



RICARDO AUGUSTO DINIZ CABRAL FERREIRA

**IMPLICAÇÕES DO NÚMERO DE ANOS NA
RECOMENDAÇÃO DE CULTIVARES DE
FEIJOEIRO**

LAVRAS – MG

2014

RICARDO AUGUSTO DINIZ CABRAL FERREIRA

**IMPLICAÇÕES DO NÚMERO DE ANOS NA RECOMENDAÇÃO DE
CULTIVARES DE FEIJOEIRO**

Dissertação 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 Mestre.

Orientador

Dr. Magno Antônio Patto Ramalho

Coorientadores

Dr. Ângela de Fátima Barbosa Abreu

Me. Fernando Henrique Barrozo Ribeiro Toledo

LAVRAS - MG

2014

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

Ferreira, Ricardo Augusto Diniz Cabral.

Implicações do número de anos na recomendação de cultivares
de feijoeiro / Ricardo Augusto Diniz Cabral Ferreira. – Lavras :
UFLA, 2014.

66p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Magno Antônio Patto Ramalho.

Bibliografia.

1. Feijão. 2. Genética quantitativa. 3. Interação genótipo-
ambiente. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.6523

RICARDO AUGUSTO DINIZ CABRAL FERREIRA

**IMPLICAÇÕES DO NÚMERO DE ANOS NA RECOMENDAÇÃO DE
CULTIVARES DE FEIJOEIRO**

Dissertação 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 Mestre.

APROVADA em 19 de Fevereiro de 2014.

Dr. Paulo César Lima UFLA

Dr. Cosme Damião Cruz Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Dr. José Airton Rodrigues Nunes UFLA

Dr. Magno Antônio Patto Ramalho
Orientador

LAVRAS – MG

2014

À glória de Deus e progresso do Homem;

**Aos meus pais, José Ricardo e Mardele e meus avós, Augusto e Elizabeth,
pelo amor, dedicação, apoio e paciência;**

Aos meus professores pela paciência e exemplo;

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, mentor de luz e sabedoria, por tudo, principalmente por ter me dado força para não desistir.

Aos meus queridos pais, José Ricardo e Mardele que estiveram sempre ao meu lado apesar da distância. Grande parte dessa colheita não foi plantada por mim, mas sim por vocês, nunca faltou nada na minha vida.

Aos meus avós que por muitas vezes foram também pais.

Às minhas tias, em especial a minha madrinha (Tia Marli) por todo apoio e confiança e à minha família pela compreensão de minha ausência e pelo incentivo. Ao meu primo Pedro, pela amizade e apoio em momentos difíceis na minha vida.

À minha namorada, Suellen, pelo companheirismo e amor que permitiu que tudo ficasse mais fácil.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) pela oportunidade de realizar o curso de Agronomia e ao Departamento de Biologia (DBI) pelo desenvolvimento deste projeto.

Ao meu orientador, amigo e professor Magno Patto Ramalho pela amizade, confiança e ensinamentos transmitidos no decorrer do curso de graduação e mestrado. Seus ensinamentos foram além do campo acadêmico e sempre serei grato por isso.

Aos meus coorientadores Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu e Fernando Toledo. À dona Ângela eu agradeço pelos ensinamentos e pela paciência e pelo exemplo de humildade. Ao Fernando Toledo eu agradeço pelo apoio, disponibilidade, ensinamentos e também pela prazerosa amizade.

Aos professores João Candido, Daniel Furtado Ferreira, César Brasil, José Airton e demais professores do programa de genética e melhoramento de plantas eu agradeço pelo apoio, ensinamentos e pelo exemplo.

A Capes pela bolsa de mestrado e apoio financeiro.

Aos amigos e mestres Guilherme Abreu, Paulo Edu, José Ângelo, José Luiz, Osnil e Juarez Machado. Ao Juarez, um irmão, eu agradeço pela disponibilidade, confiança e conselhos que me ajudaram a vencer esse desafio e outros na minha vida.

À Equipe do Melhoramento, Kaio, Zé Maria, Braulio, Gustavo (Vava), Vinícius, Ricardo Pinto (Chico Moita), Indalecio, Dayane (Kegim).

Aos funcionários de campo Léo, Lindolfo e Zé Carlim.

Aos amigos de república Samuel (Prosa) e André (Jacaré) pelos bons momentos vividos.

RESUMO

Na cultura do feijoeiro no Brasil, uma das exigências dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) é que esses experimentos devem ser conduzidos durante dois anos em três locais por região. No entanto, as informações a respeito do número de anos necessários para ter segurança na recomendação de uma cultivar e da influência desse número na estimação da interação linhagens x anos (L x A) são escassas na literatura. Utilizando a produtividade de grãos de um grupo de cinco linhagens testemunhas, avaliadas durante onze anos em três épocas de semeadura por ano, foi realizado o presente trabalho com o objetivo de inferir sobre a contribuição relativa da interação L x A frente a outras fontes de variação; as implicações do número de anos na estimação da interação L x A e verificar qual o número de anos necessários para se ter segurança na recomendação da cultivar por meio do VCU. Foram realizadas análises de variância conjunta envolvendo todos os ambientes e também envolvendo todas as combinações dos anos dois a dois, três a três até dez a dez. Os resultados dessas análises mostraram que a magnitude da interação L x A foi superior a todas as outras interações quando envolveram linhagens. Também foi possível evidenciar que a utilização de pelo menos dois anos possibilita boa coincidência na recomendação de novas cultivares. Contudo, especialmente quando não é possível conduzir três safras anualmente, o emprego de mais anos é uma boa estratégia.

Palavras-chave: Genética quantitativa. Interação dos genótipos x ambiente. Melhoramento de plantas.

ABSTRACT

In the common bean crop one of the requirements for testing the Value for Cultivation and Use (VCU) is that these experiments should be conducted for two years in three locations by region . However, information regarding the number of years required to have security on the recommendation of a cultivar and the influence on the estimation of the interaction lines x years (L x Y) is not frequently in the literature . Using the grain yield of a group of five lines evaluated in three locations, three sowing season per year and repeated for eleven years was possible to infer the contribution interaction L x Y compared to other factors, the implications of the number of years in the estimation of the interaction L x Y and see what the number of years required to have security on the recommendation of farming using VCU. Analyzes of variance involving all environments and simulations involving combinations of years two by two three by three until ten by ten were performed to verify the effect of the number of years in the estimation of the contribution to the interaction L x Y and also the recommendation cultivars. The results of these analyzes showed that the magnitude of the interaction L x Y was superior to all other interactions involving lines. Also we found that the use of at least two years enables good coincidence on the recommendation of new cultivars .However , especially when it is not possible to conduct three harvests annually , employing more years is a good strategy .

Keywords: Quantitative genetics. Genotype x environment interaction. Plant Breeding.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Evolução da produção, área semeada e produtividade de feijão em Minas Gerais	15
Figura 2	Comportamento da produção (Mil toneladas) de feijão nas três safras anuais em Minas Gerais entre os anos de 1977 a 2013	16
Figura 3	Temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C) e precipitação (mm) ao longo do ano obtidas a partir de uma serie de dados de 30 anos.....	24
Figura 4	Amplitude de variação das estimativas do coeficiente de determinação (R^2) para a interação L x A. Estimativas obtidas nas diferentes combinações de número de anos nas análises de variância por safra e conjunta	36
Figura 5	Amplitude de variação das estimativas do coeficiente de determinação (R^2) para a interação L x A. Estimativas obtidas nas diferentes combinações de número de anos nas análises de variância por safra e conjunta	37
Figura 6	Amplitude de variação das estimativas do coeficiente de determinação (R^2) para a interação L x A. Estimativas obtidas nas diferentes combinações de número de anos nas análises de variância por safra e conjunta	38
Figura 7	Porcentagem de casos que a linhagem Pérola ou Ouro Negro ocorreram nas duas primeiras posições. Estimativas obtidas nas diferentes combinações de número de anos, considerando as safras isoladamente ou em conjunto	41

Figura 8	Porcentagem de casos que a linhagem Pérola ou Ouro Negro ocorreram nas duas primeiras posições. Estimativas obtidas nas diferentes combinações de número de anos, considerando as safras isoladamente ou em conjunto	42
Figura 9	Porcentagem de casos que a linhagem Pérola ou Ouro Negro ocorreram nas duas primeiras posições. Estimativas obtidas nas diferentes combinações de número de anos, considerando as safras isoladamente ou em conjunto	43
Figura 10	Porcentagem de casos que a linhagem Pérola e Ouro Negro ocorreram nas duas primeiras posições em função das simulações variando o número de anos para cada safra e na conjunta das safras	44
Figura 11	Porcentagem de casos que a linhagem Pérola e Ouro Negro ocorreram nas duas primeiras posições. Estimativas obtidas nas diferentes combinações de número de anos, considerando as safras isoladamente ou em conjunto	45
Figura 12	Porcentagem de casos que a linhagem Pérola e Ouro Negro ocorreram nas duas primeiras posições. Estimativas obtidas nas diferentes combinações de número de anos, considerando as safras isoladamente ou em conjunto	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Descrição das linhagens de feijão utilizadas como testemunhas nos ensaio elites da UFLA	25
Tabela 2	Número de anos em que os experimentos foram realizados em Lavras, Lambari e Patos de Minas nas safras das Águas, Seca e Inverno	29
Tabela 3	Análise de variância conjunta da produtividade de grãos (g/parcela), envolvendo as testemunhas, locais, safras e anos, de dados obtidos no período de 2002 a 2012	33
Tabela 4	Contribuição relativa das fontes de variação (R^2) nas análises de variância realizada por local	34
Tabela 5	Médias da produtividade de grãos (g/parcela) das linhagens de feijão avaliadas nos experimentos conduzidos período de 2002 a 2012 por local e safra, na média das safras para cada local (Média) e na análise conjunta de todos os ambientes	39
Tabela 6	Contribuições (R^2) das variáveis climáticas na produtividade média das linhagens de feijão. Dados obtidos em Lavras no período de 2002 a 2012	47
Tabela 7	Contribuições (R^2) das variáveis climáticas na produtividade média das linhagens de feijão. Dados obtidos em Patos de Minas no período de 2002 a 2012	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Cultivo do feijoeiro	14
2.2	Interação Genótipos x Ambientes (GA) e a cultura do feijoeiro	16
2.3	Métodos de previsibilidade de comportamento dos genótipos	19
3	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1	Análises estatísticas	25
4	RESULTADOS	32
5	DISCUSSÃO	51
6	CONCLUSÕES	57
	REFERÊNCIAS	58
	APÊNDICE	64

1 INTRODUÇÃO

Na recomendação de cultivares no Brasil é necessária a realização de experimentos denominados de Valor de Cultivo e Uso (VCU) (BRASIL, 2006). Esses experimentos são indispensáveis para o registro de cultivares. As normas desses VCUs variam entre culturas e foram estabelecidas por um grupo de melhoristas e pesquisadores que trabalham com cada espécie.

No caso do feijoeiro entre as exigências do VCU é que esses experimentos devem ser conduzidos durante dois anos em três locais por região (BRASIL, 2006). Ao que tudo indica a decisão a respeito do número de anos foi fundamentada na experiência do grupo de melhoristas que trabalham com a cultura. Mesmo existindo estudos a respeito da interação linhagens x anos não foram encontradas referências do número de anos necessários que possam representar os anos futuros em que a cultivar potencial será utilizada pelos agricultores. Algumas informações a esse respeito foram relatadas para condições de clima temperado em outras espécies (CROSS; HELM, 1986; GELLNER, 1989; MA; STÜTZEL, 2014; YAN; RAJCAN, 2003).

A Universidade Federal de Lavras, no seu programa de melhoramento, avalia linhagens de feijão já há algumas décadas. Nesses experimentos a maioria das linhagens é substituída após dois anos de teste. Contudo, existe um grupo de testemunhas comuns que foram avaliadas por vários anos consecutivos. Esse trabalho teve como objetivo, utilizando dados dessas testemunhas: i) inferir a respeito da contribuição relativa das interações envolvendo linhagens, anos, locais e épocas de semeadura; ii) Verificar as implicações do número de anos na contribuição relativa da interação linhagens x anos e iii) verificar qual o número de anos necessários para se ter segurança na recomendação de uma nova cultivar.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultivo do feijoeiro

O feijoeiro é cultivado em todo território nacional, em várias épocas de semeadura e é submetido a diferentes tipos de manejo. Nos últimos anos, tem-se observado crescente interesse de produtores que adotam tecnologias avançadas, principalmente irrigação e maior aporte de insumos no processo produtivo, chegando a alcançar produtividades superiores a 3.000 kg ha⁻¹. A pesquisa com a cultura do feijoeiro iniciou-se em 1950, devido à sua escassez no mercado. Isso fez com que os pesquisadores procurassem cultivares mais produtivas e novas tecnologias de produção buscando solucionar a escassez do produto. Os resultados desses anos de pesquisa podem ser visualizados na Figura 1. Observa-se que houve incremento de 45% na produção, 83% na produtividade e redução de área semeada em 33%, resultado do aprimoramento no cultivo, bem como do desenvolvimento da pesquisa com a cultura.

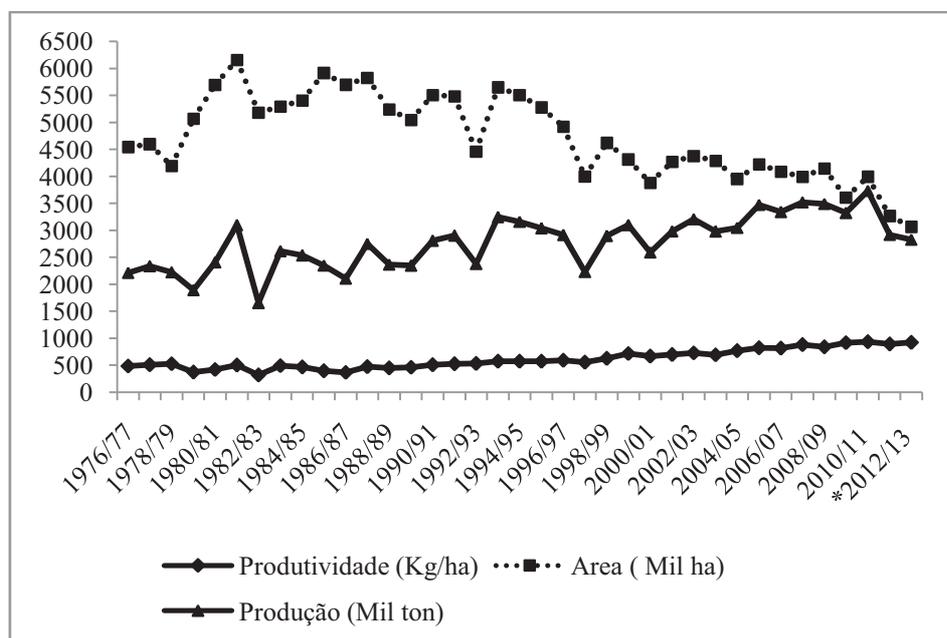


Figura 1 Evolução da produção, área semeada e produtividade de feijão em Minas Gerais

Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2013). (* Dados estimados).

O feijão é cultivado em Minas Gerais em praticamente todos os meses do ano. Porém para facilitar o intercâmbio de informações entre os pesquisadores, Vieira et al. (2005) propuseram agrupar a semeadura em quatro épocas em função das estações do ano. Contudo, como os órgãos de estatística consideram apenas três épocas, essa classificação será a adotada nessa publicação. Desse modo, para a região de Minas Gerais, o feijão é cultivado na época das “águas” semeadura de Outubro/Novembro; época “das secas” semeadura Março/Abril e a época do “outono-inverno”, cuja semeadura ocorre em Julho/Agosto.

O que ocorreu com a produção total do feijoeiro nas épocas de semeadura é apresentado na Figura 2. 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 2011/12 atingiu 1.236, 1.064, e 619 mil toneladas, para as safras “das secas”, “das águas” e “de inverno”, respectivamente.

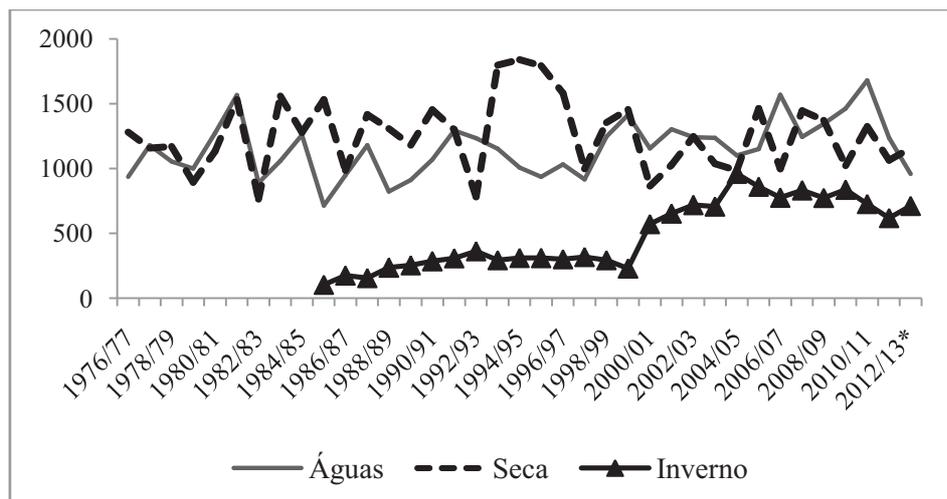


Figura 2 Comportamento da produção (Mil toneladas) de feijão nas três safras anuais em Minas Gerais entre os anos de 1977 a 2013

Fonte: CONAB (2013). (* Dados estimados).

2.2 Interação Genótipos x Ambientes (GA) e a cultura do feijoeiro

Um dos princípios da genética quantitativa é que o fenótipo é determinado pelo genótipo e também pelo ambiente no qual aquele indivíduo se encontra. Quando um dado grupo de genótipo é avaliado em mais de um ambiente e o seu comportamento difere entre os ambientes, outro componente deve ser acrescentado ao modelo. Esse componente é a interação Genótipos x Ambientes (GA)(CHAVES, 2001; FALCONER; MACKAY, 1996).

A interação GA é definida como sendo a resposta diferencial dos genótipos frente à variação ambiental, e deve ser entendida como um fenômeno

biológico em vez de simplesmente um efeito estatístico (CHAVES, 2001; MOHAMMADI et al., 2007). No melhoramento de plantas a interação GA tem uma enorme importância devido à maioria dos caracteres de interesse econômico ser quantitativo, e sofrer uma marcante influência dessa interação (RAMALHO et al., 2012).

Em geral a interação GA é considerada como um complicador para a seleção de planta/linhagens melhoramento de plantas, sendo um desafio para os melhoristas visando a uma grande região. Por outro lado a interação GA pode oferecer oportunidades, quando se utiliza a interação visando à identificação de linhagens específicas a determinadas condições ambientais. Na linguagem do melhorista é mencionado que nessa condição é favorável.

A implicação mais importante da interação GA para a seleção e recomendação de genótipos é quando seu efeito muda o ordenamento dos genótipos entre os ambientes. Esse tipo de interação GA é classificada como interação complexa. Assim, na presença desse tipo de interação, para recomendar um genótipo para o produtor, ele deve ser testado no ambiente para o qual ele irá ser recomendado (ANNICCHIARICO, 2002; ELIAS;HEMP; CANTOW, 1999). A presença da interação GA, principalmente a do tipo complexa, pode reduzir a correlação genética entre os ambientes (FALCONER; MACKAY, 1996). Em consequência dessa influência, a estimativa da variância genética é modificada e por sua vez os parâmetros genéticos dependentes desta, como a herdabilidade e o ganho de seleção também são afetados(ROCHA; VELLO, 1999).

A cultura do feijoeiro, como já comentado, é cultivada em várias safras por ano, em várias regiões do Brasil e por diferentes tipos de agricultores, ou seja, o feijoeiro é cultivado em vários tipos de ambientes. Assim, diversos trabalhos foram realizados para estudar a interação GA e suas implicações na cultura do feijoeiro.

No caso da interação genótipos x safras foi evidenciado que para o feijão existe esse tipo de interação. Porém, existe divergência entre os melhoristas quanto à importância e as implicações dessa interação. Por exemplo, em um trabalho com feijão do tipo carioca no estado do Paraná e Santa Catarina, foi observado que a interação genótipo x safra não causa grandes mudanças no ordenamento dos genótipos e que não é necessário uma indicação específica de cultivares para cada época (PEREIRA et al., 2010). Já estudando a interação com safras no estado de Minas Gerais, Ramalho, Abreu e Santos (1998) evidenciaram que realizar experimentos em várias épocas de semeadura era importante, pois, a interação com épocas de semeadura era mais pronunciada que a interação genótipos x locais.

A interação genótipos x locais é o tipo de interação mais estudada. Isso se deve ao fato de ser uma interação relacionada a efeitos previsíveis (ALLARD; BRADSHAW, 1964). A magnitude da interação genótipos x locais frente a outros tipos de interações como genótipos x safras e genótipos x anos são descritas por alguns autores como sendo de maior magnitude e por outros como de menor magnitude. Procurando elucidar quais fatores ambientais, entre safras, anos e locais, contribuíam mais para interação GA, Matos, Abreu e Ramalho (2005) observaram que em quase todos os casos a interação genótipos x locais teve maior magnitude que a interação de genótipos com os outros fatores ambientais. Porém em alguns trabalhos a interação genótipos x locais mostrou menor magnitude que a interação genótipos x safras e genótipos x anos (RAMALHO; ABREU; SANTOS, 2005; SILVA et al., 2011).

Os trabalhos realizados para o estudo da interação GA têm como principal enfoque, na maioria dos casos, estimar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica dos genótipos para auxiliar na recomendação de cultivares (OLIVEIRA et al., 2006). Também existem alguns trabalhos relacionados ao zoneamento agroecológico para a cultura do feijoeiro (CRUZ; REGAZZI;

CARNEIRO, 2004; DUARTE; VENCOVSKY, 1999; LIMA, 2013; MURAKAMI; CRUZ, 2004). Deve ser comentado que em grande parte dos trabalhos envolvendo adaptabilidade e estabilidade não é realizada uma distinção dos fatores ambientais com os quais o genótipo interage. Nesse caso ambiente é a combinação dos diferentes fatores ambientais, por exemplo, anos e locais. Deve se ter em mente que combinação de fatores previsíveis e imprevisíveis para formar um ambiente pode trazer grandes complicações para o melhorista. Uma delas é a falta de repetitividade dos parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade (EAGLES; FREY, 1972; KANG; MILLER, 1984; LIMA, 2013; YAN et al., 2000).

Em relação à interação genótipos x anos poucas são as informações encontradas para a cultura do feijoeiro. As informações disponíveis apenas comentam sobre a magnitude dessa interação, sendo na maioria casos expressivas (BARY; RICO; PLANT, 1993; RAMALHO; ABREU; SANTOS, 1998). Porém não há informação de como essa interação interfere na recomendação de cultivares e como lidar para minimizar esse tipo de interação.

2.3 Métodos de previsibilidade de comportamento dos genótipos

A predição do comportamento dos genótipos é de interesse de todo programa de melhoramento de plantas. Como comentam Gauch e Zobel (1988) os ensaios de competição medem a produtividade alcançada em parcelas experimentais, mas o objetivo é prever o comportamento das cultivares no campo dos agricultores.

Nesse contexto, os autores propõem dois critérios para se avaliar o sucesso de um modelo em uma análise de dados em ensaios de competição. Os autores denominam esses critérios de “*postdictive*” e “*predictive*”. O termo *predictive* é definido por Dunsmore (1975 citado por GAUCH; ZOBEL,

1988) como sendo “*the standing beforehand of what will happen at some future time*”, ou seja, prever o que vai acontecer em algum momento do futuro. Já o termo *postdictive* é definido por Burchfield (1982) como sendo “*assert or deduction about something in the past*”, ou seja, é uma afirmação sobre algo que já aconteceu. Como é possível observar os critérios são totalmente distintos, e sendo assim, qual deles utilizar? Diante dessa pergunta, Gauch e Zobel (1988) citam a seguinte frase dita por Student em 1923: “*the objective of testing varieties of cereals is to find out which will pay the farm best*” e também citam que “*what is an agricultural experiment [...] but an aid to forecasting the yield that a farmer might get from a new variety or insecticide?*” (HARRISON; STEVENS, 1976). Sendo assim, já que os ensaios de competição visam prever o que irá acontecer no campo do produtor, os modelos das análises dos ensaios de recomendação de cultivares devem ser avaliados pelo critério preditivo que eles possuem.

Trabalhando com esses dois critérios Gauch e Zobel (1988) avaliaram o sucesso preditivo de modelos aditivos de análise de variância (ANAVA), o modelo de regressão proposto por Finlay e Wilkinson (1963) e também o modelo *additive main effects and multiplicative interaction* (AMMI). Para avaliar o sucesso preditivo o autor separou o banco de dados em dois grupos. Um desses grupos foi usado para construção do modelo e a outra parte para validação do modelo. Essa abordagem estatística também é conhecida como teste de validação cruzada. Os autores observaram que, dentre os três tipos de modelos, o AMMI foi o que teve maior sucesso preditivo. O sucesso preditivo do AMMI também foi relatado em outros trabalhos (CROSSA; GAUCH; ZOBEL, 1990; NACHIT et al., 1992).

Na literatura, são encontrados alguns trabalhos que tentam aliar uma probabilidade ao desempenho de uma cultivar (ESKRIDGE; BYRNE; CROSSA, 1991; ESKRIDGE; MUMM, 1992; JONES, 1988). Nesses trabalhos

os autores propõe uma forma de calcular a probabilidade ou confiança de um dado genótipo em superar uma testemunha. Essa probabilidade é calculada baseando-se nas propriedades da curva normal padronizada. Segundo Eskridge e Mumm (1992) essa probabilidade está correlacionada com vários parâmetros de estabilidade como Eberhart e Russell (1966), Finlay e Wilkinson (1963) e Shukla (1972). Além disso, os autores colocam que o uso dessa medida na seleção de genótipos é bem maleável, pois, não existem tantos pressupostos para a obtenção das estimativas como aqueles exigidos para o emprego da análise de variância.

O método de modelos mistos tem propriedades importantes quando o assunto é predição, principalmente quando há grande desbalanceamento dos dados. Existem alguns trabalhos que envolvem o método de modelos mistos no estudo da interação GA(CARBONELL et al., 2007; CROSSA; YANG; CORNELIUS, 2004; PIEPHO, 1998). No entanto, a maioria desses trabalhos foi realizada utilizando um banco de dados envolvendo um ou poucos anos.

Trabalhos que utilizaram dados de experimentos envolvendo vários anos, com o objetivo de estudar a interação GA e predição do comportamento de genótipos para recomendação de cultivares são muito raros na literatura. Esses trabalhos são raros devido à dificuldade de predição do comportamento de genótipos quando o fator anos está presente e também pela dificuldade de encontrar um banco de dados onde genótipos foram testados em vários anos (CROSS; HELM, 1986). Um exemplo foi o trabalho realizado por Yan e Rajcan (2003) com a cultura da soja, analisando uma série de experimentos envolvendo dez anos. Eles compararam a predição de cultivares baseada em dados de um único ano e também utilizando mais de um ano e várias localidades. Esses autores utilizaram a metodologia de modelos mistos aliado ao teste *t* de Student, denominada por eles de t-BLUP, para a predição do comportamento das cultivares e o para comparar o poder de discriminação baseado em dados de um

único ano e vários anos. A conclusão é que a predição baseada em um único ano e várias localidades teve poder suficiente para identificar genótipos superiores e inferiores, mas quando a predição é realizada utilizando informações de mais de um ano a capacidade de discriminar mais genótipos aumenta. Para a cultura do trigo, Ma e Stützel (2014), trabalhando com a mesma metodologia proposta por Yan e Rajcan (2003), chegaram aos mesmos resultados do trabalho realizado com a soja. Resultados semelhantes aos trabalhos realizados com a cultura do trigo e da soja foram relatados por Cross e Helm (1986). Esses autores trabalharam com a cultura do milho, usando dados de experimentos de competição envolvendo 10 anos e chegaram à conclusão que a melhor estratégia, a mais eficiente para selecionar um híbrido de milho seria observando o seu desempenho em um ou dois anos. Contudo, esses trabalhos foram realizados em condições de clima temperado, que é mais previsível. Além do mais, utilizou-se de metodologias em que os modelos estatísticos eram desbalanceados e assim as linhagens/híbridos e locais tiveram diferentes participações nas inferências realizadas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados dos ensaios elite do programa de melhoramento do feijoeiro da Universidade Federal de Lavras, realizados no período de 2002 até 2012.

Os ensaios de linhagens elites são experimentos realizados com o objetivo de identificar linhagens do programa de melhoramento que irão participar do VCU. Esses ensaios elite foram realizados em três localidades, Patos de Minas– MG ($18^{\circ} 34' S$ $46^{\circ} 31' W$), Lavras - MG ($21^{\circ}14' S$ e $45^{\circ} 59'W$) e Lambari - MG ($21^{\circ}50'S$, $45^{\circ}21'W$). Esses três locais se diferenciam quanto aos aspectos físicos e químicos do solo e também quanto ao clima, como pode ser observado nas Figuras 3, 4, 5.

Em todos os locais e em cada ano os experimentos foram conduzidos em três safras: safra de inverno com semeadura em Julho/Agosto; das águas com semeadura em Outubro/Novembro; e a das secas em Fevereiro/Março. As condições climáticas dessas safras foram bem distintas (Figuras 3A, 3B, 3C).

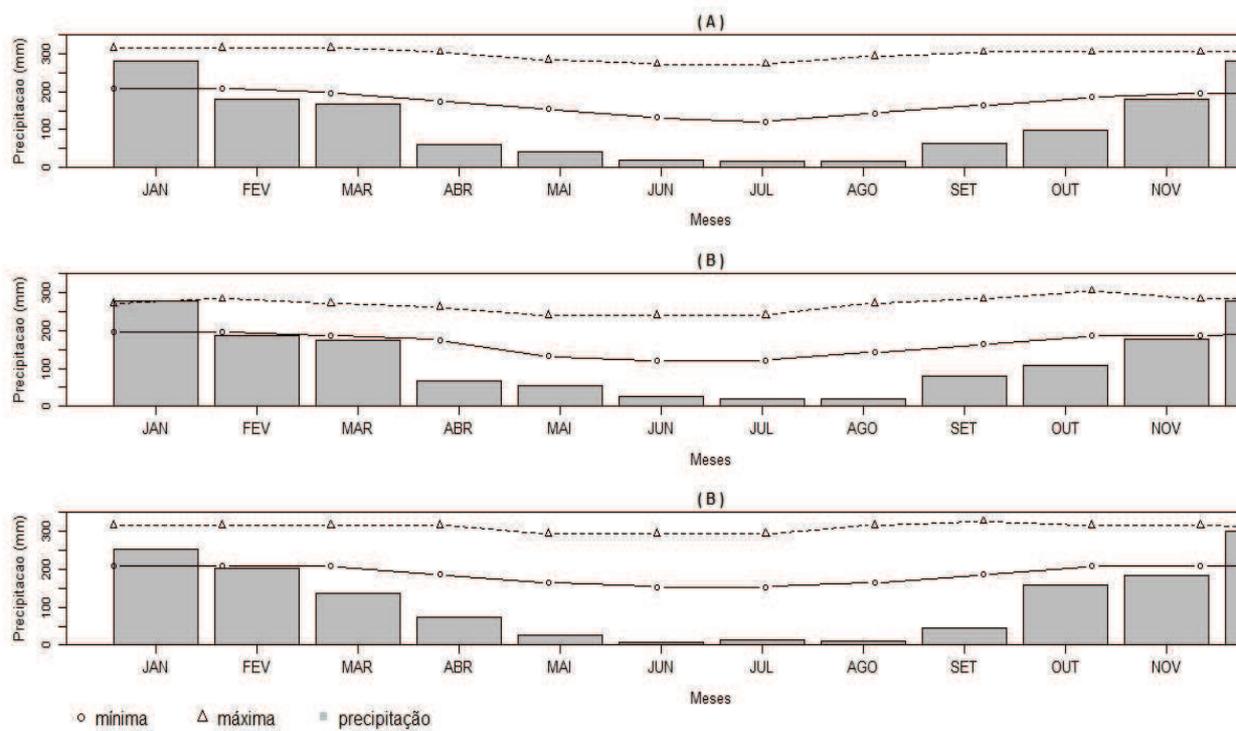


Figura 3 Temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C) e precipitação (mm) ao longo do ano ob... uma serie de dados de 30 anos

Fonte: Clima tempo, 2013a, b, c.

Nota: Dados obtidos em: (A) Lavras, (B) Lambari, (C) Patos de Minas.

O número de linhagens utilizadas nesses ensaios variou entre 25 e 41. O delineamento utilizado foi o Látice ou de Blocos ao Acaso com três repetições. As parcelas experimentais foram compostas de duas linhas com quatro metros de comprimento e 0,5 m de espaçamento. Nesses experimentos as linhagens utilizadas foram renovadas a cada dois anos, porém, sempre algumas linhagens foram utilizadas como testemunhas.

Desde 2002 um grupo de cinco testemunhas foi mantido constante ao longo dos anos. Nesse trabalho foram utilizados os dados dessas testemunhas para as análises e inferências. Essas cinco cultivares são ou foram recomendadas aos produtores sendo elas: BRSMG Talismã, Carioca, Carioca MG, Pérola e Ouro Negro. Detalhes descritivos dessas cultivares encontram-se na Tabela 1. Serão utilizados os dados de produtividade de grãos dessas linhagens para as análises estatísticas e inferências no presente trabalho.

Tabela 1 Descrição das linhagens de feijão utilizadas como testemunhas nos ensaios elites da UFLA

NOME	ORIGEM	TIPO DE GRÃO	HÁBITO DE CRESCIMENTO
BRSMG Talismã	Convênio*	Carioca	III
Carioca	IAC	Carioca	III
Carioca MG	UFLA	Carioca	II
Pérola	EMBRAPA	Carioca	III
Ouro Negro	Introdução**	Preto	III

*Convênio UFLA/UFV/EMBRAPA/EPAMIG

**Introdução de Honduras

3.1 Análises estatísticas

Para as análises estatísticas foram empregadas as médias ajustadas das cinco cultivares obtidas nas análises de cada experimento. Os números de anos em que foram obtidos os dados em cada local e safra estão mostrados na Tabela

2. Assim, de posse das médias das cinco linhagens em cada experimento, foi realizada uma análise conjunta envolvendo todos os experimentos avaliados. Porém, como foi envolvida uma grande quantidade de ambientes, houve heterogeneidade das variâncias do erro. Nesse caso foi adotado o método de Cochran e Cox (1957) para ajustar os graus de liberdade e assim fazer a análise de variância. Para essa análise foi utilizado o seguinte modelo:

$$Y_{ikop} = \mu + L_i + E_k + S_o + A_p + (EL)_{ki} + (SL)_{oi} + (AL)_{pi} + (EA)_{kp} \\ + (ES)_{ko} + (SA)_{op} + (LES)_{iko} + (LEA)_{ikp} \\ + (LSA)_{iop} + (ESA)_{kop} + (LESA)_{ikop} + \overline{e_{(ikop)}}$$

Em que:

Y_{ikop} Média da linhagem i no local k na safra o no ano p ;

μ Constante;

L_i Efeito fixo da linhagem i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$);

E_k Efeito fixo local k ($k = 1, 2, 3$);

S_o Efeito fixo da safra o ($o = 1, 2, 3$);

A_p Efeito fixo do ano p ($p=1, 2, \dots, 11$);

$(EL)_{ik}$ Efeito fixo da interação entre o local k e a linhagem i ;

$(SL)_{io}$ Efeito fixo da interação entre a safra o e a linhagem i ;

$(AL)_{ip}$ Efeito fixo da interação entre ano p e a linhagem i ;

$(EA)_{kp}$ Efeito fixo da interação entre o local k e o ano p ;

$(ES)_{ko}$ Efeito fixo da interação entre o local k e a safra o ;

$(SA)_{op}$ Efeito fixo da interação entre a safra o e o ano p ;

$(LES)_{iko}$ Efeito fixo da interação entre a linhagem i local k e a safra o ;

$(LEA)_{ikp}$ Efeito fixo da interação entre a linhagem i local k e o ano p ;

$(LSA)_{iop}$ Efeito fixo da interação entre a linhagem i safrao e o ano p ;

$(ESA)_{kop}$ Efeito fixo da interação entre o local k a safra o e o ano p ;

$(LESA)_{ikop}$ Efeito fixo da interação entre a linhagem i local k a safra o e o ano p ;

$e_{(ikop)}$ Erro experimental médio.

De posse das análises de variância foi estimada a contribuição relativa (R^2) de cada fonte de variação para a variação total, exceto o erro, utilizando o seguinte estimador.

$$R^2 = (SQ_{FVi} / \sum_{i=1}^n SQ_{FVi}) \times 100$$

Em que:

SQ_{FVi} Soma de quadrados da fonte de variação i para cada análise de variância.

Também foi realizado o teste de Scott e Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade para as cultivares em cada safra dentro de cada local, na média das três safras em cada local e na média de todos os ambientes.

Foram também efetuadas combinações de análises conjuntas variando o número de anos, para cada safra dentro de cada local, utilizando o modelo abaixo. O número de simulações variou de acordo com o local e a safra. No total foram realizadas 11.157 simulações (Tabela 2).

$$Y_{ip} = \mu + L_i + A_p + (LA)_{pi}$$

Y_{ip} Média da linhagem i no ano p

μ Constante;

L_i Efeito fixo da linhagem i ($i=1, 2, 3, 4, 5$);

A_p Efeito fixo do ano p (p variando de 1 até o número de anos envolvidos em cada caso);

$(LA)_{ip}$ Efeito fixo da interação entre ano p e a linhagem i .

Também foram realizadas combinações de análises para cada local na média das três safras. Nesse caso o modelo utilizado foi ajustado em relação ao anteriormente apresentado, ou seja, foram acrescentados o efeito de safra e todas as interações com esse fator.

Nas análises de variância simuladas, a ênfase foi direcionada à estimativa da contribuição relativa da interação linhagens x anos (L x A) em relação à variação total exceto o erro, por meio do seguinte estimador:

$$R^2 = (SQ_{LxA} / SQ_{total}) \times 100$$

Em que:

SQ_{LxA} é a soma de quadrados da interação linhagens x anos;

SQ_{total} é a soma de quadrados total menos o erro.

Tabela 2 Número de anos em que os experimentos foram realizados em Lavras, Lambari e Patos de Minas nas safras das Águas, Seca e Inverno

Local	Safra	^{1/} Anos	^{2/} Combinação	^{3/} Nº simulações
Lavras	Águas	11	2 a 2 até 10 a 10	*2035
	Secas	11	2 a 2 até 10 a 10	2035
	Inverno	10	2 a 2 até 9 a 9	1012
Lambari	Águas	10	2 a 2 até 9 a 9	1012
	Secas	11	2 a 2 até 10 a 10	2035
	Inverno	9	2 a 2 até 8 a 8	501
Patos	Águas	8	2 a 2 até 7 a 7	246
	Secas	11	2 a 2 até 10 a 10	2035
	Inverno	8	2 a 2 até 7 a 7	246
Total	Experimentos	89	Simulações	11.157

^{1/}Total de anos em que os experimentos foram avaliados;

^{2/}Combinações que foram realizadas com o total do número de anos que os experimentos foram avaliados;

^{3/}Somatório do total de simulações envolvendo todas as combinações de anos

$$* \sum C_{11}^2 + C_{11}^3 + \dots + C_{11}^{10}$$

A partir das médias obtidas também foi estimada a coincidência de ocorrer nas duas primeiras posições as linhagens que foram agrupadas pelo teste de Scott e Knott (1974) envolvendo todos os experimentos, no primeiro grupo (Pérola e Ouro Negro). A porcentagem de coincidência foi obtida pelo estimador:

Coincidência tipo I: Coincidência de ter pelo menos uma das melhores linhagens – Ouro Negro ou Pérola – nas duas melhores colocações para cada combinação de anos simulada:

$$\text{Porcentagem de coincidência tipo I} = \left(\frac{\text{Número de situações em que houve coincidência com as linhagens classificadas em primeiro e segundo lugar na análise envolvendo todos ambientes}}{\sum_{p=2}^{10} C_{10}^p} \right) \times 100$$

Coincidência tipo II: Coincidência de duas melhores linhagens – Ouro Negro e Pérola – nas duas melhores colocações para cada combinação de anos simulada:

$$\text{Porcentagem de coincidência tipo II} = \left(\frac{\text{Número de situações em que houve coincidência com as linhagens classificadas em primeiro e segundo lugar na análise envolvendo todos ambientes}}{\sum_{p=2}^{10} C_{10}^p} \right) \times 100$$

Nos campos experimentais de Lavras e Patos de Minas existe, em cada um, uma estação meteorológica. Estas estações são credenciadas pelo governo e fazem parte de uma rede de informações climatológicas no Brasil. Utilizando os dados climáticos fornecidos por estas estações, foi realizada uma análise de regressão utilizando como variável independente (X) as variáveis climáticas – Temperatura mínima (°C), média (°C), máxima (°C), precipitação (mm) e umidade relativa do ar (%) – e como variável dependente (Y) a produtividade média de cada experimento. Utilizaram-se os dados médios das variáveis climáticas obtidas no período de safra do feijão, ou seja, quando o experimento

foi realizado na safra “das águas” os dados foram obtidos na média dos meses de Novembro, Dezembro e Janeiro, na safra das secas foram tomados dados dos meses de Março, Abril e Maio e de inverno dos meses de Julho, Agosto e Setembro e também na média das três safras. Foram realizados todos os modelos de regressão linear simples com as variáveis climáticas e estimado o R^2 desses modelos com o objetivo de obter informações sobre qual (is) variáveis afetavam mais a produtividade de grãos.

4 RESULTADOS

Os resultados da análise de variância conjunta para produtividade de grãos (g/parcela) envolvendo os experimentos conduzidos nos três locais, nas três safras realizado no período de 2002 a 2012 evidenciam a existência de variação entre as linhagens ($P \leq 0,01$) (Tabela 3). As interações envolvendo linhagens foram todas significativas ($P \leq 0,05$), exceto a interação tripla envolvendo linhagens, locais e safra e a quádrupla, envolvendo todos os fatores. As interações entre os fatores ambientais, isto é, safras, locais e anos foram todas significativas ($P \leq 0,01$).

O importante é avaliar a contribuição de cada fonte de variação (FV) para a soma de quadrados totais, exceto o erro. Essa contribuição foi obtida pela estimativa do coeficiente de determinação (R^2). Observe que a FV linhagem contribuiu com apenas 1,55% da variação. Já para os efeitos ambientais safra (S), ano (A) e local (E), a explicação individual foi superior a 10%. Entre as FV envolvendo interação, o menor R^2 foi para S x A. Fica claro que as estimativas de R^2 envolvendo anos sempre contribuíram muito para a variação total (Tabela 4).

Tabela 3 Análise de variância conjunta da produtividade de grãos (g/parcela), envolvendo as testemunhas, locais, safras e anos, de dados obtidos no período de 2002 a 2012

FV	GL	QM	P-valor	^{1/} R ² %
Linhagens(L)	4	402012,80	≤0,01	1,55
Safra (S)	2	5865297,41	≤0,01	11,34
Ano (A)	10	1124774,76	≤0,01	10,88
Local (E)	2	6199120,13	≤0,01	11,99
L x S	7*	61466,24	≤0,01	0,42

L x A	32*	132741,46	≤0,01	4,11
L x E	7*	110392,32	≤0,01	0,75
S x A	16*	1068592,84	≤0,01	16,53
E x S	4*	1162639,37	≤0,01	4,50
E x A	16*	779967,78	≤0,01	12,07
L x S x A	80	56585,23	≤0,01	4,38
Lx E x S	16	27726,42	0,69	0,43
E x S x A	30	465676,13	≤0,01	13,51

L x A x E	80	46017,15	0,03	3,56
L x E x S x A	120	34447,03	0,51	4,00

Erro Médio	4201	27336,21		100,00

*Graus de liberdade ajustado pelo método de Cochran e Cox (1957).

^{1/} $(SQ_{FV} / \sum_{i=1}^n SQ_{FV}) \times 100$ onde: SQ_{FV} é a soma de quadrados da fonte de variação i

Em função da maior participação das FVs envolvendo anos, procurou-se avaliar o seu efeito por local. O resumo das análises de variância para

produtividade de grãos para Lavras, Lambari e Patos de Minas está apresentado nas Tabelas 1A, 2A e 3A do anexo. De modo geral os resultados foram semelhantes nas análises para os diferentes locais. A ênfase maior será direcionada em avaliar a contribuição das FV para a variação total (R^2) (Tabela 4). Novamente a variação de linhagens apresentou pequena contribuição, exceto em Lambari. O mesmo ocorreu para as interações envolvendo linhagens, exceto as interações LxA e L x A x S, em Lavras e Lambari. Chama atenção novamente as FVs envolvendo anos que foram de modo geral as que mais contribuíram para a variação total.

Tabela 4 Contribuição relativa das fontes de variação (R^2) nas análises de variância realizada por local

FV	^{1/} R ² %		
	Lavras	Lambari	Patos de Minas
Linhagens (L)	0,97	6,41	0,66
Ano (A)	37,78	14,52	26,17
Safra (S)	11,05	27,63	15,73
A X S	24,69	29,14	48,28
LX A	11,22	11,47	2,81
LX S	1,15	0,86	0,80
A X L X S	13,14	9,98	5,54

$$^{1/} (SQ_{FVi} / \sum_{i=1}^n SQ_{FVi}) \times 100 \text{ onde : } SQ_{FVi} \text{ é a soma de quadrados da fonte de variação } i$$

Nos experimentos utilizando diferentes combinações de anos, variando de dois até o número máximo de anos em que os experimentos foram avaliados menos um, foi possível verificar o efeito do número de anos na interação linhagens x anos (L x A). Como era esperado, independente do número de anos envolvidos, a contribuição média da interação L x A foi igual à obtida envolvendo todos os anos. Também a amplitude de variação foi grande,

especialmente quando as simulações envolveram um menor número de anos (Figuras 4, 5 e 6).

Outro resultado marcante no efeito do número de anos envolvidos nas estimativas da interação L x A foi o fato de considerar as análises por safra ou na média delas. Observe (Figuras 4, 5 e 6), que quando se considera a média das três safras, independente do local, a amplitude de variação da contribuição da interação LxA para a variação total (R^2) é reduzida. Depreende-se que, quando o objetivo for estimar a interação L x A, empregar três safras possibilita obter estimativas mais fidedignas.

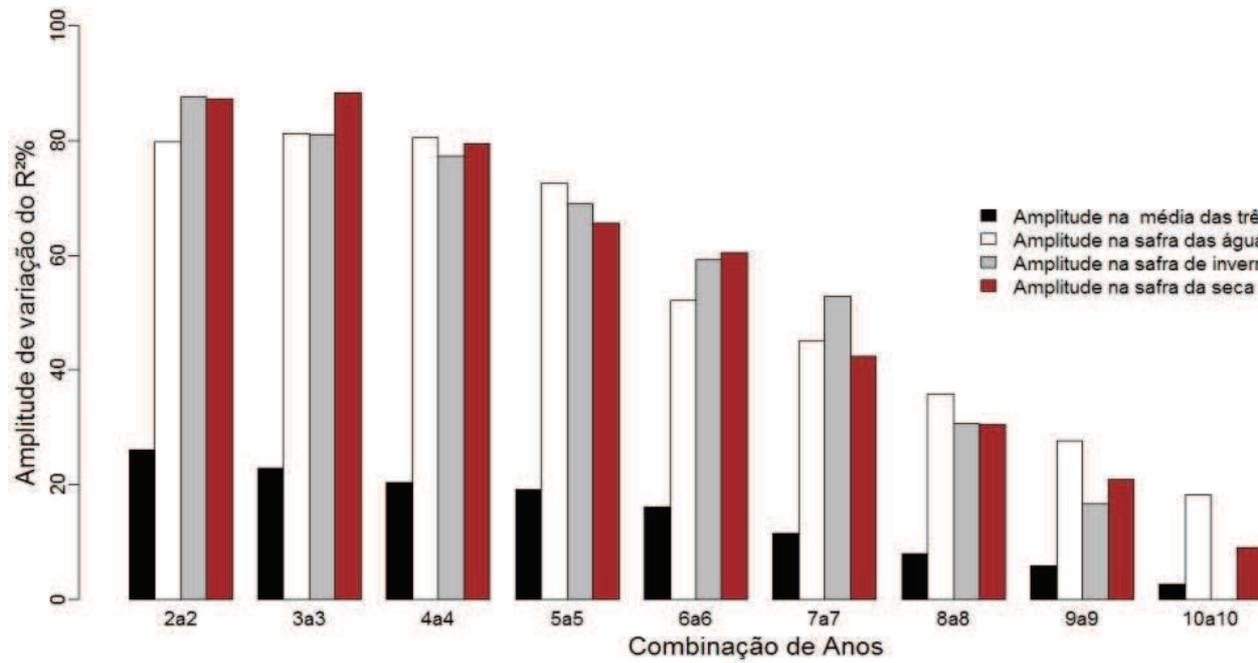


Figura 4 Amplitude de variação das estimativas do coeficiente de determinação (R^2) para a interação $L \times X$ obtidas nas diferentes combinações de número de anos nas análises de variância por safra e com

Nota: Dados obtidos em Lavras.

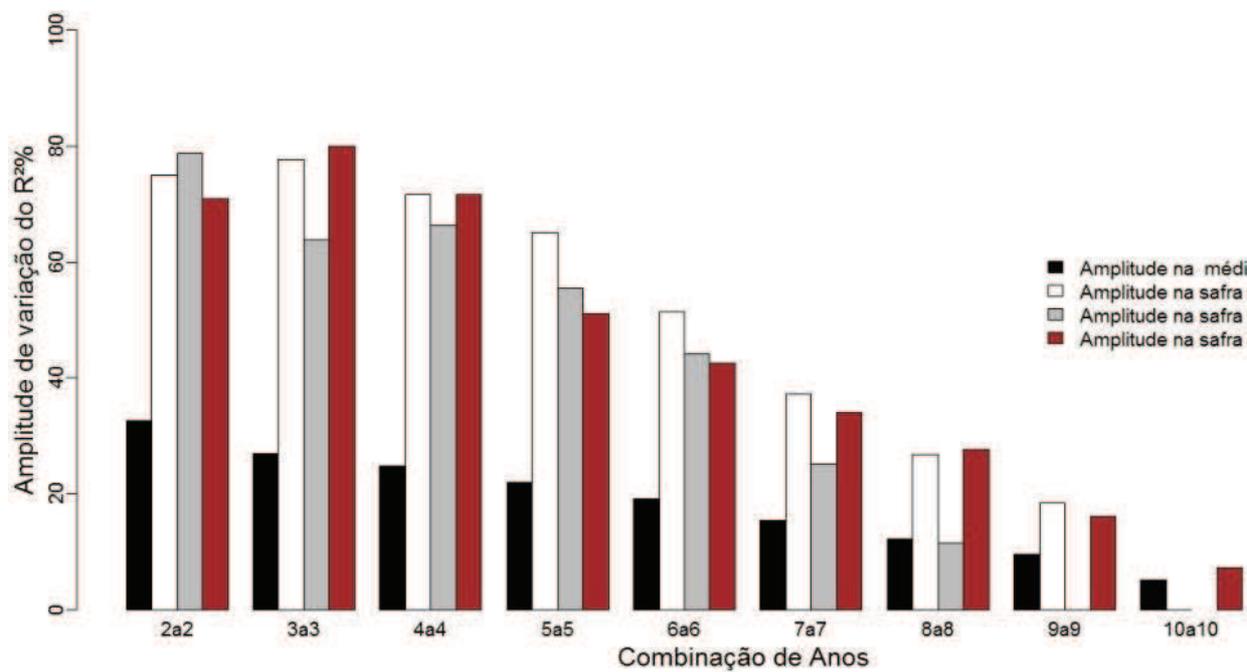


Figura 5 Amplitude de variação das estimativas do coeficiente de determinação (R^2) para a interação L x C obtidas nas diferentes combinações de número de anos nas análises de variância por safra e com

Nota: Dados obtidos em Lambari.

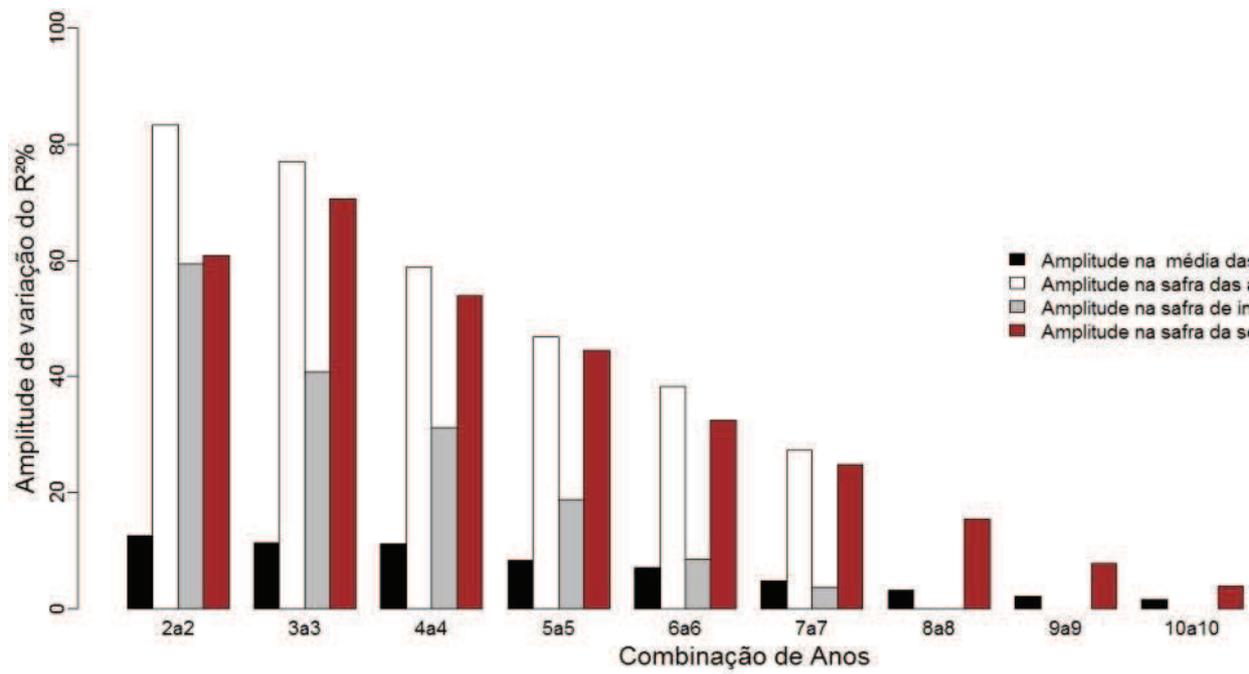


Figura 6 Amplitude de variação das estimativas do coeficiente de determinação (R^2) para a interação L x C obtidas nas diferentes combinações de número de anos nas análises de variância por safra e com

Nota: Dados obtidos em Patos de Minas.

Especialmente em experimentos nas etapas finais do programa de melhoramento o interesse maior é identificar uma ou duas linhagens para serem recomendadas aos agricultores como cultivares. Normalmente a decisão é tomada na média geral dos experimentos. Contudo observou-se que a classificação das linhagens variou entre as safras e locais (Tabela 5). Ou seja, a classificação das linhagens refletiu a interação linhagens x ambientes detectada nas análises já mencionadas. Entretanto deve ser salientado que mesmo as interações envolvendo linhagens tendo sido significativas, na maioria dos casos, a 'Ouro Negro' e a 'Pérola' sempre estiveram no grupo das melhores. Quando se considerou a média das análises conjunta dos três locais e safras nos onze anos, novamente essas duas constituíram o grupo das melhores, segundo o teste de Scott e Knott (1974) (Tabela 5).

Tabela 5 Médias da produtividade de grãos (g/parcela) das linhagens de feijão avaliadas nos experimentos conduzidos período de 2002 a 2012 por local e safra, na média das safras para cada local (Média) e na análise conjunta de todos os ambientes

Local	Safra	Linhagens				
		Carioca	Carioca MG	Ouro Negro	Pérola	Talismã
Patos de Minas	Águas	747 a	703 a	706 a	761 a	693 a
	Seca	693 b	691 b	810 a	730 b	705 b
	Inverno	964 a	975 a	996 a	933 a	930 a
	Média	789 b	779 b	834 a	799 b	768 b
Lavras	Águas	789 a	855 a	873 a	896 a	900 a
	Seca	990 a	967 a	1059 a	1034 a	1027 a
	Inverno	1048 a	1086 a	1117 a	1072 a	976 b
	Média	939b	966b	1013 a	999 a	967b

“Tabela 5, conclusão”

Local	Safra	Linhagens				
		Carioca	Carioca MG	Ouro Negro	Pérola	Talismã
Lambari	Águas	527 c	606 b	712 a	616 b	545 c
	Seca	765 b	879 a	936 a	875 a	886 a
	Inverno	760 b	940 a	970 a	893 a	814 b
	Média	685 d	806 b	872 a	794 b	751 c
Conjunta		808b	855 b	911 a	869 a	834 b

*Médias seguidas de mesma letra em cada linha, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

As combinações de análises considerando diferentes números de anos possibilitou também avaliar as implicações desse número na classificação das linhagens. Para melhor visualização foram utilizadas como referência as duas melhores linhagens identificadas na média dos três locais, nas três safras nos onze anos, que foram a “Ouro Negro” e “Pérola”. Os resultados das porcentagens de coincidência dessas linhagens nas duas primeiras posições estão apresentados nas Figuras 7 a 12. A coincidência de uma dessas duas linhagens na primeira ou segunda posição, Figuras de 7 a 9, foi quase sempre alta. Veja que considerando apenas dois anos a porcentagem de coincidência foi superior a 69 %. Fica evidente que com dois anos foi possível identificar pelo menos uma das linhagens almejadas.

Por outro lado, a porcentagem de coincidência de se ter as duas melhores – ‘Perola’ e ‘Ouro Negro’- simultaneamente nos dois primeiros lugares, Figuras 10 a 12, é normalmente baixa, inferior a 36%. Vale salientar, contudo, que quando se considera a média das safras em cada local, a coincidência das melhores linhagens aumenta substancialmente com o incremento no número de anos.

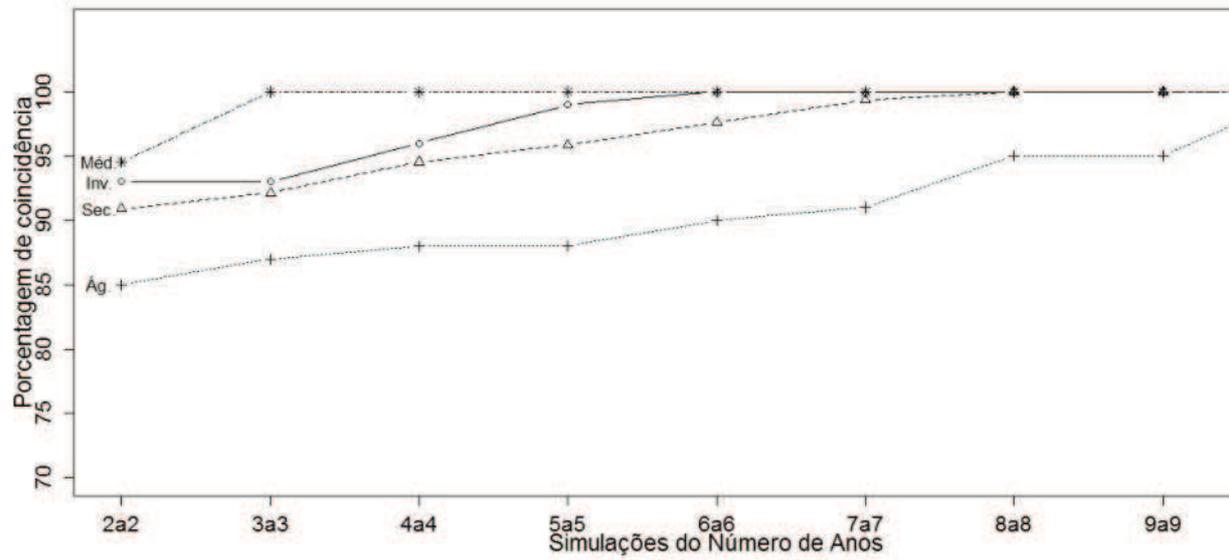


Figura 7 Percentagem de casos que a linhagem Pérola ou Ouro Negro ocorreram nas duas primeiras safras simuladas. Estimativas obtidas nas diferentes combinações de número de anos, considerando as safras i em conjunto

Nota: Dados obtidos em Lavras

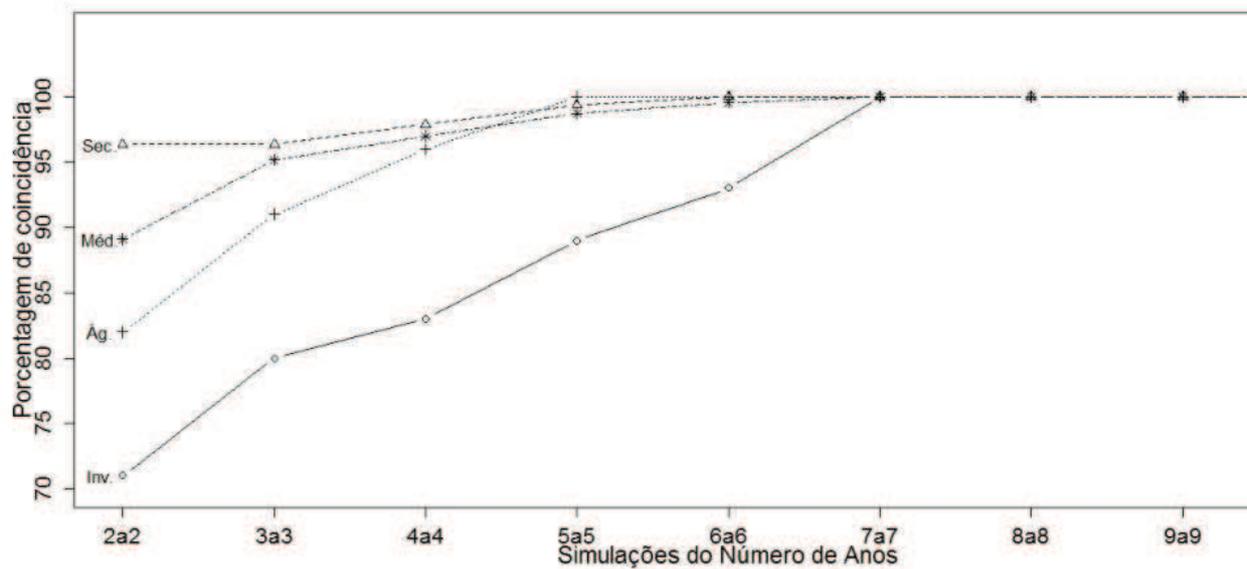


Figura 8 Percentagem de casos que a linhagem Pérola ou Ouro Negro ocorreram nas duas primeiras safras em conjunto. Estimativas obtidas nas diferentes combinações de número de anos, considerando as safras em conjunto.

Nota: Dados obtidos em Patos de Minas.

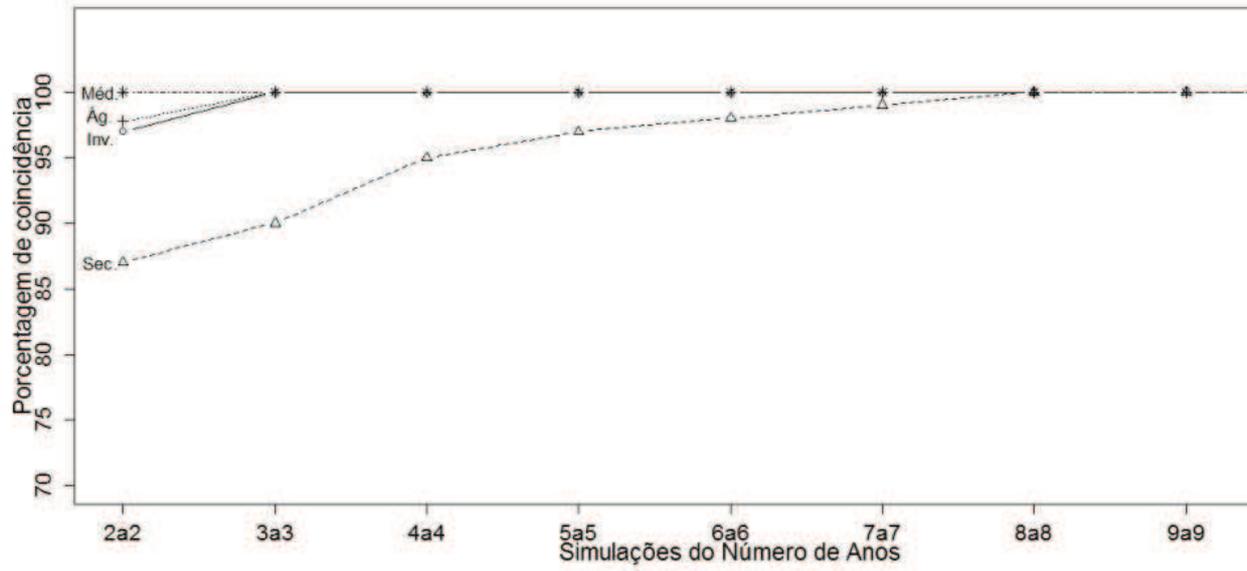


Figura 9 Percentagem de casos que a linhagem Pérola ou Ouro Negro ocorreram nas duas primeiras safras em conjunto. Estimativas obtidas nas diferentes combinações de número de anos, considerando as safras i em conjunto

Nota: Dados obtidos em Lambari.

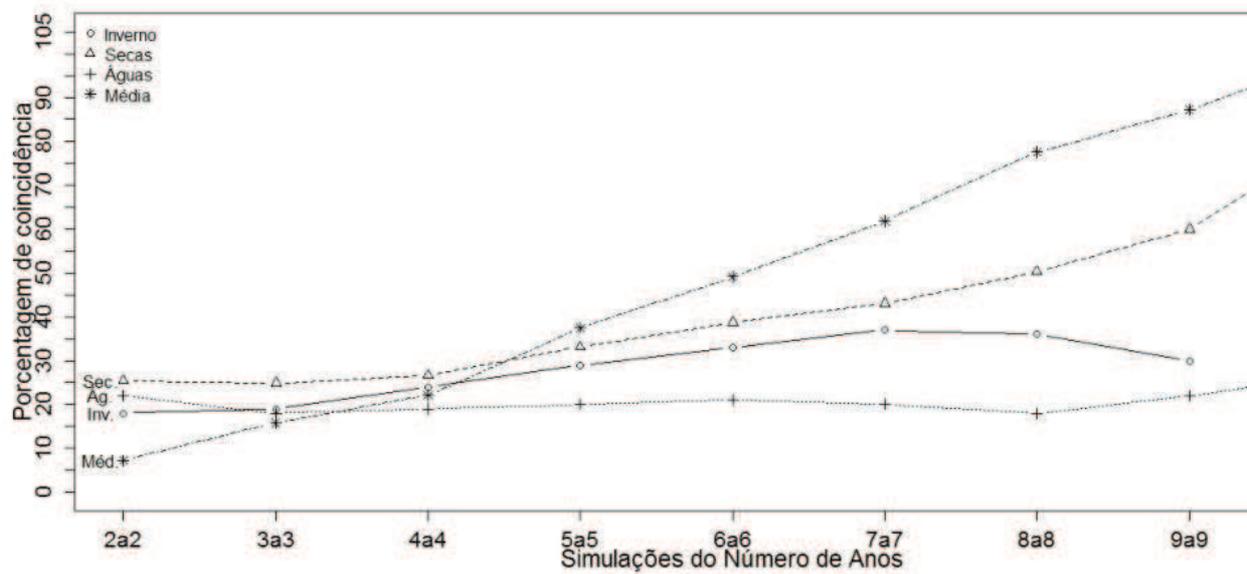


Figura 10 Porcentagem de casos que a linhagem Pérola e Ouro Negro ocorreram nas duas primeiras po em função das simulações variando o número de anos para cada safra e na conjunta das safras

Nota: Dados obtidos em Lavras.

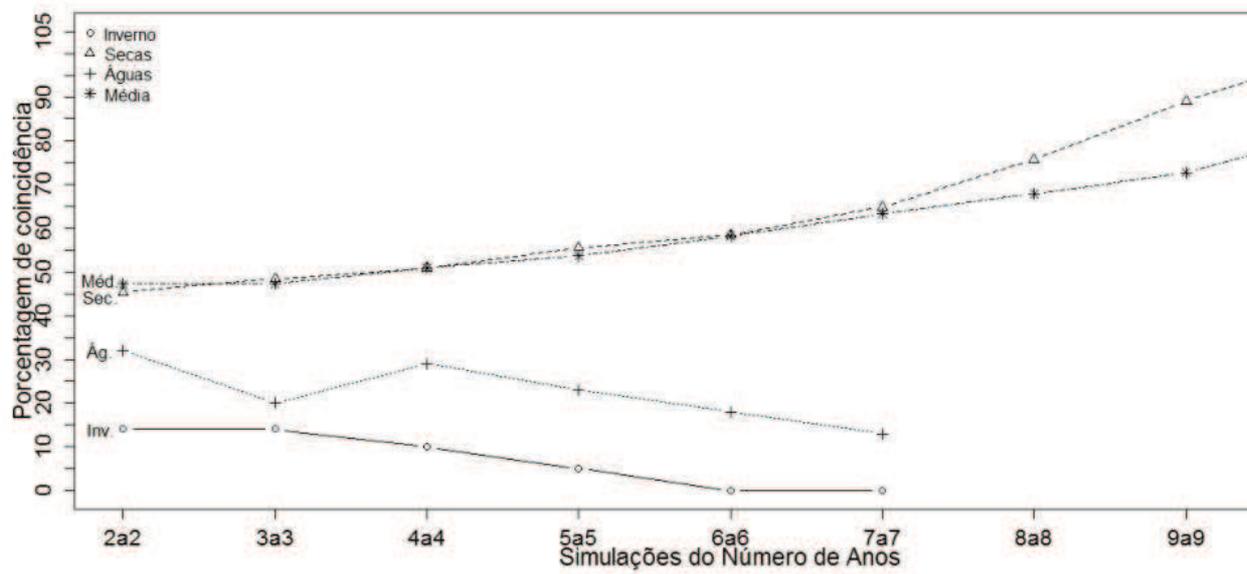


Figura 11 Porcentagem de casos que a linhagem Pérola e Ouro Negro ocorreram nas duas primeiras safras em conjunto. Estimativas obtidas nas diferentes combinações de número de anos, considerando as safras iniciais em conjunto

Nota: Dados obtidos em Patos de Minas.

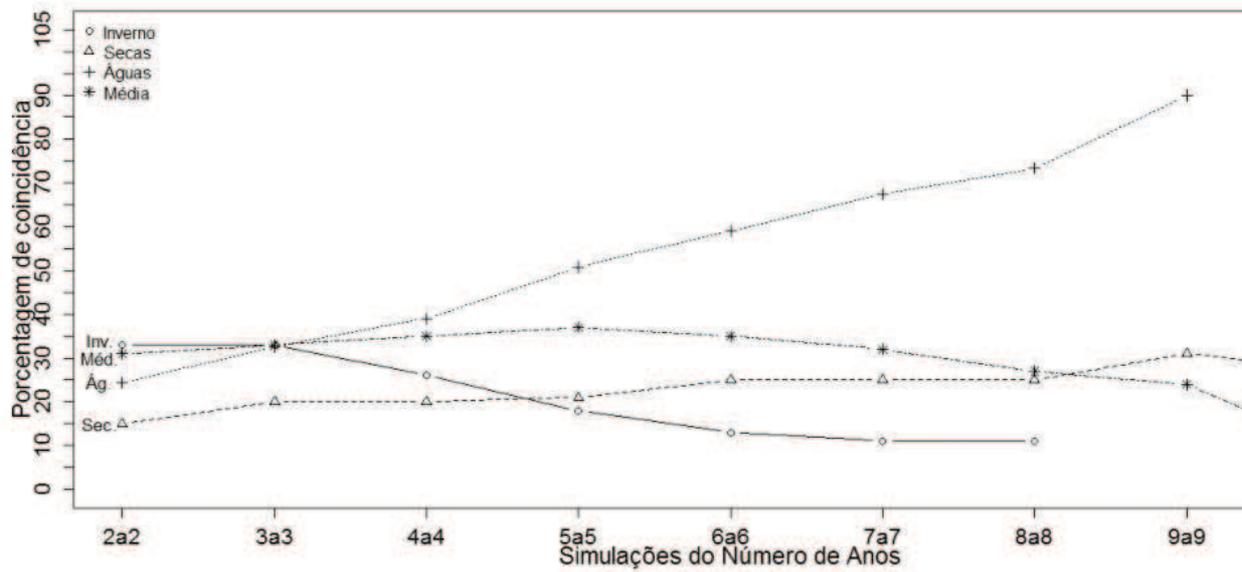


Figura 12 Porcentagem de casos que a linhagem Pérola e Ouro Negro ocorreram nas duas primeiras safras em condições adversas. Estimativas obtidas nas diferentes combinações de número de anos, considerando as safras iniciais em conjunto

Nota: Dados obtidos em Lambari.

A variação entre anos é devida a diferenças climáticas, de manejo e de estresses bióticos. O manejo é muito semelhante e os estresses bióticos sempre estão sujeitos a variações climáticas. Dessa maneira procurou-se identificar o desempenho das linhagens em função dos dados climáticos disponíveis nos locais de realização dos experimentos. Os resultados das análises de regressões são mostrados nas Tabelas 6 e 7. Nota-se que nenhum fator climático isoladamente explicou grande parte da variação na produtividade de grãos, em qualquer época. Já considerando três fatores foi obtido R^2 elevado em algumas situações. Observe que para Patos de Minas, para safra de “inverno”, houve um R^2 de 65 % quando as variáveis climáticas de umidade relativa temperatura média e temperatura máxima foram utilizadas (Tabela7). Como era esperado quando se utilizam todas as variáveis climáticas, a contribuição foi maior, especialmente em Patos de Minas.

Tabela 6 Contribuições (R^2) das variáveis climáticas na produtividade média das linhagens de feijão. Dados obtidos em Lavras no período de 2002 a 2012

Variáveis no modelo	R^2			
	Inverno	Secas	Águas	Média
Precipitação acumulada (P) – mm	0,007	0,193	0,0505	0,121
Temp. máxima (Tx) - °C	0,011	0,007	0,0307	0,001
Temp. média (T) - °C	0,059	0,000	0,0268	0,044
Temp. mínima (Tm) - °C	0,009	0,002	0,0585	0,026
Umidade do Ar (U) - %	0,001	0,278	0,0267	0,118
P – Tx	0,024	0,383	0,052	0,154
P – T	0,059	0,296	0,0565	0,121
P – Tm	0,01	0,21	0,0783	0,128
P – U	0,01	0,281	0,103	0,166
Tx – T	0,061	0,023	0,0307	0,06

“Tabela 6, conclusão”

Variáveis no modelo	R ²			
	Inverno	Secas	Águas	Média
Tx – Tm	0,03	0,007	0,0668	0,026
Tm – T	0,087	0,007	0,1484	0,044
U – Tx	0,041	0,585	0,0547	0,193
U – T	0,059	0,445	0,0455	0,141
U – Tm	0,012	0,302	0,0736	0,225
P – Tx – T	0,062	0,383	0,0704	0,172
P – Tx – Tm	0,031	0,384	0,158	0,159
P – Tm – T	0,112	0,355	0,1845	0,133
P – U – Tx	0,065	0,616	0,104	0,312
P – U – T	0,059	0,468	0,103	0,168
P – U – Tm	0,017	0,305	0,1131	0,23
Tx – Tm – T	0,126	0,258	0,1578	0,154
U – Tx – T	0,064	0,586	0,0576	0,438
U – Tx – Tm	0,041	0,587	0,0776	0,473
U – Tm – T	0,313	0,555	0,1652	0,467
P – Tx – Tm – T	0,257	0,39	0,1918	0,226
P – U – Tx – T	0,072	0,619	0,1155	0,465
P – U – Tx – Tm	0,071	0,617	0,1967	0,498
P – U – Tm – T	0,348	0,622	0,2309	0,498
U – Tx – Tm – T	0,342	0,587	0,1859	0,484
P – U – Tx – Tm – T	0,349	0,626	0,2371	0,514

Tabela 7 Contribuições (R^2) das variáveis climáticas na produtividade média das linhagens de feijão. Dados obtidos em Patos de Minas no período de 2002 a 2012

Variáveis no modelo	R^2			
	Inverno	Secas	Águas	Média
Precipitação acumulada (P) – mm	0,001	0,003	0,099	0,021
Temp. máxima (Tx) - °C	0,113	0,001	0,182	0,050
Temp. média (T) - °C	0,010	0,025	0,283	0,053
Temp. mínima (Tm) - °C	0,026	0,328	0,116	0,072
Umidade do Ar (U) - %	0,011	0,003	0,054	0,007
P - Tx	0,119	0,022	0,203	0,054
P - T	0,016	0,067	0,283	0,110
P - Tm	0,026	0,341	0,128	0,369
P - U	0,011	0,004	0,128	0,052
Tx-T	0,435	0,059	0,284	0,064
Tx - Tm	0,361	0,343	0,238	0,121
Tm - T	0,194	0,331	0,298	0,073
U - Tx	0,473	0,025	0,382	0,050
U - T	0,101	0,061	0,362	0,086
U - Tm	0,026	0,344	0,137	0,310
P - Tx - T	0,574	0,343	0,284	0,392
P - Tx - Tm	0,361	0,068	0,238	0,130
P - Tm - T	0,220	0,406	0,302	0,527
P - U - Tx	0,475	0,085	0,388	0,103
P - U - T	0,125	0,080	0,371	0,128
P - U - Tm	0,026	0,346	0,148	0,369
Tx - Tm - T	0,443	0,591	0,328	0,436
U - Tx-T	0,651	0,063	0,405	0,099
U - Tx - Tm	0,543	0,345	0,384	0,352
U - Tm - T	0,247	0,401	0,475	0,462
P - Tx - Tm - T	0,654	0,593	0,440	0,801
P - U -Tx - T	0,745	0,348	0,422	0,405
P - U - Tx - Tm	0,543	0,093	0,399	0,133

“Tabela 7, conclusão”

Variáveis no modelo	R ²			
	Inverno	Secas	Águas	Média
P – U – Tm – T	0,295	0,503	0,476	0,548
U – Tx – Tm – T	0,659	0,595	0,489	0,593
P – U – Tx – Tm – T	0,976	0,595	0,534	0,838

5 DISCUSSÃO

O emprego de testemunhas em experimentos de avaliação de progênes e/ou linhagens tem a vantagem de possibilitar a comparação de grupos de tratamentos em diferentes ambientes, anos e/ou locais (GOMES, 2009). Infelizmente em grande número dos casos essas testemunhas são substituídas em intervalos muito curtos, o que impossibilita análise de dados envolvendo amplitude maior de condições. Além do mais normalmente é utilizados um número muito pequeno de testemunhas, geralmente uma ou duas (BESAG; LANE, 1986; KEMPTON; TALBOT, 1988; PLAISTED; PETERSON, 1959; TAI, 1969). Nesse trabalho foram utilizadas cinco testemunhas por onze anos consecutivos. Das cinco linhagens quatro apresentam grãos tipo carioca e todas são ou já foram recomendadas para o cultivo em Minas Gerais. A Ouro Negro é a única que é de grão preto e também recomendada para o estado (POSSE et al., 2010). Na comparação das médias das linhagens envolvendo todos os ambientes, 89 experimentos – combinação de três locais e épocas de semeadura e todos os anos de avaliação-, foram formados dois grupos. A condição de ocorrência de variação entre as linhagens é indispensável para que o objetivo do trabalho pudesse ser atingido.

Os três locais utilizados apresentam características bem distintas em termos de propriedades físicas e fertilidade dos solos. Também diferem em condições climáticas (FURTINI, 2008; LIMA, 2013). Além disso, as condições de ocorrência de patógenos são diferentes. Essas diferenças ficaram bem evidenciadas nas análises realizadas (Tabelas 3 e 5).

Entre muitas regiões do Brasil, especialmente no estado de Minas Gerais, o feijão pode ser semeado praticamente todo o ano. Para facilitar o intercâmbio de informações os meses de semeadura são agrupados em algumas épocas (VIEIRA et al., 2005). Considerando os três locais em que foram

conduzidos os experimentos tem-se a denominada safra “das secas”- semeadura nos meses de Fevereiro /Março, a safra de “outono/inverno”- semeadura em Julho/Agosto e safra “das águas” – semeadura em Outubro/Novembro. As condições climáticas nessas três safras são bem distintas (Figuras 3A, 3B, 3C e Tabela 4A). A “das secas” coincide como final do período de precipitações intensas e temperaturas mais elevadas. Na fase vegetativa, na denominada de “outono/inverno”, praticamente não ocorre precipitação e a cultura é toda irrigada. Já na “das águas”, normalmente a precipitação é intensa, a umidade relativa do ar e a temperatura são altas. Essas diferenças entre safras foram comprovadas nas análises realizadas (Tabelas 3 e 5). Inúmeros outros trabalhos de avaliação de linhagens conduzidos nesses mesmos três locais é comum a ocorrência de diferenças na produtividade média das linhagens entre as três safras (LIMA, 2013; MATOS; RAMALHO; ABREU, 2007).

Na concepção de Allard e Bradshaw (1964), o efeito de anos é imprevisível, ou seja, as condições climáticas e ocorrência de fatores bióticos entre os anos são imprevisíveis. Essas diferenças repercutiram no desempenho das linhagens como foi observado (Tabelas 3 e 4). Procurou-se identificar entre os fatores climáticos, para Lavras e Patos de Minas, aqueles que mais explicaram a variação na produtividade média dos experimentos (Tabela 4A). De modo geral, nenhum fator climático isolado explicou um valor expressivo da variação observada na produtividade de grãos (Tabelas 6 e 7). Contudo quando eles foram associados, especialmente em Patos de Minas, a contribuição foi marcante. Em realidade, é difícil imaginar que a ocorrência de precipitação, por exemplo, não afete outras variáveis climáticas, como umidade e temperatura, o que explica o efeito combinado das mesmas. Deve ser salientado, que entre os anos e até mesmo as épocas de semeadura, além do clima, podem ocorrer pequenas variações no manejo e na fertilidade do solo dentro de uma mesma estação experimental. Assim não somente os fatores climáticos seriam os

responsáveis pela variação no desempenho do feijoeiro. Os experimentos realizados são na realidade uma forma de prever o que irá ocorrer nos campos dos agricultores (GAUCH; ZOBEL, 1988). Assim quando se extrapolam esses resultados para o que irá ocorrer nas propriedades dos agricultores, em anos futuros, todos esses fatores devem ser importantes.

Nos estudos da interação genótipos x ambientes é difícil identificar um ou poucos fatores ambientais responsáveis pela variação na produtividade de grãos. Assim, normalmente é empregada a produtividade média do ambiente como índice ambiental. Esse reflete o somatório de todos os fatores ambientais que estiveram envolvidos no desempenho das linhagens em um determinado ambiente (CRUZ; TORRES; VENCOVSKY, 1989; EBERHART; RUSSEL, 1966; FINLAY; WILKINSON, 1963). Essa mesma estratégia foi utilizada nas inferências realizadas no presente trabalho.

O efeito de anos é muito comum nas pesquisas realizadas na região (MATOS; RAMALHO; ABREU, 2007; RAMALHO; ABREU; SANTOS, 1998). Embora todas as fontes de variação individuais tenham sido significativas, como já mencionado, a contribuição relativa delas para variação total (R^2) foi diferente (Tabela 3). Na média dos três fatores ambientais – safra, ano e local – a contribuição foi de 11,4%. Esse valor foi de 7,4 vezes superior ao de linhagem ($R^2=1,55\%$). Em experimentos com a cultura do feijoeiro e até mesmo em outras espécies em que se avaliam progênies/linhagens, a contribuição das fontes de variação envolvendo ambientes é quase sempre mais expressiva que os genótipos (GAUCH; ZOBEL, 1996; PEREIRA et al., 2010; RAMALHO; ABREU; SANTOS, 1998; SILVA et al., 2011).

O maior desafio a ser superado pelos pesquisadores é mitigar o efeito da interação genótipos x ambientes. No presente trabalho, como todas as fontes de variação individuais foram significativas, é esperado que se ocorresse interação, elas iriam se expressar. Dos onze tipos de interação possíveis em apenas dois

- L x E x S e L x E x S x A - o nível de significância foi superior a 5%. (Tabela 3). Adicionalmente foi constatada que a contribuição das interações para a variação total, estimado por meio do R^2 , apresentou grande divergência, variando de 0,42% (L x S) a 16,53% (S x A) (Tabela 3). É interessante ressaltar que o somatório da contribuição para variação total das seis interações envolvendo linhagens corresponde apenas a 17,5 %. Contudo, na literatura os relatos sobre a contribuição das interações nem sempre são concordantes. Ramalho, Abreu e Santos (1998) e Silva et al. (2011) observaram que a interação L x E e L x S contribuíram menos que a L x A, como ocorreu no presente trabalho. Já Matos, Ramalho e Abreu (2007) e Torga et al. (2013) encontraram que a interação L x E foi de maior ou de igual magnitude que a L x S e L x A. Deve ser salientado que nesses trabalhos o número de anos envolvidos foram pequenos.

O problema em utilizar poucos anos para estimar a interação linhagens x anos (L x A) pode ser claramente observado nos resultados das figuras 4 a 6. Note que quando se utiliza dois anos, a amplitude de variação da contribuição da interação L x A é grande. Aumentando o número de anos, a contribuição da interação L x A diminuiu, como esperado. Outro ponto importante é que quando essa interação é estimada utilizando os dados médios das três safras, a amplitude de variação do R^2 é menor que a utilizando apenas uma safra. Dessa maneira mesmo não havendo interação L x S é importante que os experimentos sejam realizados nas três safras, pois dessa maneira é possível ter melhores estimativas da interação L x A.

Os Ensaios de Valores de Cultivo e Uso (VCU), que são experimentos obrigatórios por lei para recomendar uma cultivar, tem como uma de suas regras, que os experimentos sejam conduzidos em no mínimo dois anos (BRASIL, 2006). O fato de avaliar em pelo menos dois anos é para que o efeito dessa interação seja estimado. Porém surge a dúvida se dois anos são suficientes para

que a recomendação possa refletir o desempenho relativo das linhagens no futuro.

Buscando responder essa indagação foram simulados experimentos envolvendo várias combinações de anos. A coincidência das duas melhores linhagens avaliadas nos onze anos com as melhores identificadas nas diferentes combinações de anos não foi alta, independente do número de anos, dos locais e safras. Isso reflete a interação linhagens x ambientes. O importante para o melhorista não é ter uma coincidência perfeita, mas que pelo menos uma das linhagens esteja no grupo das melhores. Veja que nesse caso a porcentagem de coincidência é muito maior – acima de 69 % - mesmo com apenas dois anos (Figuras 7 a 9). Note ainda que a simulação realizada na média das três safras quase sempre obteve maior coincidência, indicando mais uma vez que é importante avaliar em mais de uma safra por ano. Essa é uma vantagem da cultura do feijoeiro em relação às outras espécies anuais, pois como ela tem ciclo curto, permite avaliar as linhagens nas três safras em um mesmo ano aumentando o número de repetições na obtenção das médias. Troyer (1996) comenta que o melhor jeito de se escolher um híbrido ou linhagem com ampla adaptação, ou seja, mitigar o efeito da interação é avaliar os genótipos com o maior número de repetições possível. É evidente que o número de anos é difícil de ser ampliado por atrasar a recomendação da cultivar, o que é indesejável. Como foi visto, dois anos mostraram-se suficientes, especialmente quando se considerou a média das três safras nos três locais. A probabilidade de identificar uma das duas linhagens com o melhor desempenho nos onze anos foi acima de 90%. Dessa maneira dois anos já seriam suficientes para identificar pelo menos uma das melhores linhagens.

Na cultura do feijoeiro não existem trabalhos avaliando o número de anos na recomendação de linhagens. Mas para outras culturas, como a da soja e do milho, foram encontrados relatos do número de anos necessários para melhor

avaliação das cultivares(CROSS;HELM, 1986; MA;STÜTZEL, 2014; YAN; RAJCAN, 2003). De modo geral, os resultados foram coerentes com os anteriormente relatados, ou seja, que dois anos já seriam suficientes. Porém é importante salientar, que esses trabalhos foram realizados com um banco de dados desbalanceados, onde o número de cultivares que se repetiam entre os anos era pequeno.

Um questionamento que poderia ser colocado na proposta desse trabalho é que o número de linhagens avaliadas foi pequeno e que a coincidência obtida poderia ser explicada pelo acaso. Em princípio, o argumento é válido. Contudo, foi simulado (dados não apresentados) qual seria a coincidência das linhagens classificadas no grupo das piores coincidirem nas primeiras posições nas simulações. Embora em alguns casos a coincidência fosse até próxima a que seria obtida ao acaso, não houve constância nos resultados quando se aumentou o número de anos como ocorreu no caso das consideradas, ou seja, apenas as melhores. Assim a coincidência obtida nesse trabalho não deve ser fruto apenas do acaso.

Como comentado, os experimentos de avaliação de linhagens e ou híbridos como é o caso do VCU têm como foco identificar os genótipos que irão continuar com o melhor desempenho no campo dos agricultores(GAUCH; ZOBEL, 1988). Como já mencionado, nas normas dos experimentos de VCU do feijoeiro e de outras espécies anuais, foi estabelecido aparentemente sem nenhum fundamento científico, que dois anos, representariam os anos futuros que a(s) cultivar (es) recomendadas encontrariam nas propriedades dos agricultores. No caso do feijoeiro, observou-se no presente trabalho, que a decisão foi correta.

6 CONCLUSÕES

A magnitude relativa da interação linhagens x anos foi superior a todas as outras interações envolvendo linhagens.

A utilização de dois anos, como proposto nas normas dos ensaios do VCU, mostrou-se eficiente para recomendação de novas cultivares. Contudo, as estimativas da interação linhagens x anos foram inconsistentes especialmente quando não se consideram as três épocas - safras - de semeaduras simultaneamente no mesmo ano.

REFERÊNCIAS

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

ANNICCHIARICO, P. **Genotype x environment interactions**: challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. Rome: FAO, 2002. 105 p. (FAO Plant Production and Protection Paper, 174).

BARY, D.; RICO, E.; PLANT, J. Response of bush and upright plant type selections to white mold and seed yield of common beans grown in various row widths in southern Ontario. **Canadian Journal of Plant Science**, Ontario, v. 73, p. 265-272, Jan. 1993.

BESAG, J.; LANE, M. Statistical analysis of field experiments using neighbouring plots. **Biometrika**, Arlington, v. 42, n.2, p. 231-251, June 1986.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 25**, de 23 de maio de 2006. 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. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/servlet/VisualizarAnexo?id=11376>>. Acesso em: 11dez. 2012.

BURCHFIELD, R. W. **A supplement to the Oxford English Dictionary**. Oxford: Oxford University, 1982. 1424 p.

CARBONELL, S. A. et al. Estabilidade de cultivares e linhagens de feijoeiro em diferentes ambientes no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 193-201, 2007.

CHAVES, L. J. Interação de genótipos com ambientes. In: NASS, L. L. et al. (Ed.). **Recursos genéticos & melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 1183.

COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental designs**. 2nd ed. Oxford: J. Wiley, 1957. 611 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos safras 2012/2013: segundo levantamento.** Brasília, 2013.33p.

CROSS, H. Z.; HELM, J. L. Hybrid maize selection strategies based on state yield trials. **Journal of Agronomic Education**, Madison, v. 15, n.2, p. 110-113, Sept. 1986.

CROSSA, J.; GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 3, p. 493, May/June 1990.

CROSSA, J.; YANG, R.C.; CORNELIUS, P. L. Studying crossover genotype \times environment interaction using linear-bilinear models and mixed models. **Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics**, New York, v. 9, n. 3, p. 362-380, 2004.

CRUZ, D. C.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados as melhoramento genético.** 3. ed. 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.

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).

EAGLES, H. A.; FREY, K. J. Repeatability of the stability –variance parameter in oats. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Madison, v. 17, p. 256-256. Mar./Apr. 1972.

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

ELIAS, H. T.; HEMP, S.; CANTOW, T. Análise da interação genótipo x ambiente na avaliação de cultivares de feijão em Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 271-275, 1999.

ESKRIDGE, K. M.;BYRNE, P. F.; CROSSA, J. Selection of stable varieties by minimizing the probability of disaster. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 27, n. 9072, p. 169-181, 1991.

- ESKRIDGE, K.M.; MUMM, R. F. Choosing plant cultivars based on the probability of outperforming a check. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 84, n. 3/4, p. 494-500, 1992.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4thed. Essex: Prentice Hall, 1996.464 p.
- FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. **Crop and Pasture Science**, Collingwood, v. 14, n. 6, p. 742-754, 1963.
- FURTINI, I. V. **Implicações da seleção no feijoeiro efetuada em ambientes contrastantes em níveis de nitrogênio**. 2008. 120 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- GAUCH, 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.
- GELLNER, J. Predicting superior yielding spring wheat and oat cultivars using past yield data. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, n. 2, p. 194-197, Mar. 1989.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 15.ed. São Paulo: Nobel, 2009. 451 p.
- HARRISON, P. J.; STEVENS, C. F. Bayesian forecasting. **Journal of the Royal Statistical Society Series B**, London, v. 38, n. 3, p. 205-247, 1976.
- JONES, T. A. Probability method for comparing varieties against checks. **Crop Science**, Madison, v. 912, n. 28, p. 907-912, May/June 1988.
- KANG, M. S.; MILLER, J. D. Genotype × environment interactions for cane and sugar yield and their implications in sugarcane breeding. **Crop Science**, Madison, v. 24, p. 435-440, May/June 1984.
- KEMPTON, R. A.; TALBOT, M. The development of new crop varieties. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v. 151, n. 2, p. 327-341, 1988.
- LIMA, L. K. **Implicações da interação genótipos x ambientes em ensaios de valor de cultivo e uso no estado de Minas Gerais**. 2013. 120 p. Tese

(Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

MA, D.; STÜTZEL, H. Prediction of winter wheat cultivar performance in Germany: at national, regional and location scale. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 52, p. 210-217, Jan. 2014.

MATOS, J. W. de; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. de F. B. Trinta e dois anos do programa de melhoramento genético do feijoeiro comum em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1749-1754, nov./dez. 2007.

MOHAMMADI, R. et al. Interpreting genotype \times environment interactions for durum wheat grain yields using non parametric methods. **Euphytica**, Wageningen, v. 157, n. 1/2, p. 239-251, Sept. 2007.

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.

NACHIT, M. M. et al. Use of AMMI and linear regression models to analyze genotype-environment interaction in durum wheat. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 83, n. 5, p. 597-601, Mar. 1992.

OLIVEIRA, G. V. et al. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão comum em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n.1, p. 257-265, fev. 2006.

PEREIRA, H. S. et al. Indicação de cultivares de feijoeiro comum baseada na avaliação conjunta de diferentes épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n. 6, p. 571-578, jun. 2010.

PIEPHO, H. P. Empirical best linear unbiased prediction in cultivar trials using factor-analytic variance-covariance structures. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 97, n. 1/2, p. 195-201, 1998.

PLAISTED, R. L.; PETERSON, L. C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. **American Potato Journal**, Orono, v. 36, n.11, p. 381-385, Nov. 1959.

POSSE, S.C.P. et al. **Informações técnicas para o cultivo de feijoeiro-comum na região central-brasileira: 2009-2011**. Vitória: INCAPER, 2010. 245p.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. F. B.; SANTOS, J. B. Genetic progress after four cycles of recurrent selection for yield and grain traits in common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 144, n. 1/2, p. 23-29, 2005.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. F. B.; SANTOS, J. B. 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**, Lavras, v. 22, n. 1, p. 176-181, jan./fev. 1998.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Genética na agropecuária**. 5. ed. Lavras: UFLA, 2012. 464 p.

ROCHA, M. D. E. M.; VELLO, N. A. Interação genótipos e locais para rendimento de grãos de linhagens de soja com diferentes ciclos de maturação. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 1, p. 69-81, 1999.

SCOTT, R. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping mans in the analysis of variance. **Biometrics**, Arlington, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974.

SHUKLA, G. K. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. **Heredity**, New York, v. 29, n. 2, p. 237-245, Dec.1972.

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

SILVA, G. O. da et al. Verificação da adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelos métodos AMMI, GGE biplot e REML/BLUP. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 494-501, 2011.

TAI, G. C. C. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. **Crop Science**, Madison, v. 11, n. 2, p. 184-190, Mar./Apr. 1969.

TORGA, P. P. et al. Interaction 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.

TROYER, A. F. Breeding widely adapted, popular maize hybrids. **Euphytica**, Wageningen, v. 92, n. 1, p. 163-174, 1996.

VIEIRA, C. et al. Melhoramento do feijão. In: BOREM, A.(Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 233-247.

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/June 2000.

YAN, W.; RAJCAN, I. Prediction of cultivar performance based on single-versus multiple-year tests in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 43, n. 1, p. 549-555, Feb. 2003.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Tabelas das análises de variância por local

Tabela 1 A Análise de variância conjunta da produtividade de grãos (g/parcela), envolvendo as Linhagens, safras e anos, de dados obtidos no período de 2002 a 2012 em Lavras- MG.

FV	GL	QM*3	P-value	R ² %
Linhagens(L)	4	82222,50	0,10	0,97
Ano (A)	10	1283093,10	≤0,01	37,78
Safra (S)	2	1875742,50	≤0,01	11,05
A X S	17*	493261,41	≤0,01	24,69
LX A	33*	115506,00	≤0,01	11,22
LX S	7*	55709,14	0,24	1,15
A X L X S	76	58709,37	0,02	13,14
Erro médio	1547*	42575,70		

*Graus de liberdade ajustado pelo método de Cochran e Cox (1957).

$$\sqrt{1} (SQ_{FVi} / \sum_{i=1}^n SQ_{FVi}) \times 100$$

Tabela 2A. Análise de variância conjunta da produtividade de grãos (g/parcela), envolvendo as testemunhas, safras e anos, de dados obtidos no período de 2002 a 2012 em Lambari- MG.

FV	GL	QM	P-value	R ² %
Linhagens(L)	4	434094,75	≤0,01	6,41
Ano (A)	10	393534,90	≤0,01	14,52
Safra (S)	2	3745645,50	≤0,01	27,63
A X S	17*	464672,65	≤0,01	29,14
LX A	35*	88859,83	≤0,01	11,47
LX S	7*	33158,57	0,36	0,86
A X L X S	68	39769,37	0,04	9,98
Erro médio	1571*	30004,48		100

**Graus de liberdade ajustado pelo método de Cochran e Cox (1957).

$$\sqrt{1} (SQ_{FVi} / \sum_{i=1}^n SQ_{FVi}) \times 100$$

Tabela 3A. Análise de variância conjunta da produtividade de grãos (g/parcela), envolvendo as testemunhas, safras e anos, de dados obtidos no período de 2002 a 2012 em Patos de Minas- MG.

FV	GL	QM*3	P-value	R ² %
Linhagens(L)	4	51746,25	0,08	0,66
Ano (A)	10	818417,10	≤0,01	26,17
Safra (S)	2	2459373,00	≤0,01	15,73
A X S	15*	1006486,00	≤0,01	48,28
LX A	31*	28380,97	0,26	2,81
LX S	7*	35607,00	0,18	0,80
A X L X S	56	30943,71	0,10	5,54
Erro médio	1343*	24552,27		100,00

**Graus de liberdade ajustado pelo método de Cochran e Cox (1957).

$$\sqrt{1} (SQ_{FV_i} / \sum_{i=1}^n SQ_{FV_i}) \times 100$$

Tabela 4A. Médias e limites inferiores (LI) e superiores (LS) das Temperaturas mínima (Tm), média (T), máxima (Tx), precipitação acumulada (P) e umidade relativa do ar (%) para cada safra em cada localidade para o período de anos em que os experimentos foram avaliados.

Local	Variável	Média e Limites	Safras		
			Águas	Secas	Inv.
Lavras	Tm	Média	18,0	16,0	12,8
		^{1/} LI – LS	17,0-18,7	15,4-16,9	12,0-14,3
	T	Média	22,1	20,7	18,8
		LI – LS	21,2-23,0	20,0-21,6	18,3-19,6
	Tx	Média	28,3	27,5	26,9
		LI – LS	27,5-29,2	26,7-28,5	26,2-27,5
	URA	Média	76,4	73,9	62,9
		LI – LS	74,0-78,7	67,0-78,0	57,7-68,3
	P	Média	770	248	75
		LI – LS	500-964	101-389	12-172
Patos de Minas	Tm	Média	18,5	16,4	14,4
		LI – LS	17,7-18,5	15,4-16,4	13,9-14,4
	T	Média	22,6	21,3	20,8
		LI – LS	21,8-22,9	21,0-22,2	20,4-21,4
	Tx	Média	28,7	28,1	28,5
		LI – LS	27,7-29,3	27,3-29,3	27,8-29,2
	URA	Média	65,0	57,9	40,0
		LI – LS	63,0-68,3	53,0-62,7	34,7-48,0
	P	Média	835	336	63
		LI – LS	490-1033	87-537	15-179

^{1/} Limite inferior e superior