- SANTOS, J. B. dos; VELLO, N. A.; RAMALHO, M. A. P. Stability of grain yield and its basic components in beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Genética**, v.5, p.761-772, 1982.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v.30, p. 507-512, 1974.
- SILVA FILHO, J. L.; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C.; LAMAS, F. M.; PEDROSA, M. B.; RIBEIRO, J. L. Comparação de métodos para avaliar

adaptabilidade e estabilidade produtiva em algodoeiro. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v. 43, p.349-355, 2008.

SILVA, C. A.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. S. Implicações da origem das linhagens na magnitude da interação com ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.720-728, 2011.

SOARES, A. A.; RAMALHO, M. A. P. Repetibilidade do rendimento de grãos e dos parâmetros de estabilidade na cultura do arroz. **Ciência e Prática**, v.17, p. 64-70, 1993.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKY, D. A. **Principles and procedures of statistics: A biometrical approach**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1997. 666p.

TORGA, P. P.; MELO, P. G. S.; PEREIRA, H. S.; FARIA, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; MELO, L. C. Interactions of common beans cultivars of the black group with years, locations and sowing seasons. **Euphytica**, v.189, p.239-248, 2013.

ANEXOS

Tabela 1A Resumo das análises de variância individuais para produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), Grau de liberdade (GL) e valor do teste F para a fonte de variação linhagem, acurácia e médias geral dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso de feijão, conduzidos em Minas Gerais, ciclo 2002/2004

Ambientes	GL	F	QMe	<i>p</i> -valor	Acurácia	Média
1	19	2,57	18764,65	0,01	78,16	1603,00
2	19	2,58	15310,11	0,01	78,26	2791,00
3	19	0,91	134666,57	0,58	0,00	1681,00
4	19	1,91	14978,31	0,04	69,02	2688,00
5	19	1,27	27587,48	0,26	46,11	3099,00
6	19	8,17	35573,13	0,00	93,68	2144,00
7	19	1,98	69029,93	0,04	70,35	2493,00
8	19	3,33	14879,27	0,00	83,65	2025,00
9	19	7,05	49719,23	0,00	92,64	2247,00
10	19	1,23	6670,26	0,29	43,24	1055,00
11	19	1,94	162785,06	0,04	69,61	2881,00
12	19	2,39	15365,07	0,01	76,26	1405,00
13	19	1,31	26736,93	0,23	48,65	1532,00
14	19	1,48	130436,57	0,15	56,95	1971,00
15	19	4,04	320033,98	0,00	86,75	2817,00
16	19	3,27	98266,74	0,00	83,32	2285,00
17	19	1,58	15632,28	0,11	60,59	1448,00
18	19	2,95	14822,74	0,00	81,30	1807,00
19	19	1,03	126309,14	0,45	17,07	1440,00
20	19	2,62	13532,98	0,01	78,63	1992,00
21	19	1,31	11927,98	0,23	48,65	1364,00
22	19	4,15	101436,80	0,00	87,12	2847,00
23	19	3,14	89579,13	0,00	82,55	3825,00
24	19	1,87	108930,83	0,05	68,21	3169,00
25	19	1,59	114555,62	0,11	60,92	2272,00
26	19	6,97	9215,87	0,00	92,55	1319,00
27	19	1,5	67925,89	0,14	57,74	2989,00
28	19	7,35	76978,68	0,00	92,95	2553,00
29	19	3,68	9298,82	0,00	85,34	2169,00
30	19	0,73	262830,61	0,77	0,00	2512,00
31	19	1,18	187417,70	0,32	39,06	2400,00
32	19	2,63	18287,57	0,01	78,73	1809,00
33	19	2,43	22901,56	0,01	76,71	2833,00
34	19	2,67	152261,02	0,00	79,09	2327,00
35	19	1,31	232955,38	0,23	48,65	3130,00
36	19	2,98	93084,48	0,00	81,51	1711,00
37	19	3,04	16782,57	0,00	81,92	1927,00
38	19	2,47	98737,39	0,01	77,15	2200,00
39	19	3,16	89242,92	0,00	82,68	2006,00
40	19	1,08	133843,50	0,41	27,22	2624,00
41	19	7,42	79776,95	0,00	93,02	1488,00
42	19	5,09	74677,12	0,00	89,64	2527,00
43	19	2,51	129192,57	0,01	77,56	2504,00

Tabela 2A Resumo das análises de variância individuais para produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), Grau de liberdade (GL) e valor do teste F para a fonte de variação linhagem, acurácia e médias geral dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso de feijão, conduzidos em Minas Gerais, ciclo 2005/2006

Ambientes	GL	F	QMe	<i>p</i> -valor	Acurácia	Média
1	24	1,63	267098,99	0,07	62,17	2980,00
2	24	3,19	128094,61	0,00	82,86	2360,00
3	24	1,63	252020,75	0,07	62,17	2414,00
4	24	1,60	194367,85	0,08	61,24	2281,00
5	24	8,76	60029,96	0,00	94,12	1260,00
6	24	1,51	160407,53	0,11	58,12	2204,00
7	24	1,95	155471,16	0,02	69,80	2472,00
8	24	3,24	112770,31	0,00	83,15	1768,00
9	24	2,58	89213,68	0,01	78,26	1345,00
10	24	4,99	66677,03	0,00	89,42	2756,00
11	24	2,43	26163,93	0,00	76,71	1776,00
12	24	1,43	128308,19	0,14	54,84	2073,00
13	24	3,65	67878,93	0,00	85,21	2210,00
14	24	1,38	367354,04	0,17	52,47	3059,00
15	24	14,56	40301,50	0,00	96,50	2319,00
16	24	1,00	50680,86	0,48	0,00	1682,00
17	24	4,89	329612,67	0,00	89,19	3303,00
18	24	1,57	244732,06	0,09	60,25	4070,00
19	24	1,24	158971,56	0,26	43,99	2252,00
20	24	2,11	208244,01	0,01	72,53	2343,00
21	24	1,96	119712,01	0,02	69,99	2136,00
22	24	1,08	60263,54	0,40	27,22	1299,00
23	24	2,04	27977,30	0,02	71,40	1598,00
24	24	4,38	114009,74	0,00	87,85	2180,00
25	24	1,64	27354,87	0,07	62,47	1985,00
26	24	4,20	22151,93	0,00	87,29	2569,00
27	24	1,91	42798,44	0,03	69,02	3243,00
28	24	2,68	60457,94	0,00	79,17	3659,00
29	24	2,72	124518,75	0,00	79,52	1857,00
30	24	2,47	38881,93	0,00	77,15	2685,00
31	24	2,08	93099,02	0,02	72,06	2230,00
32	24	2,86	214194,07	0,00	80,64	2502,00
33	24	5,13	68120,43	0,00	89,73	2056,00
34	24	6,08	48289,15	0,00	91,41	1981,00
35	24	1,63	45083,86	0,07	62,17	3319,00
36	24	1,62	37163,07	0,08	61,86	3394,00
37	24	3,00	89586,38	0,00	81,65	2323,00
38	24	12,13	13517,20	0,00	95,79	806,00
39	24	1,91	66410,89	0,03	69,02	1159,00
40	24	3,13	52102,80	0,00	82,49	900,00
41	24	1,77	21782,21	0,05	65,96	1831,00
42	24	5,28	78014,06	0,00	90,03	1669,00

Tabela 3A Resumo das análises de variância individuais para produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), Grau de liberdade (GL) e valor do teste F para a fonte de variação linhagem, acurácia e médias geral dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso de feijão, conduzidos em Minas Gerais, ciclo 2007/2009

Ambientes	GL	F	QMe	<i>p-valor</i>	Acurácia	Média
1	25	2,10	129032,13	0,01	72,37	2392,79
2	25	9,14	68669,96	0,00	94,37	1859,23
3	25	1,18	194106,73	0,30	39,06	1763,78
4	25	6,01	104470,46	0,00	91,30	2605,62
5	25	3,20	276870,61	0,00	82,92	2123,81
6	25	6,40	32252,35	0,00	91,86	1347,18
7	25	1,66	162904,17	0,06	63,05	1981,41
8	25	1,47	135086,28	0,12	56,54	2167,23
9	25	2,21	106960,98	0,01	73,99	1991,51
10	25	2,31	119920,35	0,01	75,31	1804,49
11	25	1,19	113545,19	0,29	39,96	1994,23
12	25	1,52	102405,85	0,10	58,49	2179,99
13	25	1,63	179830,45	0,07	62,17	3404,49
14	25	1,01	215710,58	0,47	9,95	2710,58
15	25	2,44	273190,71	0,00	76,82	2737,50
16	25	1,23	398962,33	0,26	43,24	2885,67
17	25	2,50	262409,38	0,00	77,46	2173,87
18	25	2,28	190630,75	0,01	74,93	1792,00
19	25	1,84	88489,43	0,03	67,57	2438,39
20	25	3,20	81284,29	0,00	82,92	2357,05
21	25	5,13	93840,53	0,00	89,73	2837,03
22	25	3,37	93706,82	0,00	83,86	2877,75
23	25	1,61	213213,73	0,08	61,55	2019,82
24	25	3,41	103775,31	0,00	84,07	1468,33
25	25	2,95	143481,01	0,00	81,30	1932,21
26	25	1,27	110562,42	0,23	46,11	2581,73
27	25	1,58	126014,21	0,08	60,59	3331,39
28	25	3,00	97491,09	0,00	81,65	3446,45
29	25	2,03	141232,01	0,02	71,23	1627,21
30	25	3,73	47206,85	0,00	85,55	2804,52
31	25	2,21	356786,07	0,01	73,99	3849,20
32	25	1,48	188143,27	0,12	56,95	2046,48
33	25	3,46	205043,80	0,00	84,32	2198,76
34	25	0,64	135317,55	0,89	0,00	2035,74
35	25	5,79	92175,60	0,00	90,96	1475,71
36	25	5,16	203931,10	0,00	89,79	2729,05
37	25	1,55	227653,68	0,09	59,57	2457,14
38	25	4,36	93193,14	0,00	87,79	2844,30
39	25	1,95	147985,82	0,02	69,80	2812,82
40	25	1,45	108283,46	0,13	55,71	2428,66
41	25	2,77	130322,12	0,00	79,94	2285,84
42	25	7,55	56175,12	0,00	93,14	1421,63
43	25	1,46	161531,97	0,13	56,13	1664,74

Tabela 4A Resumo das análises de variância individuais para produtividade de grãos (kg.ha⁻¹), Grau de liberdade (GL) e valor do teste F para a fonte de variação linhagem, acurácia e médias geral dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso de feijão, conduzidos em Minas Gerais, ciclo 2010/2012

Ambientes	GL	F	QMe	<i>p</i> -valor	Acurácia	Média
1	24	2,51	170857,99	0,00	77,56	2600,00
3	24	2,73	85751,64	0,00	79,61	2002,00
4	24	1,19	684755,30	0,30	39,96	1986,00
5	24	1,71	291842,36	0,06	64,44	2439,00
6	24	0,68	244120,51	0,85	0,00	2317,00
7	24	1,15	396660,94	0,33	36,12	2750,00
8	24	1,07	271995,92	0,41	25,58	2643,00
9	24	0,82	457132,53	0,70	0,00	3053,00
10	24	1,90	256369,01	0,03	68,82	2465,00
11	24	8,48	112965,45	0,00	93,92	2611,00
12	24	2,25	289242,36	0,01	74,54	2587,00
13	24	1,02	209221,18	0,46	14,00	2797,00
14	24	4,03	69575,69	0,00	86,71	1159,00
15	24	2,27	65769,23	0,01	74,80	1280,00
16	24	1,91	399084,72	0,03	69,02	2473,00
17	24	2,16	97135,16	0,01	73,28	1480,00
18	24	7,30	56538,64	0,00	92,90	1833,00
19	24	7,33	141621,52	0,00	92,93	1748,00
20	24	1,46	203262,50	0,13	56,13	2308,00
21	24	2,28	103127,84	0,01	74,93	3316,00
22	24	11,77	174312,19	0,00	95,66	2866,00
23	24	3,63	86407,09	0,00	85,12	2560,00
24	24	1,86	325734,98	0,03	68,00	2697,00
25	24	4,36	195614,55	0,00	87,79	4183,00
26	24	2,96	316246,59	0,00	81,37	4151,00
27	24	7,69	122418,75	0,00	93,27	2202,00
28	24	2,80	285150,71	0,00	80,18	3236,00
29	24	1,18	124434,80	0,31	39,06	3217,00
30	24	0,80	306682,24	0,72	0,00	2240,00
31	24	1,65	749967,24	0,07	62,76	2949,00
32	24	3,63	110555,21	0,00	85,12	2962,00
33	24	3,54	188542,46	0,00	84,71	2131,00
34	24	1,79	230181,60	0,04	66,43	2410,00
35	24	2,16	101119,71	0,01	73,28	3025,00
36	24	1,35	272958,45	0,19	50,92	3176,00
37	24	1,63	137910,76	0,07	62,17	4036,00
38	24	1,66	268333,65	0,07	63,05	2953,00

Tabela 5A Médias de produtividade de grãos (kg.ha-1) das linhagens dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso, conduzidos em Minas Gerais, no período de 2002 a 2012

2002/2004		2005/2006		2007/2009		2010/2012	
Linhagens	Médias	Linhagens	Médias	Linhagens	Médias	Linhagens	Médias
11	2489,25 a ¹	19	2491,68 a	25	2441,27 a	2	2885,02 a
12	2428,88 a	17	2483,18 a	15	2435,27 a	1	2825,58 a
8	2418,78 a	18	2448,57 a	3	2424,56 a	20	2814,29 a
10	2376,96 a	22	2447,83 a	9	2422,42 a	7	2809,61 a
3	2367,70 a	2	2434,08 a	18	2421,19 a	18	2798,33 a
6	2367,50 a	14	2422,82 a	20	2387,38 a	3	2762,99 a
9	2355,97 a	16	2389,81 a	12	2383,37 a	4	2739,81 a
2	2337,18 a	23	2351,99 b	14	2372,80 a	9	2717,68 a
13	2335,81 a	13	2343,80 b	26	2317,31 a	19	2705,95 a
4	2330,26 a	4	2299,94 b	21	2311,58 a	17	2683,83 a
7	2321,19 a	25*	2282,83 b	16	2306,65 a	15	2667,19 a
15	2303,14 a	6	2271,89 b	23*	2303,81 a	13	2661,11 a
18	2288,89 a	3	2269,21 b	11	2300,00 a	21	2659,76 a
19*	2261,01 b	5	2257,23 b	10	2271,81 b	16	2659,51 a
5	2251,87 b	10	2224,51 c	7	2255,32 b	25*	2654,02 a
20*	2189,57 b	20	2203,51 c	22*	2252,18 b	5	2640,31 a
16	2187,64 b	24*	2185,12 c	19	2251,34 b	6	2609,56 b
1	2167,82 b	7	2181,33 c	8	2234,72 b	11	2581,00 b
14	2093,88 c	1	2144,04 c	13	2228,39 b	10	2550,96 b
17	2069,50 c	8	2129,68 c	17	2215,38 b	24*	2535,15 b
-	-	11	2096,59 c	1	2199,83 b	23	2494,61 b
-	-	12	2046,00 d	6	2193,30 b	22	2492,86 b
-	-	15	2012,11 d	24	2177,02 b	8	2489,68 b
-	-	21	1820,50 e	4	2098,49 c	12	2486,12 b
-	-	9	1051,41 f	2	2092,43 c	14	2391,87 b
-	-	-	-	5	2076,77 c	-	-

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna em cada biênio, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott. *Testemunhas

Tabela 6A Resumo das análises de variância conjunta, por biênio, para produtividade de grãos (kg,ha⁻¹) e contribuição de cada fonte de variação para a variação total (R²) dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso de feijão. Minas Gerais, 2003/2012

FV	2003/2004			2005/2006		
	GL	QM	R2	GL	QM	R2
Ambientes (A)	39	21123660,00	77,03	33	36258597,99	79,04
Linhagens (L)	19	1579416,00	2,81	24	3079117,93	4,88
L x A	741	291107,40	20,17	792	307379,86	16,08
Safras (S)	2	5869673,10	1,10	2	40222599,30	5,31
Anos (N)	1	14580896,70	1,36	1	22383184,80	1,48
Locais (K)	14	27883693,20	36,50	11	36876395,70	26,79
L x S	38	565766,21	2,01	48	426282,30	1,35
L x N	19	355271,84	0,63	24	323821,20	0,51
L x K	266	279359,33	6,95	264	303901,50	5,30
Demais interações	440	1250662,31	51,45	475	1732729,50	59,25
Erro médio	1515	107499,25		1598	139203,63	

FV	2008/2009			2011/2012		
	GL	QM	R2	GL	QM	R2
Ambientes (A)	33	34161154,20	76,65	30	40831001,10	75,81
Linhagens (L)	25	1527796,45	2,60	24	1531604,40	2,27
L x A	825	370010,54	20,76	720	491886,60	21,92
Safras (S)	2	1360074,45	0,18	2	95817550,20	11,86
Anos (N)	1	11285887,80	0,77	1	3464,70	0,00
Locais (K)	9	78408132,30	47,98	9	55224770,10	30,76
L x S	50	521798,40	1,77	48	714181,50	2,12
L x N	25	463589,70	0,79	24	580183,20	0,86
L x K	225	445086,90	6,81	216	609073,50	8,14
Demais interações	546	1123201,92	41,70	450	1660934,24	46,25
Erro médio	1684	164008,80		1488	217653,35	

Tabela 7A Resumo das análises de variância conjunta, por ano dentro de cada biênio, para produtividade de grãos (kg,ha⁻¹) e contribuição de cada fonte de variação para a variação total (R²) dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso de feijão. Minas Gerais, 2003/2012

Biênios	Ano 1				Ano 2		
	FV	GL	QM	R2	GL	QM	R2
2003/2004	Ambientes (A)	16	20640294,90	77,59	22	21750490,20	76,10
	Linhagens (L)	19	919520,40	4,10	19	985759,80	2,98
	L x A	304	256356,00	18,31	418	314801,40	20,93
	Safras (S)	2	1391290,80	0,65	2	18511389,30	5,89
	Locais (K)	9	23815182,21	50,36	12	22516514,37	42,97
	L x S	38	349010,40	3,12	38	470609,79	2,84
	L x K	171	213672,42	8,58	228	324594,87	11,77
	Demais interações	100	1587282,29	37,29	160	1435721,58	36,53
	Erro médio	644	121876,58		871	101171,96	
2005/2006	Ambientes (A)	19	33593853,30	76,04	13	42499004,70	82,62
	Linhagens (L)	24	2259554,10	6,46	24	1143385,20	4,10
	L x A	456	322090,80	17,50	312	284614,80	13,28
	Safras (S)	2	6492822,60	1,55	2	126714417,90	37,90
	Locais (K)	11	46564572,00	61,02	6	29722530,99	26,67
	L x S	48	497743,80	2,85	48	215444,79	1,55
	L x K	264	317121,30	9,97	144	290263,32	6,25
	Demais interações	150	893666,70	24,61	125	1478598,67	27,63
	Erro médio	944	151962,47		654	175912,00	
2008/2009	Ambientes (A)	17	33757849,50	77,40	15	36482478,00	75,68
	Linhagens (L)	25	1067990,70	3,60	25	947843,70	3,28
	L x A	425	331527,30	19,00	375	405756,60	21,04
	Safras (S)	2	18432279,60	4,97	2	35310894,45	9,77
	Locais (K)	8	59122738,50	63,79	7	42337629,03	40,99
	L x S	50	536499,90	3,62	50	200503,56	1,39

Tabela 7A, conclusão

Biênios	Ano 1				Ano 2		
	FV	GL	QM	R2	GL	QM	R2
	L x K	200	334303,20	9,02	175	564297,54	13,66
	Demais interações	182	757968,18	18,6	156	1585445,82	34,20
	Erro médio	840	137770,33		794	179685,75	
	Ambientes (A)	16	52496632,80	81,11	13	28828436,70	65,75
	Linhagens (L)	24	1111233,90	2,58	24	981314,70	4,13
	L x A	384	440061,60	16,32	312	550359,30	30,12
	Safras (S)	2	77704266,90	15,01	2	26972632,65	9,46
2011/2012	Locais (K)	8	62966329,50	48,64	5	44406085,38	38,95
	L x S	48	395936,10	1,84	48	761543,55	6,41
	L x K	192	490632,90	9,10	120	606246,60	12,76
	Demais interações	150	1755025,16	25,42	150	1231693,05	32,41
	Erro médio	816	240407,31		672	259118,07	

Tabela 8A Resumo das análises da interação linhagens x ambientes por meio do método Additive Main Effects and Multiplicative Interaction (AMMI), para produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso de feijão. Minas Gerais, 2002/2012

PCA's	2002/2004			2005/2007		
	% acumulada	G.L.	<i>p</i> -valor	% acumulada	G.L.	<i>p</i> -valor
1	18,00	60	< 0,001	17,60	64	< 0,001
2	32,90	58	< 0,001	31,50	62	< 0,001
3	43,40	56	< 0,001	42,00	60	< 0,001
PCA's	2007/2009			2010/2012		
1	22,70	66	< 0,001	16,90	60	< 0,001
2	35,20	64	< 0,001	31,70	58	< 0,001
3	44,60	62	< 0,001	42,90	56	< 0,001

Tabela 9A Ecovalência (W_i^2) e contribuição relativa (W_r), em porcentagem, de cada ambiente para a interação linhagens x ambientes, de acordo com o método de Wricke (1964), de ensaios de Valor de Cultivo e Uso de feijão para produtividade de grãos ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Minas Gerais, 2002/2012

Amb.	2002/2004		2005/2006		2007/2009		2010/2012	
	W_i^2	W_r	W_i^2	W_r	W_i^2	W_r	W_i^2	W_r
1	912178,94	1,22	1539510,12	1,49	1618156,90	1,37	3511549,32	2,39
2	2593444,31	3,48	1535932,60	1,49	3160645,79	2,68	1310412,12	0,89
3	948870,50	1,27	3307391,82	3,20	3570103,91	3,03	2788344,43	1,90
4	1233170,22	1,65	1638840,21	1,59	3640462,46	3,09	1946015,58	1,33
5	1066051,65	1,43	3506150,46	3,39	2271135,38	1,93	7270638,12	4,95
6	1116526,65	1,50	2905283,08	2,81	2143291,06	1,82	1746949,55	1,19
7	740469,47	0,99	2005637,89	1,94	1119524,18	0,95	2583199,21	1,76
8	1246044,11	1,67	2343114,58	2,27	1726567,80	1,46	7049999,17	4,80
9	1271628,52	1,70	1925472,72	1,86	4829896,37	4,10	4646151,40	3,16
10	1336082,03	1,79	1521397,65	1,47	4921938,99	4,17	2019192,50	1,38
11	2764611,10	3,70	2966313,08	2,87	1240655,32	1,05	4138444,14	2,82
12	2065841,10	2,77	2530870,75	2,45	1893837,59	1,61	5661944,29	3,86
13	1480031,76	1,98	6305452,28	6,10	3484398,92	2,95	1601394,31	1,09
14	2783017,49	3,73	1679288,91	1,62	2547602,06	2,16	5420994,46	3,69
15	1680547,63	2,25	3456421,12	3,34	1986231,70	1,68	6430319,10	4,38
16	1820962,13	2,44	1278231,10	1,24	2033806,85	1,72	2643840,96	1,80
17	1950070,65	2,61	10143107,18	9,81	2924097,74	2,48	1865875,35	1,27
18	2519037,31	3,38	2510314,33	2,43	2153345,60	1,83	13011593,16	8,86
19	2300391,42	3,08	836202,05	0,81	1371583,95	1,16	2783249,94	1,90
20	2841118,64	3,81	1341516,31	1,30	7073328,34	6,00	5033295,76	3,43
21	1537824,62	2,06	3525033,39	3,41	2894850,53	2,45	6406514,70	4,36
22	855470,42	1,15	2876835,42	2,78	1702873,80	1,44	6264012,95	4,27
23	1702789,34	2,28	1777160,61	1,72	3901200,05	3,31	4684576,22	3,19
24	7755823,36	10,39	1230975,66	1,19	1761004,41	1,49	1487899,16	1,01

Tabela 9A, conclusão

Amb.	2002/2004		2005/2006		2007/2009		2010/2012	
	W_i^2	W_r	W_i^2	W_r	W_i^2	W_r	W_i^2	W_r
25	1671794,98	2,24	1493431,65	1,44	942964,43	0,80	1159659,53	0,79
26	977785,45	1,31	917863,83	0,89	1346982,86	1,14	2138833,05	1,46
27	2224984,04	2,98	3111295,37	3,01	2162515,36	1,83	3451863,63	2,35
28	461687,26	0,62	1821053,44	1,76	4718698,19	4,00	7008239,24	4,77
29	2113743,38	2,83	4286137,25	4,15	4369908,38	3,71	2815797,44	1,92
30	1712951,95	2,30	2012301,25	1,95	2071311,89	1,76	2357752,51	1,61
31	2458165,81	3,29	1112970,27	1,08	1130533,21	0,96	9865044,49	6,72
32	685755,95	0,92	3529927,20	3,42	2326017,54	1,97	2504012,03	1,71
33	1334085,82	1,79	2926056,32	2,83	3437233,59	2,91	2471617,75	1,68
34	384484,48	0,52	4031832,80	3,90	4609072,49	3,91	1810832,05	1,23
35	1423306,48	1,91	1429428,98	1,38	791323,29	0,67	1272117,83	0,87
36	2683208,52	3,60	1219089,46	1,18	3333175,41	2,83	2561550,74	1,74
37	800946,71	1,07	1465845,13	1,42	4841658,23	4,11	1332837,54	0,91
38	1974391,82	2,65	1706041,19	1,65	1652445,60	1,40	3753349,77	2,56
39	1919673,50	2,57	2823056,92	2,73	5937488,84	5,03	-	-
40	1209207,85	1,62	973485,83	0,94	1739173,96	1,47	-	-
41	1996501,91	2,68	1591581,96	1,54	2697078,86	2,29	-	-
42	1254344,62	1,68	2223294,74	2,15	2262592,53	1,92	-	-
43	827587,63	1,11	-	-	1587185,54	1,35	-	-
Total	74636611,51	100,00	103361146,91	100,00	117927899,91	100,00	146809913,50	100,00

Tabela 10A Porcentagem de coincidência na identificação da melhor linhagem (A) ou uma das três melhores linhagens de feijoeiro (B) na análise conjunta de todos os experimentos e na simulação efetuada considerando números diferentes de experimentos. Simulação realizada a partir dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso de 2002/2004, 2005/2006, 2007/2009, 2010/2012

Ambientes	2002/2004		2005/2007		2007/2009		2011/2012		Média	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
2	12,40	29,24	8,13	35,54	10,96	33,22	12,94	25,32	11,11	30,83
3	17,90	38,20	10,20	39,80	10,60	35,80	15,70	30,70	13,60	36,13
4	21,00	41,40	12,90	48,30	11,70	35,30	19,20	38,50	16,20	40,88
5	26,30	49,00	11,70	47,80	12,50	39,10	20,90	40,60	17,85	44,13
6	26,40	50,80	13,50	50,00	14,20	44,20	23,60	45,40	19,43	47,60
7	32,20	54,80	15,90	54,20	15,00	44,60	25,40	47,60	22,13	50,30
8	33,60	57,80	15,40	57,00	15,00	46,80	26,60	51,70	22,65	53,33
9	37,80	63,70	15,90	56,20	14,50	46,50	31,40	55,00	24,90	55,35
10	43,70	68,90	17,90	58,90	15,60	49,10	36,20	60,80	28,35	59,43
11	45,10	68,60	19,10	61,80	16,10	50,30	34,50	61,80	28,70	60,63
12	49,90	74,70	21,60	65,00	16,00	50,60	35,70	61,70	30,80	63,00
13	52,20	78,70	22,20	67,30	15,60	49,10	39,50	66,30	32,38	65,35
14	56,90	79,40	23,60	67,50	17,50	51,00	39,70	66,20	34,43	66,03
15	57,30	79,90	23,80	70,60	19,50	55,20	44,90	69,60	36,38	68,83
16	61,00	84,30	26,70	69,40	17,60	52,00	46,20	71,60	37,88	69,33
17	66,20	86,50	29,60	72,30	17,20	55,30	47,70	74,10	40,18	72,05
18	68,70	87,10	31,90	74,70	19,10	54,50	53,80	74,60	43,38	72,73
19	68,50	90,00	31,30	76,20	22,10	58,40	55,40	78,00	44,33	75,65
20	72,80	91,80	30,40	79,10	22,40	58,50	56,10	79,60	45,43	77,25
21	78,20	94,20	34,20	78,20	21,50	56,90	60,00	81,60	48,48	77,73
22	78,30	94,50	34,00	79,90	22,00	60,80	59,60	80,10	48,48	78,83
23	80,00	96,00	36,80	79,20	20,50	58,10	67,00	85,10	51,08	79,60
24	79,80	96,70	38,30	80,70	20,90	59,10	66,10	84,90	51,28	80,35
25	84,60	97,70	38,90	85,50	25,20	61,30	69,70	86,90	54,60	82,85

Tabela 10A, conclusão

Ambientes	2002/2004		2005/2007		2007/2009		2011/2012		Média	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
26	85,30	97,70	42,40	86,90	20,60	60,80	74,10	90,40	55,60	83,95
27	87,50	98,20	42,80	87,00	23,20	60,80	79,60	91,70	58,28	84,43
28	90,00	99,30	43,40	90,10	22,20	62,30	81,10	92,00	59,18	85,93
29	91,50	99,20	46,20	90,70	24,40	63,40	83,10	93,50	61,30	86,70
30	93,00	99,70	44,70	90,90	28,10	64,90	87,30	94,80	63,28	87,58
31	95,00	99,80	50,90	93,40	29,70	64,50	89,60	96,20	66,30	88,48
32	96,30	99,90	49,40	93,90	30,50	67,20	93,70	97,40	67,48	89,60
33	96,00	100,00	53,60	95,70	30,00	66,80	97,80	99,80	69,35	90,58
34	97,00	100,00	53,70	96,90	29,20	68,70	98,40	99,10	69,58	91,18
35	98,30	100,00	59,10	97,90	33,00	68,70	99,30	99,80	72,43	91,60
36	98,90	100,00	60,20	98,50	31,60	68,60	100,00	100,00	72,68	91,78
37	99,50	100,00	60,60	98,90	34,60	72,70	100,00	100,00	73,68	92,90
38	99,80	100,00	65,00	99,70	38,70	74,50	100,00	100,00	75,88	93,55
39	100,00	100,00	68,00	99,90	39,80	76,60	-	-	69,27	92,17
40	100,00	100,00	73,64	100,00	45,60	80,30	-	-	73,08	93,43
41	100,00	100,00	83,33	100,00	52,71	100,00	-	-	78,68	100,00
42	100,00	100,00	100,00	100,00	60,47	100,00	-	-	86,82	100,00
43	100,00	100,00	-	-	100,00	100,00	-	-	100,00	100,00

Tabela 11A Resumo das análises de variância conjunta, por ano dentro de cada biênio, para produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), considerando os ambientes que se repetiam nos dois anos de avaliação dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso de feijão. Minas Gerais, 2003/2012

Biênios	Ano 1				Ano 2		
	FV	GL	QM	<i>p</i>	GL	QM	<i>p</i>
2003/2004	Ambientes	5	10018273,87	0,00	5	5534878,87	0,00
	Linhagens	19	160544,16	0,00	19	270024,38	0,00
	LxA	95	70834,92	0,00	95	80496,65	0,00
	Erro médio	228	94829,53		228	85092,41	
2005/2006	Ambientes	6	21636519,80	0,00	6	8276909,48	0,00
	Linhagens	24	489711,70	0,00	24	142753,77	0,00
	LxA	144	140818,00	0,00	144	113487,66	0,00
	Erro médio	336	165363,74		336	186747,91	
2008/2009	Ambientes	11	6613946,86	0,00	11	8617534,65	0,00
	Linhagens	25	342356,67	0,00	25	161558,51	0,00
	LxA	275	133160,00	0,00	275	97801,48	0,00
	Erro médio	596	176832,00		594	156908,37	
2011/2012	Ambientes	12	18199834,70	0,00	12	10215235,20	0,00
	Linhagens	24	157989,00	0,00	24	349517,30	0,00
	LxA	288	121477,30	0,00	288	163394,00	0,00
	Erro médio	624	221751,09		624	232868,56	

Tabela 12A Médias anuais da produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), ecovalência relativa (W_r), coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de regressão (B_{i_i}), considerando os ambientes que se repetiam nos dois anos de avaliação dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso de feijão. Minas Gerais, 2003/2004

Linhagens	Biênio 2003/2004							
	Produtividade		W_r		R^2		B_{i_i}	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
1	2072,78	2129,98	1,95	10,74	97,38	44,53	0,81	0,58
2	2012,16	2176,79	8,00	1,60	81,58	95,94	0,97	1,17
3	1987,44	2180,02	2,82	1,54	93,18	96,19	0,85	1,18
4	2099,36	2111,32	2,78	2,67	97,32	95,38	1,19	1,26
5	1936,21	2088,97	6,34	13,42	83,00	55,07	0,82	0,95
6	2091,52	2160,25	4,93	4,14	89,00	96,82	1,03	1,41
7	2134,8	2023,65	2,43	8,12	97,80	83,44	1,18	1,32
8	2291,11	2097,07	4,30	4,83	88,84	81,55	0,95	1,07
9	2297,71	2309,74	2,94	9,50	93,89	50,96	1,07	0,38
10	2300,02	2351,22	6,65	2,78	93,69	89,36	1,27	1,10
11	2401,36	2453,76	2,68	3,14	95,43	85,09	1,11	0,99
12	2340,85	2357,21	8,20	4,05	82,42	81,10	1,02	0,98
13	2112,02	2749,09	7,99	11,32	86,52	63,92	1,13	1,05
14	1899,14	1811,53	3,97	3,49	92,04	87,90	0,76	1,13
15	2191,71	1982,64	9,38	2,29	80,58	88,60	1,02	0,78
16	2151,93	1896,29	2,73	0,77	97,46	97,27	1,19	1,10
17	1900,35	1917,18	3,04	6,04	95,82	68,71	0,76	0,57
18	2232,74	2112,14	8,22	4,83	87,09	77,58	1,15	0,96
19	2232,74	2124,23	5,81	2,14	85,69	95,13	0,75	1,21
20	1815,84	2071,65	4,84	2,59	87,81	85,91	0,96	0,82

Tabela 13A Médias anuais da produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), ecovalência relativa (W_r), coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de regressão (B_{li}), considerando os ambientes que se repetiam nos dois anos de avaliação dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso de feijão. Minas Gerais, 2005/2006

Linhasgens	Biênio 2005/2006							
	Produtividade		W_r		R^2		B_{li}	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
1	2315,18	2510,16	6,85	5,30	77,63	57,30	0,59	0,64
2	2733,12	2610,34	2,09	6,52	93,79	79,26	1,07	1,30
3	2810,84	2312,57	1,01	2,79	96,74	85,13	1,05	1,11
4	2484,44	2475,20	1,51	6,21	94,77	49,20	1,03	0,45
5	2612,86	2314,73	3,18	4,67	92,34	61,90	1,13	0,66
6	2465,15	2479,94	4,17	8,02	84,00	88,46	0,89	1,58
7	2553,45	2372,28	3,45	3,30	89,12	87,33	1,04	1,23
8	2373,46	2352,17	3,44	4,72	87,38	84,10	0,96	1,28
9	2346,79	2238,39	3,13	5,83	91,65	63,42	1,11	0,90
10	2291,41	2367,16	7,94	1,59	71,93	87,17	0,87	0,82
11	2248,02	2286,36	2,89	5,26	89,58	73,76	0,81	1,09
12	1879,82	2288,16	8,21	5,41	69,47	66,44	0,80	0,93
13	2347,51	2468,35	3,58	5,68	87,16	77,75	0,97	1,21
14	2647,09	2472,00	3,16	2,13	89,35	84,84	1,02	0,71
15	2341,57	2309,66	1,98	1,22	93,04	90,00	1,01	0,89
16	2784,27	2731,59	3,99	5,43	85,24	79,11	0,94	1,22
17	2869,76	2477,75	8,90	2,82	78,46	76,88	1,11	0,75
18	2764,91	2713,35	6,12	5,82	83,80	87,26	1,09	1,43
19	2936,48	2640,42	1,61	1,13	96,06	91,15	1,11	0,97
20	2447,57	2414,45	3,45	7,72	90,04	70,96	1,08	1,20
21	1951,36	2199,16	6,09	3,08	81,46	78,96	1,02	0,97
22	2748,41	2570,82	3,03	1,07	91,17	91,56	1,08	0,97
23	2666,89	2493,14	4,97	0,80	94,16	94,55	1,30	0,84
24	2489,93	2313,16	3,58	0,96	89,93	92,12	1,09	0,94
25	2435,26	2478,35	1,68	2,52	94,44	79,86	0,85	0,87

Tabela 14A Médias anuais da produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), ecovalência relativa (W_r), coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de regressão (B_{li}), considerando os ambientes que se repetiam nos dois anos de avaliação dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso de feijão. Minas Gerais, 2008/2009

Linhasgens	Biênio 2008/2009							
	Produtividade		W_r		R^2		B_{li}	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
1	2103,50	2292,63	1,39	1,22	83,39	91,56	0,95	0,99
2	1897,80	2135,04	2,24	3,53	87,67	93,11	1,26	1,35
3	2276,27	2382,91	6,31	2,21	76,46	92,61	1,44	1,21
4	2037,16	2169,11	5,64	1,68	40,74	88,42	0,65	0,80
5	2015,80	2126,38	5,93	3,25	41,51	79,82	0,70	0,97
6	2308,77	2114,01	6,39	4,44	43,62	77,51	0,78	1,06
7	2357,45	2184,31	6,24	8,68	59,60	48,84	1,09	0,74
8	2377,96	2293,05	3,06	10,62	87,26	43,85	1,36	0,75
9	2647,97	2487,37	2,82	5,68	78,35	64,36	1,13	0,84
10	2290,65	2291,07	3,47	1,89	69,90	89,46	1,03	1,07
11	2428,62	2225,57	4,28	1,51	58,45	94,09	0,87	1,16
12	2370,36	2459,81	2,42	2,73	72,08	80,26	0,89	0,86
13	2356,48	2144,21	4,62	2,53	52,21	86,98	0,78	1,09
14	2450,92	2246,59	2,85	4,15	75,85	69,91	1,07	0,76
15	2508,10	2350,21	5,07	6,09	67,39	63,50	1,15	0,87
16	2469,58	2358,33	2,87	3,61	64,33	79,51	0,75	1,02
17	2221,19	2347,45	1,43	2,81	87,93	80,86	1,12	0,92
18	2496,75	2422,66	3,02	5,85	74,86	67,69	1,08	0,95
19	2385,19	2214,52	3,47	7,45	79,06	65,17	1,23	1,01
20	2345,99	2489,28	3,79	4,75	67,49	87,01	1,01	1,31
21	2434,14	2256,21	6,13	3,25	47,66	76,05	0,84	0,74
22	2177,60	2219,16	4,71	3,79	47,65	79,56	0,69	1,04
23	2345,51	2295,67	1,04	0,91	87,34	94,77	0,97	1,07
24	2178,15	2298,33	3,56	1,27	63,05	91,28	0,88	0,99
25	2411,53	2497,83	2,42	3,36	86,09	85,14	1,25	1,14
26	2279,94	2329,61	4,83	2,73	62,86	93,16	1,03	1,28

Tabela 15A Médias anuais da produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), ecovalência relativa (W_r), coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de regressão (B_{ii}), considerando os ambientes que se repetiam nos dois anos de avaliação dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso de feijão. Minas Gerais, 2011/2012

Linhagens	Biênio 2011/2012							
	Produtividade		W_r		R^2		B_{ii}	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
1	2618,78	2929,76	2,64	5,81	89,64	79,56	0,94	1,33
2	2611,76	2968,71	4,71	2,08	83,11	83,69	0,96	1,01
3	2607,21	2861,24	2,87	2,93	89,08	87,64	0,82	1,25
4	2601,37	2775,82	4,08	3,07	83,79	78,00	0,87	1,02
5	2513,56	2734,33	1,30	3,05	95,03	77,71	0,90	1,01
6	2453,36	2638,49	3,12	2,66	89,11	84,00	1,01	1,12
7	2662,55	2857,52	4,59	2,32	84,07	78,88	0,98	0,89
8	2542,47	2429,53	1,87	6,20	94,12	83,96	1,06	1,44
9	2619,12	2686,44	4,12	3,24	83,56	81,56	0,81	1,14
10	2277,25	2875,49	3,62	7,19	86,32	46,92	0,95	0,74
11	2416,09	2703,41	6,36	1,70	89,71	88,27	1,27	1,08
12	2545,25	2579,30	5,54	2,57	81,66	77,63	0,99	0,91
13	2670,80	2701,77	1,81	1,98	93,81	81,06	1,04	0,83
14	2279,66	2446,00	6,20	4,84	87,48	63,69	1,20	0,89
15	2547,44	2432,20	4,52	10,98	92,96	43,61	1,25	0,90
16	2540,66	2666,33	4,07	2,51	90,79	77,37	1,16	0,67
17	2487,21	2672,69	3,61	2,91	88,69	75,94	1,05	0,93
18	2679,53	2936,95	3,86	3,55	88,85	78,43	1,08	1,10
19	2591,28	2642,43	3,55	4,85	88,91	55,31	1,06	0,45
20	2604,14	2887,63	2,38	3,92	90,53	73,06	0,88	1,01
21	2574,18	2437,78	5,45	9,68	79,71	65,44	0,91	1,27
22	2444,08	2637,09	6,84	2,41	72,62	77,36	0,71	0,71
23	2386,60	2515,93	10,01	3,25	81,76	91,04	1,24	1,36
24	2427,55	2597,33	0,65	4,10	97,86	70,51	0,91	0,97
25	2508,54	3830,39	2,26	2,23	91,02	81,42	0,93	0,96

Tabela 16A Resumo das análises de variância e estimativas da repetibilidade para a produtividade de grãos, estimativas da ecovalência relativa (Wr), coeficiente de determinação (R²) e coeficiente de regressão (B_{li}), por biênio. Dados obtidos nos ensaios de Valor de Cultivo e Uso de feijão em Minas Gerais no período de 2003 a 2012

Biênio	Estimativas	Produtividade		Wr		R ²		B _{li}	
		Ano	Linhagens	Ano	Linhagens	Ano	Linhagens	Ano	Linhagens
2003/2004	GL	1	19	1	19	1	19	1	19
	QM	9088,42	52086,78	0,00	9,08	865,74	140,38	0,00	0,06
	F	0,46	2,65	0,00	0,90	5,61	0,91	0,00	1,55
	p	0,51	0,02	1,00	0,59	0,02	0,58	1,00	0,18
	r _{yy'} ²		0,62		0,00		0,00		0,36
2005/2006	GL	1	24	1	24	1	24	1	24
	QM	54839,4	70556,46	0,00	4,97	917,98	109,62	0,00	0,05
	F	2,77	3,56	0,00	1,04	10,93	1,31	0,00	1,04
	p	0,11	0,00	1,00	0,46	0,00	0,26	1,00	0,46
	r _{yy'} ²		0,72		0,04		0,23		0,02
2008/2009	GL	1	25	1	25	1	25	1	25
	QM	5650,56	31420,78	0,00	4,67	1750,21	196,08	0,00	0,04
	F	0,54	2,98	0,00	1,29	7,66	0,86	0,00	1,29
	p	0,47	0,00	1,00	0,26	0,01	0,65	1,00	0,26
	r _{yy'} ²		0,66		0,23		0,00		0,23
2011/2012	GL	1	24	1	24	1	24	1	24
	QM	547920	51762,89	0,00	4,77	1948,5	80,78	0,00	0,04
	F	13,89	1,31	0,00	0,97	20,91	0,87	0,00	0,97
	p	0,00	0,26	1,00	0,53	0,00	0,64	1,00	0,53
	r _{yy'} ²		0,23		0,00		0,00		-0,03

Rotina 1. Rotina utilizada para a realização das simulações análises de variância conjunta considerando diferentes números de ambientes, utilizando o programa R

```
## SIMULACAO NO. DE REPETICOES
## Codigo: Algoritmo simulacao / bootstrap do numero de repeticoes
##      implementacao em paralelo ('multicore')
## Contem: 'chunk' para passar argumentos pelo BACTH, amostrador e
##      implementacao em paralelo entre cenarios
#####
#####
## CHUNK -- ATRIBUICAO DOS PARAMETROS PELO TERMINAL
args <- commandArgs(TRUE) # 'recolhe' os argumentos passados no bash
## os argumentos agora sao uma lista de vetores de caracteres
if(length(args) == 0)
  { # testa se sao passados argumentos pelo SHELL
    print("Nao foram passados ARGUMENTOS") # imprime 'AVISO' e usa
valores 'PADRAO'
    ## lista de valores 'PADRAO'
    exp <- 'vcu4'
    nsmc <- 1000 # numero de simulacoes
    var <- 'kggha' # variavel testada
  } else { # se sao: atribui os valores ao script
for(i in 1:length(args))
  {
    eval(parse(text = args[[i]]))
  }
}
##-----
```

```

require(multicore) # biblioteca com implemetacao em paralelo
## rm(list = ls()); ls() # apaga TUDO
## carrega a planilha 'UTIL' -- todas variaveis
plan <- transform(read.table(paste(exp, '.txt', sep = ''),
                             header = TRUE,
                             na.string = '.',
                             dec = ','),
                  sep = '\t'),
                ambientes = factor(ambientes),
                tratamentos = factor(tratamentos))
str(plan) # estrutura da planilha
# analisa conjunta completa
anova <- aov(terms(eval(as.name(var)) ~ ambientes + tratamentos, keep =
TRUE),
            contrasts = list(ambientes = contr.sum, tratamentos = contr.sum),
            data = plan)
anova(anova)
X <- anova$contrast$Strat
mds <- c(X %*% coef(anova)[anova$assign == 2] + coef(anova)[1])
data.frame(trat = order(mds, decreasing = TRUE), media = mds[order(mds,
decreasing = TRUE)])
## FUNCAO 'amostra.func' -- retira 'tamanho' plantas por parcela
amostra.func <- function( nambientes ) # argumentos
{
  ## argumentos: locais -> numero de locais amostrados
  ##      dados -> conjunto de dados 'planilha'
  amostra <- sample(levels(plan$ambientes), nambientes, replace = FALSE)
  sub.ambientes <- plan[which(plan$ambientes %in% amostra),]

```

```

return( sub.ambientes ) # retorno da funcao
}
## amostra.func( 10 ) ## teste de funcao: amostra.func... OK!
## FUNCAO 'simula.conjunta' -- realiza um nsmc para um dado cenario ('x')
simula.conjunta <- function( x ) # argumentos
{ ## argumentos: x -> idem a slocais
  ##      y -> idem a srep
  amostra.i <- amostra.func( x ) # planilha 'amostrada'
  ## ANOVA
  anova.i <- aov(terms(eval(as.name(var)) ~ ambientes + tratamentos, keep =
TRUE),
                data = amostra.i,
                contrasts = list(ambientes = contr.sum, tratamentos = contr.sum))
  ## medias ajustadas
  X <- anova.i$contrast$strat # matriz do delineamento
  mds <- c(X %*% coef(anova.i)[anova.i$assign == 2] + coef(anova.i)[1]) #
medias ajustadas
  ## parametros coletados
  QMt <- anova(anova.i)[2, 3]
  QMi <- anova(anova.i)[3, 3]
  return(c(QMt, QMi, order(mds, decreasing = TRUE)[1:4])) # retorno da
funcao
}
## simula.conjunta( 10 ) ## teste de funcao: simula.conjunta... OK!
## FUNCAO 'simula.cenario' -- realiza nsmc simulacoes de um dado cenario
('x', 'y')
## organizar a matriz com 'x' e 'y' ... (VER)
simula.cenario <- function( na ) t(replicate(nsmc, simula.conjunta( na )))

```

```

tempo <- system.time(
## simulacao -- MULTICORE
simulacao <- mclapply(2:nlevels(plan$ambientes), # numero de nsmc
  simula.cenario, # aplica a funcao -- faz a simulacao
  mc.preschedule = FALSE, # 'expande' processos possiveis
  mc.set.seed = TRUE, # uma semente para cada processo
  mc.cores = getOption('cores')) # processadores forem possiveis
)
Id <- rep(1:nsmc, times = length(2:nlevels(plan$ambientes)))
no.ambientes <- rep(2:nlevels(plan$ambientes), each = nsmc)
saida <- data.frame(cbind(no.ambientes, Id, do.call(rbind, simulacao)))
colnames(saida) <- c('no.ambientes', 'Id', 'QMt', 'QMi', 't1', 't2', 't3', 't4')
## DEVICE -- saida em arquivo texto
write.table(x = saida,
  file = paste(exp, '-saida.txt', sep = ""),
  sep = '\t',
  quote = FALSE,
  dec = ',',
  row.names = FALSE,
  na = 'NA',
  col.names = TRUE)
#####
## Fazer o numero exato de combinacoes
rm(list = ls()); ls()
exp <- 'vcu4'
## carrega a planilha 'UTIL' -- todas variaveis
plan <- transform(read.table(paste(exp, '.txt', sep = ""),
  header = TRUE,

```

```

        na.string = '.',
        dec = ',',
sep = '\t'),
ambientes = factor(ambientes),
        tratamientos = factor(tratamientos))
str(plan) # estrutura da planilha
## funcao: extrai subdivisoões da planilha das combinações de ambientes 2 a 2
subs <- function(dados, p)
{
  combs <- combn(levels(dados$ambientes), p)
  extrai <- function(x) subset(dados, dados$ambientes %in% x)
  subplans <- apply(combs, 2, extrai) ## aplicou nas colunas(1 = linha, 2 = col)
da matrís combinacao a funcao extrai
names(subplans) <- apply(combs, 2, paste, collapse = '_')
return(subplans)
}
## aplicacao da funcao
plan2a2 <- subs(dados = plan, p = 2) # dois a dois
plan41a41 <- subs(dados = plan, p = 41)
plan42a42 <- subs(dados = plan, p = 42)
conjuntas <- function( x ) # argumentos
{
  anova <- aov(terms(kgha ~ ambientes + tratamientos, keep = TRUE),
        data = x,
        contrasts = list(ambientes = contr.sum, tratamientos = contr.sum))
  X <- anova$contrast$strat; aux <- anova$assign
  mds <- c(X %*% coef(anova)[aux == 2] + coef(anova)[1])

```

```

tab <- data.frame(tratamentos = rownames(X), media = mds)[order(mds,
decreasing = TRUE), ]
  QMt <- anova(anova)[2, 3]
  QMi <- anova(anova)[3, 3]
  return(c(QMt, QMi, order(mds, decreasing = TRUE)[1:4])) # retorno da
funcao
}
anovas2a2 <- data.frame(t(sapply(plan2a2, conjuntas)))
names(anovas2a2) <- c('QMt', 'QMi', '1o', '2o', '3o', '4o')
anovas41a41 <- data.frame(t(sapply(plan41a41, conjuntas)))
names(anovas41a41) <- c('QMt', 'QMi', '1o', '2o', '3o', '4o')
anovas42a42 <- data.frame(t(sapply(plan42a42, conjuntas)))
names(anovas42a42) <- c('QMt', 'QMi', '1o', '2o', '3o', '4o')
saida <- rbind(anovas2a2, anovas41a41, anovas42a42)
## DEVICE -- saida em arquivo texto
write.table(x = saida,
file = paste('todas', exp, '-saida.txt', sep = ''),
  sep = '\t',
quote = FALSE,
  dec = ',',
  row.names = TRUE,
na = 'NA',
  col.names = TRUE)
## \EOF

```