



ANDREZA RAFAELY MARTINS JOSÉ

**ESTRATÉGIAS EXPERIMENTAIS PARA AVALIAÇÃO DE
LINHAGENS EM PROGRAMAS DE MELHORAMENTO DO
FEIJOEIRO**

LAVRAS - MG

2022

ANDREZA RAFAELY MARTINS JOSÉ

**ESTRATÉGIAS EXPERIMENTAIS PARA AVALIAÇÃO DE
LINHAGENS EM PROGRAMAS DE MELHORAMENTO DO
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 obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Vinícius Quintão Carneiro

Orientador

LAVRAS-MG

2022

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

José, Andreza Rafaely Martins.

Estratégias Experimentais para Avaliação de Linhagens em Programas de Melhoramento do Feijoeiro / Andreza Rafaely Martins José. - 2022.

69 p.

Orientador(a): Vinícius Quintão Carneiro.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. precisão experimental. 2. melhoramento do feijoeiro. 3. acurácia. I. Carneiro, Vinícius Quintão. II. Título.

ANDREZA RAFAELY MARTINS JOSÉ

**ESTRATÉGIAS EXPERIMENTAIS PARA AVALIAÇÃO DE LINHAGENS EM
PROGRAMAS DE MELHORAMENTO DO FEIJOEIRO**

**EXPERIMENTAL STRATEGIES FOR EVALUATION OF BEAN LINES
BREEDING PROGRAMS**

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 obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 15 de julho de 2022.

Dr. José Eustáquio de Souza Carneiro – UFV

Dr. Magno Antônio Patto Ramalho – UFLA

Dr. Tiago de Souza Marçal – UFLA

Prof. Dr. Vinícius Quintão Carneiro

Orientador

LAVRAS-MG

2022

*À minha família e amigos, por todo suporte,
confiança, paciência e amor.
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

À minha mãe e meus avós que nunca mediram esforços para me ajudar a realizar todos os meus sonhos, não importando quais sejam. Por serem meu alicerce e minha força. Eu não teria conseguido sem o apoio de vocês.

Aos meus irmãos pelos momentos de sorrisos e distrações nos meus momentos de cansaço.

Aos meus amigos Saulo, Caterynne, Thalita, Jenniffer e Jack, que mesmo longe sempre tinham alguma palavra de conforto para me dar.

Às amigadas que fiz ao longo do mestrado, em especial Leonardo, Camila, Beatriz, Marcelo, Felipe. Por todo apoio incondicional, palavras de força e conforto e companheirismo. Vocês se tornaram parte da minha família.

Ao meu orientador, o Prof. Dr. Vinícius Quintão Carneiro, pela orientação, paciência e atenção, ajuda e confiança, conhecimento e parceria, profissionalismo e dedicação no desenvolvimento deste trabalho.

À minha equipe de trabalho Danilo, Rafaela, Júlio, Domingos, José Dique, Everton, Lucas, Lorena e todos os técnicos que ajudaram no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço especialmente aos estudantes de doutorado e amigos, Leonardo Oliveira e Reberth Renato, por toda contribuição neste trabalho, ajuda e parceria.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Biologia, ao Programa de Genética e Melhoramento de Plantas e a todos os professores, técnicos e funcionários, por toda estrutura, oportunidade de estudo, aprendizado e crescimento acadêmico, profissional e pessoal.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio.

À banca avaliadora de Defesa, Prof. Dr. José Eustáquio Carneiro, Prof. Dr. Magno Antônio Patto Ramalho e Prof. Dr. Tiago de Souza Marçal, pela atenção e contribuição ao trabalho.

A Deus, por ter colocado todas essas pessoas em meu caminho e ter me permitido chegar até aqui e ter conseguido realizar mais este sonho.

E a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho e para que me ajudaram a vencer mais essa etapa da minha vida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

MUITO OBRIGADA!

“O período de maior ganho em conhecimento e experiência é o período mais difícil da vida de alguém.” (Dalai Lama)

RESUMO GERAL

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) no mundo. Atualmente, o consumo per capita desta leguminosa no país está em torno de 12,7 kg/hab/ano. A produção desta cultura, na safra 2020/21, foi de 2,8 milhões de toneladas, em uma área estimada de 2,9 milhões de hectares, correspondendo a uma produtividade média de 1489 kg/ha⁻¹. A busca de maior eficiência nos programas de melhoramento genético é constante, devido ao fato de precisar aumentar a produtividade e a estabilidade das espécies cultivadas. Para a escolha de linhagens promissoras e obtenção de resultados confiáveis, é necessária a realização de experimentos com alta precisão. Aumentar o número de repetições é o método mais geral e eficiente para isso. No entanto, o aumento indefinido do número de repetições acarreta custos elevados dos experimentos e área experimental demasiadamente grande para os experimentos em campo. Por isso, no planejamento experimental deve-se combinar o número de repetições com a escolha criteriosa de um tamanho e formato adequado de parcela. Este trabalho teve como objetivo determinar o formato de parcela e número de repetições ideal para a avaliação de linhagens no melhoramento do feijoeiro. O presente trabalho constou de quatro experimentos de campo, sendo dois experimentos conduzidos na safra das “águas” de 2020, e os outros dois experimentos na safra da “seca” de 2021. Foram avaliadas um total de 75 linhagens de feijão de grãos tipo carioca quanto a produtividade de grãos. A fim de verificar o efeito do formato da parcela na avaliação de linhagens foram realizadas análises conjuntas de variância com os dados dos experimentos com formatos de parcela distintos na mesma safra. Para verificar o efeito do número de repetições foram realizadas simulações de análises individuais de variância considerando número diferentes de repetições nos experimentos com três e seis repetições. Constatou-se neste trabalho que experimentos conduzidos com duas repetições e com parcelas de duas linhas de dois metros demonstram ser suficientes para realizar a seleção acurada de linhagens em programas de melhoramento do feijoeiro.

Palavras-Chaves: Precisão experimental. Melhoramento do feijoeiro. Acurácia.

GENERAL ABSTRACT

Brazil is one of the largest producers and consumers of bean common (*Phaseolus vulgaris* L.) in the world. Currently, the per capita consumption of this legume in the country is around 12.7 kg/inhabitant/year (EMBRAPA, 2021). The production of bean common in the 2020/21 harvest was 2.8 million tons, in an estimated area of 2.9 million hectares, corresponding to an average productivity of 1489 kg/ha⁻¹. The search for greater efficiency in genetic improvement programs is constant, due to the need to increase the productivity and stability of cultivated species. In order to choose promising strains and obtain reliable results, it is necessary to carry out experiments with high precision. Increasing the number of repetitions is the most general and efficient method for this. However, the indefinite increase in the number of repetitions leads to high testing costs and an experimental area that is too large for field experiments. Therefore, in the experimental design, the number of repetitions must be combined with the judicious choice of an adequate plot size and format. The objective of this work was to determine the ideal plot format and number of repetitions for the evaluation of lines in common bean breeding. The present work consisted of four field experiments, two experiments conducted in the 2020 "water" harvest, and the other two experiments in the 2021 "drought" harvest. A total of 75 carioca-type bean lines were evaluated, regarding grain productivity. In order to verify the effect of the plot format on the evaluation of lines, joint analyzes of variance were performed with data from experiments with different plot formats in the same season. To verify the effect of the number of repetitions, simulations of individual analyzes of variance were performed considering different numbers of repetitions in the experiments with three and six repetitions. It was found in this work that experiments conducted with two replications and with plots of two lines of two meters proved to be sufficient to carry out the accurate selection of lines in bean breeding programs.

Keywords: Experimental precision. Common bean breeding. Accuracy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Regressões lineares simples dos valores médios para estatística F e da acurácia em função do número de repetições nos diferentes cenários de análise individual de variância das simulações com diferentes números de repetições dos experimentos conduzidos com uma linha de dois metros nas safras das “Águas” de 2020 (A e B) e “Seca” de 2021 (C e D)53

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Linhagens de feijão carioca recomendadas no Brasil ou em desenvolvimento, ano de recomendação ou desenvolvimento e instituição de origem (continua)..... | 35 |
| Tabela 2 - Cenários quanto ao número de repetições simulados com os dados dos experimentos de avaliação de linhagens conduzidos com três e seis repetições nas safras das “águas” de 2020 e “seca” de 2021. | 37 |
| Tabela 3 - Cenários de análise conjunta de variância quanto ao formato de parcela, simulados com os dados dos experimentos de avaliação de linhagens conduzidos com uma ou duas linhas de dois metros em cada uma das safras das “águas” de 2020 e “seca” de 2021. | 38 |
| Tabela 4 - Valores médios (Med), mínimos (Min) e máximos (Max) dos parâmetros média geral dos experimentos, quadrado médio (QMG), estatística F e p-valor associados ao efeito de linhagens observados nas simulações realizadas para os dois cenários de análise individual de variância considerando número de repetições diferentes dos experimentos conduzidos nas safras das águas de 2020 e seca de 2021, com parcelas com duas linhas de dois metros. | 42 |
| Tabela 5 - Valores médios (Med), mínimos (Min) e máximos (Max) dos parâmetros coeficiente de variação (CV%) e acurácia <i>rgg</i> observados nas simulações realizadas para os dois cenários de análise individual de variância considerando número de repetições diferentes dos experimentos conduzidos nas safras das águas de 2020 e seca de 2021, com parcelas com duas linhas de dois metros. | 42 |
| Tabela 6 - Valores médios (Med), mínimos (Min) e máximos (Max) dos parâmetros média geral, coeficiente de variação (CV%) e acurácia (<i>rgg</i>) observados nas simulações realizadas para os dois cenários de análise individual de variância considerando número de repetições diferentes dos experimentos conduzidos nas safras das águas de 2020 e seca de 2021, com parcelas com uma linha de dois metros. | 43 |
| Tabela 7 - Valores médios (Med), mínimos (Min) e máximos (Max) dos parâmetros quadrado médio (QMG), estatística F e p-valor associados ao efeito de linhagens observados nas simulações realizadas para os dois cenários de análise individual de variância considerando número de repetições diferentes dos experimentos conduzidos nas safras das águas de 2020 e seca de 2021, com parcelas com duas linhas de dois metros. | 43 |
| Tabela 8 - Correlações entre blocos dos experimentos com os dois formatos de parcela conduzidos nas safras das “Águas” de 2020 e “Seca” de 2021 avaliados quanto a produtividade de grãos e arquitetura de plantas..... | 45 |
| Tabela 9 - Valores médios (Med), mínimos (Min) e máximos (Max) dos parâmetros quadrado médio (QMG), estatística F e p-valor associados ao efeito da interação linhagens por experimentos observados nas simulações realizadas para os dois cenários de análise conjunta de variância considerando número de repetições diferentes dos experimentos conduzidos nas safras das águas de 2020 e seca de 2021. | 47 |
| Tabela 10 - Valores médios (Med), mínimos (Min) e máximos (Max) dos parâmetros quadrado médio (QMG), estatística F e p-valor associados ao efeito de linhagens observados nas simulações realizadas para os dois cenários de análise conjunta de variância considerando número de repetições diferentes dos experimentos conduzidos nas safras das águas de 2020 e seca de 2021..... | 47 |

SUMÁRIO

| | | |
|------------|---|-----------|
| | PRIMEIRA PARTE | 13 |
| 1 | INTRODUÇÃO GERAL | 14 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 16 |
| 2.1 | A cultura e o melhoramento do feijoeiro no Brasil | 16 |
| 2.2 | Experimentação aplicada ao melhoramento do feijoeiro..... | 17 |
| 2.3 | Tamanho e formato ótimo de parcelas em experimentos | 19 |
| 2.4 | Número ótimo de repetições em experimentos | 21 |
| | REFERÊNCIAS..... | 23 |
| | SEGUNDA PARTE – ARTIGO | 31 |
| | ARTIGO 1 - ESTRATÉGIAS EXPERIMENTAIS PARA AVALIAÇÃO DE LINHAGENS EM PROGRAMAS DE MELHORAMENTO DO FEIJOEIRO .. | 32 |
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 33 |
| 2 | MATERIAL E MÉTODOS | 35 |
| 2.1 | Efeito do número de repetições na avaliação de linhagens de feijão | 37 |
| 2.2 | Efeito do formato da parcela na avaliação de linhagens..... | 38 |
| 2.3 | Análises estatísticas..... | 39 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 40 |
| 4 | CONCLUSÃO | 54 |
| | REFERÊNCIAS..... | 55 |
| | ANEXO A – Resultados de todas as análises individuais de variância | 58 |
| | ANEXO B - Resultados de todas as análises conjuntas de variância com duas repetições das safras “Águas” 2020 e “Seca” 2021 | 63 |
| | ANEXO C - Resultados de todas as análises conjuntas de variância com três repetições das safras “Águas” 2020 e “Seca” 2021 | 67 |

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) no mundo. O consumo per capita desta leguminosa no país está em torno de 12,7 kg/hab/ano (EMBRAPA, 2021). A produção desta cultura, na safra 2019/20, foi de 2,37 milhões de toneladas, em uma área estimada de 1,58 milhões de hectares, correspondendo a uma produtividade média de 1498 kg/ha⁻¹ (EMBRAPA, 2021). Contudo, a cultura tem potencial para produzir acima de 3000 kg/ha⁻¹ em áreas irrigadas.

O feijão carioca é o mais cultivado e consumido no Brasil com cerca de 70% da produção nacional (CAPANEMA et al., 2019). Como reflexo dessa maior importância no Brasil, a maioria dos programas de melhoramento do país concentram suas pesquisas neste tipo comercial, resultando em um maior número de cultivares de feijão carioca recomendadas no Brasil (BARILI et al., 2016a; CAPANEMA et al., 2019). Uma nova cultivar de feijão carioca deve ser altamente produtiva, adaptada às condições de cultivo, com plantas que apresentem arquitetura ereta adaptadas a colheita mecanizada, resistentes aos principais fatores bióticos e abióticos, além de possuir grãos com aspecto comercial de interesse (LEMOS et al., 2020).

A seleção de linhagens superiores é uma etapa crucial para alcançar o sucesso nos programas de melhoramento do feijoeiro. As linhagens obtidas a partir de cruzamentos direcionados ou em programas de seleção recorrente são avaliadas extensivamente até serem identificadas aquelas com potencial para serem recomendadas aos produtores. Inicialmente, um grande número de linhagens é avaliado em menor número de locais em ensaios preliminares (MENEZES JUNIOR et al., 2011). Isso ocorre pois se dispõe de número limitado de sementes ou de recurso para ser empregados nestas avaliações. Uma vez selecionado um grupo menor de linhagens estas são avaliadas em ensaios intermediários (LEMOS et al., 2020), que são avaliadas em maior número de locais. Após serem avaliadas nesta etapa, um grupo pequeno destas linhagens que foram identificadas como superiores são avaliadas em ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) que são conduzidos em vários locais a fim de identificar aquela que será recomendada ao produtor (BRITO et al., 2018).

O sucesso de um programa de melhoramento de feijoeiro, especialmente na fase final, é dependente de experimentos bem conduzidos que permitam identificar e discriminar as melhores linhagens. Segundo Resende e Duarte (2007), nesses experimentos é desejável um alto grau de precisão experimental e, conseqüentemente, uma alta acurácia. Estes autores relatam que em experimentos de ensaio de VCU é necessário que se obtenha estimativas de

acurácia seletiva iguais ou superiores a 90%. Entretanto, os números de repetições atualmente empregados nos ensaios de VCU não possibilitam níveis ideais de acurácia seletiva.

A precisão e a acurácia dos experimentos são diretamente afetados por fatores como delineamento estatístico, tamanho da parcela, número de repetições e emprego de bordadura (RAMALHO et al., 2012). Nas etapas iniciais de avaliação de linhagens de feijoeiro alguns experimentos têm sido conduzidos em delineamentos como blocos aumentados ou parcialmente replicados e emprego de parcelas de uma linha de dois metros, principalmente em situações que não se dispõe de sementes suficientes. Entretanto, baixa precisão experimental tem se observado nesses tipos de experimentos. Razão pela qual em muitos dos casos não se tem detectado variabilidade genética entre as linhagens avaliadas. Uma alternativa é conduzir experimentos em delineamentos com pelo menos duas repetições e parcelas de tamanho menor como por exemplo uma linha de um ou dois metros.

Nas situações que se dispõe de semente suficiente, a avaliação de linhagens é realizada em experimentos conduzidos com pelo menos três repetições e parcelas de duas linhas de dois metros. Em experimentos desta natureza tem se obtido valores de coeficiente de variação mais baixos, o que indica melhor precisão experimental. Muitas das vezes não é possível realizar tais experimentos em maior número de locais. Uma alternativa para conduzir estes experimentos em mais locais seria reduzir o tamanho das parcelas e/ou de repetições, desde que não prejudique a seleção das melhores linhagens.

A informação das condições ideais de experimentos na avaliação de linhagens em ensaios preliminares e intermediários quanto a fatores associados a acurácia e precisão experimental é de grande importância para os programas de melhoramento que almejam ter sucesso na seleção de linhagens superiores. Todavia, deve-se ressaltar que para determinação destas condições deve-se considerar também fatores de ordem prática, tais como a disponibilidade de área, de recursos e da necessidade de realização de maior número de experimentos em outras localidades (CHAVES, 1985). Entretanto, ainda não se dispõe dessas informações de forma concreta para a cultura do feijoeiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura e o melhoramento do feijoeiro no Brasil

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a principal espécie do gênero *Phaseolus*, utilizada na alimentação humana no mundo. Além desta, outras quatro espécies deste gênero (*P. lunatus*, *P. acutifolius*, *P. coccineus* e *P. polyanthus*) também são cultivadas em alguns países e são fonte alimentar (ANTUNES, 2008). Os principais produtores mundiais de feijão são: Mianmar, Índia, Brasil, China, Tanzânia, Uganda, Estados Unidos, México, Quênia e Burundi (FAOSTAT, 2021). A produção desta cultura, na safra 2019/20, foi de 2,37 milhões de toneladas, em uma área estimada de 1,58 milhões de hectares, correspondendo a uma produtividade média de 1498 kg/ha⁻¹ (EMBRAPA, 2021).

Os Estados Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e Bahia, são os maiores produtores de feijão comum, correspondendo a 68% da produção e 53% da área cultivada anualmente (CONAB, 2020). O Estado de Minas Gerais apresenta a segunda maior produção de feijão comum do país, com produção de 536 mil toneladas, que representa 21,2% de toda produção nacional, em uma área de 316 mil ha, gerando uma produtividade média de 1695 kg/ha superior à média de produtividade nacional (EMBRAPA, 2021).

O feijão-comum é uma cultura de grande importância socioeconômica no Brasil, uma vez que constitui parte da alimentação diária da população com um consumo per capita nacional de 12,7 kg/hab/ano (EMBRAPA, 2021). Além de ser fonte de proteína de baixo custo se comparada a proteína de origem animal, os grãos desta leguminosa são fonte de ferro, potássio, vitaminas do complexo B e compostos fenólicos (CAMARA; URREA; SCHLEGE, 2013).

No Brasil são produzidos vários tipos de grãos comerciais, como por exemplo, carioca, preto, vermelho, jalo, rosinha, mulatinho, entre outros (CARDOSO et al., 2013). Mesmo com a preferência pelo tipo de grão sendo regionalizada, o feijão do tipo carioca é o mais cultivado e consumido no Brasil, com cerca de 70% da produção nacional (EMBRAPA, 2021). Como reflexo dessa maior importância no Brasil, a maioria dos programas de melhoramento do país concentram suas pesquisas neste tipo comercial, resultando num maior número de cultivares de feijão carioca recomendadas no Brasil (BARILI et al. 2016, LEMOS et al. 2020; CAPANEMA et al., 2019). A maior produção de feijão-comum do tipo carioca no Estado de Minas Gerais concentra-se nas regiões Noroeste, Sul, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (MELO et al., 2007). O plantio nessas regiões é predominantemente comercial, com emprego de altos níveis de tecnologia nas lavouras. Destas, a utilização da irrigação por aspersão via pivô central tem

favorecido o cultivo do feijoeiro e proporcionado aos produtores incremento nos níveis de produtividade, especialmente na safra de “outono-inverno” (SILVA; WANDER, 2018).

O feijão tem sido cultivado em algumas regiões do Brasil em três safras: “águas” (semeadura de outubro a novembro), “seca” (semeadura de fevereiro a março), e “outono-inverno” (semeadura de abril a junho). No plantio das “águas” e da “seca”, são observados cultivos tanto com baixo quanto com alto nível tecnológico. Já os cultivos de “outono-inverno” são realizados por grandes produtores altamente tecnificados e com uso de irrigação (CARNEIRO et al., 2012).

A maioria dos programas de melhoramento genético do feijoeiro no Brasil são de instituições públicas como Universidade Federal de Lavras (UFLA), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Arroz e feijão), Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina (EPAGRI), Embrapa Clima Temperado e Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). Apesar de poucas, ainda existem empresas do setor privado dedicadas ao desenvolvimento de linhagens de feijão comum como a Agronorte, entre outras.

2.2 Experimentação aplicada ao melhoramento do feijoeiro

O melhoramento genético do feijoeiro já alcançou ganhos expressivos com a cultura ao longo dos últimos 50 anos (LEMOS et al., 2020, BARILI et al., 2016a, BARILI et al., 2016b). Exemplo desse sucesso são as várias cultivares de recomendadas no Brasil (POMPEU 1997; DE FARIA et al 2004; MELO et al, 2005; MOREIRA et al, 2006; CARBONELL et al, 2008; CARNEIRO et al, 2012; RAMALHO et al, 2016; WENDLAND et al, 2018; PEREIRA et al, 2020; MELO et al, 2022). Entretanto, os programas de melhoramento têm o dever de continuar buscando pelo aumento dos ganhos para os diferentes caracteres de importância da cultura, o que não é simples uma vez as diferenças entre os genótipos avaliados são cada vez menores. Além disso, superar as cultivares já existentes no mercado não é tarefa fácil, especialmente para o tipo comercial carioca que é extensivamente trabalhado pelas diferentes instituições de pesquisa. Por isso, muito se tem dedicado ao estudo da viabilidade de ferramentas/técnicas inovadoras como a biotecnologia e fenotipagem de elevado rendimento que permitam tornar o melhoramento genético do feijoeiro mais eficiente.

Apesar do maior empenho dos programas de melhoramento em utilizar ferramentas inovadoras para se obter maior sucesso, é ainda mais evidente que é impossível selecionar

novos genótipos superiores sem o envolvimento da experimentação agrícola. Estas ferramentas são eficientes se bem utilizadas de forma conjunta com precisas e acuradas avaliações de campo ou laboratório. A maior precisão dos experimentos permite detectar adequadamente a variabilidade genética existente entre progênes ou linhagens avaliadas, detectar as pequenas diferenças entre os genótipos avaliados e, conseqüentemente, aumentar a acurácia da seleção. Além disso, quanto maior a precisão, maior a confiabilidade nos testes estatísticos empregados na análise dos dados oriundos dos experimentos no melhoramento do feijoeiro.

Resende e Duarte (2007) relata que em ensaios de valor de cultivo e uso são almejadas acurácias iguais ou superiores a 90%. Os autores relatam que para alcançar estes valores é necessário que o valor da estatística F nestes experimentos seja superior a 5. Em experimentos preliminares em que são avaliados muitos genótipos é necessário que se tenha no mínimo acurácia de 70% e valores de estatística F superiores a 2. Quanto menor o erro experimental maior são os valores da estatística F, uma vez que o denominador desta estatística é o quadrado médio do erro. Portanto, uma das formas de se alcançar o que é relatado por Resende e Duarte (2007) é reduzindo o erro experimental.

O erro experimental consiste nas variações que ocorrem de forma aleatória entre as parcelas que receberam o mesmo tratamento. Assim, sua magnitude afeta diretamente o sucesso do experimento. Maiores são as chances de se detectar pequenas diferenças entre os genótipos avaliados quanto menores são os valores do erro experimental. Situação essa que é almejada pelos programas de melhoramento já que as diferenças entre os genótipos avaliados têm sido cada vez menores. Portanto, verifica-se que emprego de estratégias que permitam reduzir o erro experimental são fundamentais para aumento da acurácia de seleção e, conseqüentemente do sucesso no melhoramento do feijoeiro. Tais estratégias são baseadas nos fatores que influenciam diretamente no erro experimental.

Dentre os principais fatores que influenciam o erro experimental podemos citar a heterogeneidade do solo e a ocorrência de doenças e pragas (RAMALHO et al., 2012, LE CLERG, 1967, SMITH, 1938; HATHEWAY, 1961; MEIER; LESSMAN, 1971). Em áreas experimentais é muito comum a ocorrência de manchas no solo decorrentes do manejo inadequado de adubos aplicados nos cultivos, emprego de experimentos que testam adubação, efeito da erosão associada a chuvas e desuniformidade da irrigação (GOMEZ; GOMEZ, 1984; FEIJO et al., 2006, RAMALHO et al., 2012). Nesse contexto, além da heterogeneidade do solo, outros fatores também influenciam na precisão experimental como a heterogeneidade do material experimental, profundidade de plantio e manejo dos experimentos.

A heterogeneidade do material experimental pode ser evidentemente constatada na avaliação de progênies em gerações precoces, nas quais a variação dentro destas é muito superior à observada em linhagens. Portanto, o número de plantas por parcela nestas condições deve ser adequado para representar estas progênies de modo que a variação entre parcelas da mesma progênie nos experimentos seja somente de natureza residual (MUNIZ et al., 2009). Nos programas de melhoramento é muito comum que em experimentos de avaliação de progênies, em decorrência da abertura de bulk, as parcelas precisam ser pequenas devido o número restrito de sementes que se dispõe de cada tratamento. Assim, nestas situações se a parcela não representa a progênie, o erro experimental poderá ser inflacionado, já que além da variação residual também haverá a presença de uma fração de natureza genética, que é indesejável (BARBIN, 2003). Portanto, o uso de parcelas com tamanho e formato adequados são essenciais para que se tenha experimentos com elevada precisão experimental (MORAIS et al., 2014; CARGNELUTTI FILHO et al., 2015) e, conseqüentemente, uma elevada acurácia de seleção (SMIDERLE et al., 2014).

Segundo Brito et al. (2012), uma outra alternativa para a redução do erro experimental é o emprego de um delineamento estatístico adequado ao experimento que se tem interesse em conduzir. Avaliações de grande quantidade de genótipos requerem o emprego de delineamentos estatísticos que melhor controlem as variações que ocorrem na área. Por isso, tem sido muito utilizado no melhoramento do feijoeiro delineamentos de blocos incompletos como o látice quadrado. Assim, um bom planejamento do experimento visa o controle das variações que podem ocorrer na área experimental.

Outro desafio no planejamento de um experimento é determinar o número de repetições dos tratamentos. O aumento do número de repetições é o método mais eficiente para aumentar a precisão dos experimentos. As repetições melhoram a capacidade de um teste estatístico detectar diferenças menores entre as médias dos tratamentos (PIMENTEL-GOMES, 1994; VELINI et al., 2006). Entretanto, para não elevar os custos ou aumentar demasiadamente a exigência em área experimental, deve-se combinar o número de repetições, o tamanho e formato das parcelas e a escolha dos genótipos (MARTIN et al., 2004).

2.3 Tamanho e formato ótimo de parcelas em experimentos

Na avaliação genótipos de feijão, geralmente a parcela constitui de um conjunto de plantas cultivadas em uma área restrita. As parcelas devem ter o número de plantas adequado que permita a quantificação precisa das características que são de interesse para o pesquisador (STORCK et al., 2000). Durante o planejamento de um ou mais experimentos é necessário que

o pesquisador defina adequadamente o que constituirá a unidade experimental ou parcela, visando aumentar a eficiência do experimento, mediante a redução do erro experimental. Espera-se com isso a obtenção de testes mais poderosos, com potencial de detecção de diferenças entre níveis de um fator cada vez menores (PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009).

O tamanho e forma das parcelas não devem ser generalizados para qualquer cultura ou finalidade de experimento (OLIVEIRA; ESTEFANEL, 1995). A determinação do tamanho e formato ótimo da parcela depende de vários fatores, tais como: a cultura, o caráter a ser avaliado, o nível de erro experimental considerado aceitável para a mensuração do caráter, questões de ordem prática, a variabilidade dos tratamentos dentro da parcela, a fase em que o programa de pesquisa se encontra, o número de tratamentos, o delineamento experimental, as particularidades de crescimento da cultura e o custo por indivíduo em relação ao custo por unidade experimental (PORTMANN; KETATA, 1997; ANDRADE, 2002; ALVES; SERAPHIN, 2004). Para Durner (1989), o tamanho da parcela é de grande importância em experimentos de campo. Segundo o autor, experimentos com parcelas pequenas requerem maior número de repetições, já parcelas grandes são dos pontos de vista estatístico e prático mais desejáveis.

Paranaíba (2007) destaca a importância da utilização de métodos confiáveis de determinação do tamanho ótimo de parcelas. Wood e Stratton (1910) apresentaram um dos primeiros trabalhos que demonstraram a influência do tamanho da parcela sobre o erro experimental. Os experimentos em branco é um dos principais métodos para determinar o tamanho e formato ótimo de parcelas experimentais. Este consiste no cultivo em toda a extensão de uma área com um determinado material experimental, submetendo-se toda a área a práticas culturais semelhantes. Logo, a área é dividida em unidades básicas, nas quais a produção de cada uma delas é medida separadamente, de tal maneira que o rendimento das unidades básicas próximas possa ser somado para formar parcelas de diferentes tamanhos e formas. É possível, assim, avaliar e comparar a variabilidade do solo e estimar o tamanho ótimo de parcela (STORCK et al., 2000).

Associadas às estratégias de avaliação em campo tem sido empregadas metodologias estatísticas para determinação do tamanho e formato ótimo de parcelas. Vários são os parâmetros estatísticos que têm sido utilizados para auxiliar nesta escolha como por exemplo o coeficiente de variação experimental (LEITE; PETERNELLI; BARBOSA, 2006). Para cada um destes parâmetros os estudos têm empregado os métodos estatísticos da curvatura máxima

ou modelos de regressão linear ou quadrática com resposta em platô (PEIXOTO et al., 2011; PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009; STORCK, 1979; STORCK et al., 1982).

A literatura sobre tamanho de parcelas em experimentos agrícolas é relativamente extensa. Investigações a esse respeito têm sido conduzidas, no Brasil e em todo o mundo e em diversas culturas (SILVA et al., 2012). Os trabalhos pioneiros foram realizados com a cultura do trigo (WIEBE, 1935; SMITH, 1938, PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009). Ainda podem ser citados trabalhos com as culturas da soja (WEBER; HORNER, 1957; BRIM; MASON, 1959; PIGNATARO; GONÇALVES, 1972; SILVA, 1972; MARTIN et al., 2007), cafeeiro (DOLL; SALES JÚNIOR; VIANA, 2000), do feijão-caupi (RIBEIRO; SILVA; FREIRE FILHO, 1984), do milho (HALLAUER, 1964; STORK; UIDEWILLIGEN, 1980; CHAVES, 1985; SILVA; MACHADO; MOURA, 1987; RESENDE; SOUZA JÚNIOR, 1997; ALVES; SERAPHIN, 2004; STORK, 2004), do feijão comum (ZIMMERMANN, 1982; BERTOLUCCI; RAMALHO; DUARTE, 1991), da batata (OLIVEIRA; ESTEFANEL 1995; BEARZOTI; PINTO 1996; STORCK et al. 2005; STORCK; BISOGNIN; OLIVEIRA, 2006), da mandioca (VIANA et al., 2002; PARANAÍBA; MORAIS; FERREIRA, 2009), e do arroz (PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009).

2.4 Número ótimo de repetições em experimentos

Os princípios básicos da experimentação, que são repetição, casualização e controle local, são essenciais na experimentação e, conseqüentemente no melhoramento genético do feijoeiro. O uso de um número apropriado de repetições possibilita boas estimativas do erro experimental e, portanto, contribui para aumentar a precisão das estimativas obtidas dos parâmetros genéticos e estatísticos (CARGNELUTTI; RIBEIRO; STORCK, 2009, BERTOLUCCI, 1990; ARRIEL, 1991; RESENDE; SOUZA JÚNIOR, 1997). A própria expressão do erro padrão da média também nos indica que quanto maior o número de repetições melhores são as estimativas das médias dos tratamentos (RAMALHO et al., 2012). Além disso, o número adequado de repetições permite aumentar o poder dos testes estatísticos.

Qual o número adequado de repetições a ser adotado nos experimentos é questionamento comum entre os melhoristas de plantas. A escolha do número de repetições depende de uma série de fatores de ordem econômica e experimental, como heterogeneidade do solo, delineamento experimental, porcentagem desejada de discriminação dos tratamentos, disponibilidade de material experimental, disponibilidade de área experimental, número de ambientes em que o experimento será conduzido e o número de tratamentos (BERTOLUCCI; RAMALHO; DUARTE, 1991; RAMALHO et al., 2012; ANDRADE, 2002). A limitação de

área experimental também pode influenciar na escolha do número de repetições. Em alguns casos, tem sido preferido aumentar o número de repetições associado com a redução no tamanho das parcelas, permitindo uma redução substancial da área sem prejuízo da precisão experimental (ROSSETTI; BARROS; ALMEIDA, 1996). De modo geral, essa estratégia proporciona experimentos mais precisos sem grande aumento de despesa (ANDRADE, 2002).

A determinação do número de repetições a ser utilizado nos experimentos em muitos casos consideram somente o fator praticidade, ou seja, o número de repetições é definido considerando-se, principalmente, os custos do experimento, a estrutura e a mão-de-obra disponível. Entretanto, algumas propostas tem sido empregadas para determinar o número de repetições adequado para experimentos. Banzatto e Kronka (1995) sugerem de quatro a oito repetições em experimentos de campo para se obter razoável precisão. Outros autores sugerem que o número de repetições de um experimento deve ser dimensionado de forma que proporcione no mínimo dez graus de liberdade para o resíduo. Pimentel-Gomes (2000) sugere o uso do método de Tukey, e considera diversos fatores, entre os quais o desvio padrão obtido em experimentos anteriores ou semelhantes e a definição da magnitude da diferença mínima significativa que se quer comprovar entre duas médias.

Cargnelutti Filho et al. (2014a), ao utilizar ensaios de uniformidade de aveia preta, verificou que quatro repetições, para avaliar até 50 tratamentos quanto a massa verde, nos delineamentos inteiramente casualizado e blocos ao acaso, são suficientes para identificar, como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, diferenças entre médias de tratamentos de 26,7% da média do experimento. Santos et al. (2016) observaram resultado semelhante ao empregar ensaios de uniformidade em feijão guandu. A literatura é vasta quando se trata de determinação do número ótimo de repetições por meio do emprego de ensaios de uniformidade (CARGNELUTTI FILHO et al, 2014b; BURIN et al, 2015; CARGNELUTTI FILHO et al, 2015; CHAVES et al, 2018; NEU et al, 2020; TOEBE et al, 2020).

Na cultura do milho, Nesi et al. (2010) verificou que para avaliar híbridos de milho em ensaios de competição de cultivares de milho são necessárias 11 repetições para detectar diferenças significativas. Também em milho, Cargnelutti Filho et al. (2018), verificou que são necessárias seis repetições para se obter elevada precisão em experimentos com cultivares de milho. Bertolucci et al (1991) evidenciou que o aumento no número de repetições em experimentos na cultura do feijoeiro contribuiu para reduzir o coeficiente de variação, aumentar a herdabilidade e melhorar a precisão das estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos.

REFERÊNCIAS

- ALVES, S. M. F.; SERAPHIN, J. C. Coeficiente de heterogeneidade do solo e tamanho de parcela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.39, n. 2, p. 105-111, fev. 2004.
- ANDRADE, H. B. **Eficiência dos experimentos com clones na cultura do eucalipto**. 2002. 162 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- ANTUNES, I. F. Feijão. In: BARBIERI, R.L.; STUMPF, E.R.T. (Ed.). **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica, 2008. p. 359-376.
- ARRIEL, E. F. **Avaliação de famílias de meios-irmãos da população de milho CMS-39 em duas densidades de semeadura**. 1991. 121 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 245p.
- BARBIN, D. **Planejamento e análise estatística de experimentos agronômicos**. Arapongas: Midas, 2003. 208p.
- BARILI, L. D.; VALE, N. M.; MOURA, L. M.; PAULA, R. G.; SILVA, F. F. E.; CARNEIRO, J. E. S. Genetic progress resulting from forty-three years of breeding of the carioca common bean in Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, p. 1-11, 2016a.
- BARILI, L. D.; VALE, N. M. D.; CARNEIRO, J. E. D. S.; SILVA, F. F.; SILVA, F. L. D. Cinco décadas de melhoramento genético do feijão preto no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 46(3), 259-266, 2016b.
- BEARZOTI, E.; PINTO, C. A. B. P. Dimensionamento de parcela em experimentos de seleção em batatas (*Solanum tuberosum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 151-159, abr./jun. 1996.
- BERTOLUCCI, F. L.; RAMALHO, M. A. P.; DUARTE, G. S. Alternativas de tamanho e forma da parcela para a avaliação de progênies do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Prática**, Lavras, v.15, n.3, p.295-305, jul./ set.1991.
- BRIM, C. A; MASON, D. D. Estimates of optimum plot size for soybean yield trials. **Agronomy Journal**, Madison, v.51, n.2.p.331-334, 1959.
- BRITO M. C. *et al.* Estimação do tamanho ótimo de parcela via regressão antitônica. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v.30, n.3, p.353-366, 2012.
- BURIN, C. *et al.* Tamanho de parcela e número de repetições na cultura do milho em épocas de avaliação. **Bragantia**, v. 74, p. 261-269, 2015.

CAMARA, C. R. S.; URREA, C. A.; SCHLEGE, V. Pinto Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a functional food: implications on human health. **Agriculture**, London, v. 3, n. 1, p. 90-111, 2013.

CAPANEMA, L. M.; CHIORATO, A. F.; CARBONELL, S. A. M.; FREDO, C. E. P&D e **inovação com feijão**: o caso do instituto agrônômico (IAC) R&D and innovation in the common bean culture: the case of the agronomic institute (IAC), 2019.

CARBONELL, S. A. M. *et al.* IAC-Alvorada and IAC-Diplomata: new common bean cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, n. 2, 2008.

CARDOSO, P. C. B. *et al.* Molecular characterization of high performance inbred lines of Brazilian common beans. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 4, p. 5467-5484, Feb. 2013.

CARGNELUTTI FILHO, A.; RIBEIRO, N. D.; STORCK, L. Número de repetições para a comparação de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, v. 39, p. 2419-2424, 2009.

CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Tamanho de parcela para avaliar a massa de plantas de mucuna cinza. **Comunicata Scientiae**, Piauí, v.5, n.2, p. 196-204, 2014a.

CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Tamanho de parcela e número de repetições em feijão de porco. **Ciência Rural**, v. 44, p. 2142-2150, 2014b.

CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Tamanho de parcela e número de repetições em ervilha forrageira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.7, p.1174-1182, 2015.

CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Número de repetições e estatísticas de precisão experimental em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 1213-1221, 2018.

CARNEIRO, J. E. S. *et al.* BRSMG Madrepérola: common bean cultivar with late-darkening Carioca grain. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 12, p. 281-284, 2012.

CHAVES, L.J. **Tamanho da parcela para seleção de progênies de milho (*Zea mays* L.)**. 1985. 148f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

CHAVES, G. G. *et al.* Tamanho de parcela e número de repetições para avaliação de caracteres vegetativos em centeio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 3, p. 1-11, 2018.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Safra 2021/22, 1º levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 04/05/2022.

CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**: Décimo primeiro levantamento, safra 2019/2020, Brasília, V. 7, n 11, agosto de 2020, levantamento < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> >. Acesso em: 04/05/2022.

DE FARIA, L. C. *et al.* 'BRS Requite': new common bean Carioca cultivar with delayed grain darkness. **Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2004.

DOLL, E. T; SALES JÚNIOR, S. G; VIANA, A. E. S. Estimativa do tamanho de parcelas em experimentos com cafeeiros na região de Vitória da Conquista-BA. In: CONGRESSO DE PESQUISA E EXTENSÃO DA UESB-CONPEX, 5, 2000, Vitória da Conquista, **Anais...** Vitória da conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2000.360p.

DURNER, E. F. OPS: a computer program for estimating optimum plot size for field research. **Hortscience**, Alexandria, v.24, n.6, p.1040, 1989.

EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_69_1162003151646.html>. Acesso em: 20 jun. 2021.

FAOSTAT. Crops. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 04/05/2022.

FEIJO, S. *et al.* Heterogeneidade do solo e de tamanho de amostra antes e após cultivos com abobrinha italiana em estufa plástica. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 36, n.6, p. 1744-1748, 2006.

GOMEZ, K. A.; GOMEZ, A. A. **Statistical procedures for agricultural research**. 2nd. ed. New York: Jhon Wiley, 1984. 680p.

HALLAUER, A. R. Estimation of soil variability and convenient plot size com trials. **Agronomy Journal**, Madison, v.56, n.5.p.493-499, 1964.

HATHEWAY, W. H. Convenient plot size. **Agronomy Journal**, Madison, v.53, n.4, p.279-280, 1961.

LE CLERG, E. L. Significance of experimental design in plant breeding. In: FREY, K. J. **Plant breeding symposium**. Ames: Iowa State University, 1967, p.243-313.

LEITE, M. S. O.; PETERNELLI, L. A.; BARBOSA, M. H. P. Effects of plot size on the estimation of genetic parameters in sugarcane families. **Crop Breed. Appl. Biotechnol.**, Londrina, v.6, p.40-46, 2006.

LEMONS, R. D. C.; ABREU, Â. D. F. B.; RAMALHO, M. A. P. Procedures for identification of superior progenies in successive generations of evaluation in common bean. **Scientia Agricola**, v. 77, n. 1, 2020.

MARTIN, T. N. *et al.* Metodologia experimental para rendimento de grãos de soja em condições de restrição de espaço. **Bragantia**, v.66, p.521-526, 2007.

MARTIN, T. N. *et al.* Definição de plano experimental para comparação de cultivares de milho em áreas limitadas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 325-332, 2004.

MEIER, V. D.; LESSMAN, K. J. Estimation of optimum field plot shape and size for testing yield in *Crambe abyssinica* Hochst. **Crop Science**, Madison, v.11, n.5, p.648-650. 1971.

MELO, L. C. *et al.* BRS Horizonte: new bean variety of the carioca grain type. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 5, n. 4, p. 473-474, 2005.

MELO, L. C. *et al.* Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro comum na Região Centro Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 715-723, 2007.

MELO, L. C. *et al.* BRS FC310: Carioca common bean cultivar with semi-early cycle, upright growth habit, and resistance to major diseases. **Functional Plant Breeding Journal**, v. 4, n. 1, 2022.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; CARNEIRO, J. E. S.; SILVA, V. M. P.; SILVA, L. C.; PETERNELLI, L. A.; CARNEIRO, P. C. S. Common bean breeding to improve red grain lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 2011.

MORAIS, A. R. *et al.* Estimação do tamanho de parcela para experimento com cultura de tecidos em videira. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n.1, p.113-124, 2014.

MOREIRA, M. A. *et al.* BRSMG Pioneiro: new carioca common bean cultivar resistant to anthracnose and rust, for the southern of Brazil. **ANNUAL REPORT-BEAN IMPROVEMENT COOPERATIVE**, v. 49, p. 279, 2006.

MUNIZ, J. A. *et al.* Determination of the size of experimental plots in eucalyptus grandis hill populations using linear plots. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.4, p.1002-1010, 2009.

NESI, C. N. *et al.* Número mínimo de repetições em experimentos de competição de híbridos de milho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 9, n. 1, p. 74-81, 2010.

OLIVEIRA, P. H; ESTEFANEL, V. Tamanho e forma ótimos da parcela para avaliação do rendimento em experimentos com batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.2, p.205-208, 1995.

NEU, I. *et al.* Plot size, number of treatments and replicates and experimental precision in buckwheat. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 1131-1139, 2020.

PARANAÍBA, P. F.; FERREIRA, D. F.; MORAIS, A. R. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: Proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v.27, n.2, p.255-268, 2009.

PARANAÍBA, P. F.; MORAIS, A. R.; FERREIRA, D. F. Aplicação da curvatura máxima na determinação do tamanho ótimo de parcelas experimentais. In: 52ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS) e 12º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica (SEAGRO), 2007, Santa Maria. **Anais**, 2007.

PEIXOTO, A. P. *et al.* Modelos de regressão com platô na estimativa do tamanho de parcelas em experimento de conservação in vitro de maracujazeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41 n.11, p.1907-1913, nov. 2011.

PEREIRA, H. S. *et al.* BRS FC406: cultivar de feijoeiro-comum carioca com grãos grandes, alto potencial produtivo, resistência à antracnose e à mancha-angular. **Embrapa Arroz e Feijão-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2020.

PIGNATARO, I. A. B.; GONÇALVES, H. M. Estimativa do melhor tamanho de parcela para experimento de soja (*Glycine max* (L) Merrill). **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.VIII, n.2, p.153-159, 1972.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**, 14^{ed}. Editora F. Pimentel-Gomes, 2000.

PIMENTEL-GOMES, F. A importância do número de repetições nos experimentos. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.69, n.3, p.243-245, 1994.

POMPEU, A. S. IAC-Maravilha, IAC-Una, IAC-Carioca Pyatã, IAC-Carioca Aruã, IAC-Carioca Akytã e IAC-Bico de Ouro: Novos cultivares de feijoeiro. **Bragantia**, v. 56, p. 79-85, 1997.

PORTMANN, P.; KETATA, H. Field plot technique. In: KEMPTON, R. A.; FOX, P. N. (Ed.). **Statistical methods for plant variety evaluation**. London: Chapman & Hall, 1997. p. 9-18.

RAMALHO, M. A. P. *et al.* BRSMG Uai: common bean cultivar with carioca grain type and upright plant architecture. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, p. 261-264, 2016.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. 1 ed. UFLA, Lavras, 2012.

RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

RESENDE, M. D. V; de SOUZA JÚNIOR, C. L. Número de repetições e tamanho da parcela para seleção de progênies de milho em solos sob cerrado e fértil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.8, p.781-788, 1997.

RIBEIRO, V. Q; SILVA, E. C; FREIRE FILHO, F. R. Tamanho e forma de parcelas de culturas consorciadas e solteiras de caupi e milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.11, p.1365- 1371, nov.1984.

ROSSETI, A. G.; BARROS, L. M.; ALMEIDA, J. I. L. Tamanho ótimo de parcelas para experimentos de campo com cajueiro-anão precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 12, p. 843-852, dez. 1996.

SANTOS, G. O. *et al.* Tamanho de parcela e número de repetições em feijão guandu. **Ciência Rural**, v. 46, p. 44-52, 2016.

SILVA, E. C. **Estudo do tamanho e forma de parcelas para experimentos de soja**. 1972.71f. Dissertação (Mestrado em estatística e experimentação Agrônômica) – Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1972.

SILVA, O. F.; WANDER, A. E. Caracterização e avaliação econômica do sistema de cultivo de feijão comum irrigado no Cerrado o caso da cultivar BRS Estilo. 2018. In: TÔSTO, S. G.; BELARMINO, L. C.; CASTRO, G. S. A.; MANGABEIRA, J. A. de C.; SILVA, O. F. da (Ed.). **Caracterização e avaliação econômica de sistemas de produção e cultivo de grãos em biomas brasileiros**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 47-68.

SILVA, P. S. L.; MACHADO, A. A.; MOURA, M. M. Tamanho e forma de parcela para experimentação com milho irrigado. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.39, n.12, p.1178-1181, dez.1987.

SILVA, L. F. D. O. D.; CAMPOS, K. A.; MORAIS, A. R. D.; COGO, F. D.; ZAMBON, C. R. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com rabanetes. **Revista Ceres**, v. 59, p. 624-629, 2012.

SMIDERLE, É. C. *et al.* Tamanho de parcelas experimentais para a seleção de genótipos na cultura do feijoeiro. **Comunicata Scientiae**, Piauí, v.5, n.1, p.51-58, 2014.

SMITH, H. F. An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge v.28, n.1, p. 1-23, 1938.

STORCK, L. **Estimativa para tamanho e forma de parcela e número de repetições para experimentos com milho (*Zea mays* L.)**. 1979. 98f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1979.

STORCK, L. *et al.* Comparação de métodos de estimativa do índice de heterogeneidade do solo e do tamanho ótimo de parcela em experimento com soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.12,n.2-3, p.189-202, 1982.

STORCK, L. *et al.* Comprimento e largura do tamanho ótimo da parcela experimental em batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1043-1048, set./out. 2005.

STORCK, L. *et al.* **Experimentação vegetal**. Santa Maria, RS: UFSM, 2000. 198 p.

STORCK, L.; BISOGNIN, D. A.; OLIVEIRA, S. J. R. de. Dimensões dos ensaios e estimativas do tamanho ótimo de parcela em batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 903-909, jun. 2006.

TOEBE, M. *et al.* Tamanho de parcela e número de repetições para experimentos na cultura do azevém. **Ciência Rural**, v. 50, n. 1, 2020.

VELINI, E. D. *et al.* Interferência de plantas daninhas na cultura do milho. I -Efeito do número de repetições sobre a precisão dos resultados obtidos. **Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.3, p.435-442, 2006.

VIANA, A. E. S.; SEDIYAMA, T.; CECON, P. R.; LOPES, S. C.; SEDIYAMA, M. A. N. Estimativas de tamanho de parcela em experimentos com mandioca. **Horticultura Brasileira** 20: 58-63, 2002.

WEBER, C. R.; HORNER, T. W. Estimates of cost and optimum plot size and shape for measuring yield and chemical characters in soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.49, n.8, p.444-449,1957.

WENDLAND, A. *et al.* BRS Sublime-Common bean cultivar with carioca grain, resistance to angular leaf spot and high nutritional quality. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 18, p. 440-445, 2018.

WIEBE, G. A. Variation and correlation in grain yield among 1.500 wheat nursery plots. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 50, n. 4, p. 331-357, Feb. 1935.

WOOD, T. B.; STRATTON, F. J. M. The interpretation of experimental results. **Journal of Agricultural Science**, Camberra, v. 3, p. 417-440, 1910.

ZIMMERMANN, F. J. P. Tamanho e forma de parcela para pesquisa de feijão consorciado com milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.5, p.741-743, mai./1982.

SEGUNDA PARTE – ARTIGO

ARTIGO 1 - ESTRATÉGIAS EXPERIMENTAIS PARA AVALIAÇÃO DE LINHAGENS EM PROGRAMAS DE MELHORAMENTO DO FEIJOEIRO

Artigo redigido conforme a norma para publicação periódica científica NBR 6022 (ABNT, 2018)

RESUMO

Para a escolha de linhagens promissoras e obtenção de resultados confiáveis, é necessária a realização de experimentos com alta precisão que sejam capazes de detectar variações cada vez menores entre os tratamentos. Aumentar o número de repetições é o método mais geral e eficiente na obtenção de experimentos com alta precisão experimental. No entanto, o aumento indefinido do número de repetições acarreta custos elevados dos experimentos e área experimental demasiadamente grande para os experimentos em campo. Por isso, no planejamento experimental deve-se combinar o número de repetições com a escolha criteriosa de um tamanho e formato adequado de parcela. Este trabalho teve como objetivo determinar o formato de parcela e número de repetições ideal para a avaliação de linhagens no melhoramento do feijoeiro. O presente trabalho constou de quatro experimentos de campo, sendo dois experimentos conduzidos na safra das “águas” de 2020, e os outros dois experimentos na safra da “seca” de 2021. Foram avaliadas um total de 75 linhagens de feijão de grãos tipo carioca quanto a produtividade de grãos. Um experimento em cada safra foi conduzido em blocos casualizados com três repetições e parcelas de duas linhas de dois metros. Outro experimento em cada safra também foi conduzido em blocos casualizados, porém, com seis repetições e parcelas de uma linha de dois metros. A fim de verificar o efeito do formato da parcela na avaliação de linhagens foram realizadas análises conjuntas de variância com os dados dos experimentos com formatos de parcela distintos na mesma safra. Para verificar o efeito do número de repetições foram realizadas simulações de análises individuais de variância considerando número diferentes de repetições nos experimentos com três e seis repetições. Foi constatado que a redução de uma linha na parcela proporciona redução na correlação entre blocos dos experimentos e comportamento diferente das linhagens se considerados os experimentos com formatos de parcela diferentes. O aumento do número de repetições proporcionou aumento na acurácia de seleção em experimentos com ambos os formatos de parcela. Já a precisão experimental aumentou somente em experimentos com parcelas de duas linhas de dois metros. Apesar disso, experimentos conduzidos com duas repetições e com parcelas de duas linhas de dois metros demonstraram ser suficientes para realizar a seleção acurada de linhagens em programas de melhoramento do feijoeiro.

Palavras-Chave: Precisão Experimental. Acurácia. Planejamento experimental.

ABSTRACT

In order to choose promising strains and obtain reliable results, it is necessary to carry out experiments with high precision that are capable of detecting smaller and smaller variations between treatments. Increasing the number of repetitions is the most general and efficient method for obtaining experiments with high experimental precision. However, the indefinite increase in the number of repetitions entails high costs for the experiments and an experimental area that is too large for field experiments. Therefore, in the experimental design, the number of repetitions must be combined with the judicious choice of an adequate plot size and format. This work aimed to determine the ideal plot format and number of repetitions for the evaluation of lines in common bean breeding. The present work consisted of four field experiments, two experiments conducted in the 2020 "water" crop, and the other two experiments in the 2021 "drought" crop. A total of 75 carioca-type bean lines were evaluated regarding grain productivity. One experiment in each season was carried out in randomized blocks with three replications and plots of two lines of two meters. Another experiment in each crop was also conducted in randomized blocks, however, with six replications and plots of a two-meter line. In order to verify the effect of the plot format on the evaluation of lines, joint analyzes of variance were performed with data from experiments with different plot formats in the same season. To verify the effect of the number of repetitions, simulations of individual analyzes of variance were performed considering different numbers of repetitions in the experiments with three and six repetitions. It was found that the reduction of a line in the plot provides a reduction in the correlation between blocks of the experiments and different behavior of the lines if considered the experiments with different plot formats. The increase in the number of repetitions provided an increase in the selection accuracy in experiments with both plot formats. On the other hand, the experimental precision increased only in experiments with plots of two lines of two meters. Despite this, experiments conducted with two replications and with plots of two lines of two meters were sufficient to carry out the accurate selection of lines in common bean breeding programs.

Keywords: Experimental Precision. Accuracy. Experimental planning.

1 INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das mais importantes e tradicionais culturas agrícolas do Brasil. Cultivado principalmente por agricultores familiares, tem exercido uma importante função social como gerador de trabalho e renda no campo. Além disso, essa leguminosa é uma das principais fontes alimentares do brasileiro, principalmente pelo seu baixo custo e excepcional valor nutritivo. Seus grãos são ricos em minerais, vitaminas do complexo B, fibras, carboidratos e proteínas de teor complementar à de cereais como o arroz (BORGES, 2007).

O feijão carioca é o tipo comercial mais produzido e representa cerca de 70% de toda a produção nacional da cultura. Além disso, este tipo comercial é o mais consumido em todo o território nacional (EMBRAPA, 2021). Devido a esta maior demanda, os principais programas de melhoramento do feijoeiro no Brasil têm focado no melhoramento desse tipo de grão. Os principais objetivos desses programas são obter linhagens melhoradas que apresentem elevada produtividade de grãos, arquitetura ereta de plantas que facilite a colheita mecanizada, resistência aos principais patógenos da cultura e que atendam às exigências do mercado quanto ao padrão comercial dos grãos (BOTELHO et al., 2010; COSTA et al., 2010; CUNHA; RAMALHO; ABREU, 2005; MELO et al., 2007; RAMALHO; ABREU; SANTOS, 2005; SILVA; RAMALHO; ABREU, 2007).

Apesar dos grandes avanços das técnicas biotecnológicas e de genética molecular, é evidente que para se ter sucesso na recomendação de uma nova cultivar de feijão é necessário a avaliação extensiva das linhagens dos programas de melhoramento em experimentos em campo. Portanto, a seleção acurada das linhagens dos programas de melhoramento do feijoeiro depende de experimentos com alta precisão que permitam detectar variações cada vez menores entre as linhagens, visto que a tendência é que essas diferenças sejam pequenas. A informação das condições ideais de experimentos na avaliação de linhagens quanto a fatores associados a acurácia e precisão experimental é de grande importância para os programas de melhoramento que almejam ter sucesso na seleção de linhagens superiores. Todavia, deve-se ressaltar que para determinação destas condições deve-se considerar também fatores de ordem prática, tais como a disponibilidade de semente, área, recursos e da necessidade de realização de maior número de experimentos em outras localidades (CHAVES, 1985).

Algumas estratégias têm sido empregadas no intuito de reduzir o erro experimental durante as avaliações de linhagens em campo. Condições que permitam reduzir o erro experimental são almejadas por todos os programas de melhoramento, uma vez que quanto menor o quadrado médio do erro em avaliações de linhagens mais o valor fenotípico destas se

aproxima do valor genotípico (RAMALHO et al., 2005). Dentre as alternativas que permitem melhorar a precisão experimental podemos citar a escolha adequada do delineamento experimental, do número de repetições, do tamanho e formato da parcela, o emprego de bordadura e se necessário de covariáveis (RAMALHO et al., 2012).

A escolha do delineamento dos experimentos de avaliação de linhagens de feijoeiro na maioria das vezes depende da disponibilidade de sementes e do número de tratamentos a serem avaliados. Inicialmente, quando são selecionadas plantas para derivar linhagens, não se dispõe de sementes suficientes e, portanto, são conduzidos experimentos sem repetição ou com reduzido tamanho de parcela. No melhoramento do feijoeiro é comum se utilizar nestas condições delineamentos de blocos aumentados com parcelas de até duas linhas de dois metros, que muitas das vezes apresentam baixa precisão experimental. Em algumas situações tem se observado que nestes experimentos não tem se detectado variabilidade genética entre as linhagens. Um dos motivos para isso é a baixa precisão experimental. A alternativa para avaliação de linhagens nesta condição seria é o emprego de delineamento em látice quadrado simples com parcelas de tamanho reduzido com uma linha de um ou dois metros.

A otimização do número de repetições é uma forma que tem se mostrado eficiente na obtenção de experimentos com melhor precisão experimental. Além disso, o acréscimo das repetições melhora a capacidade dos testes estatísticos em detectar diferenças significativas entre as estimativas das médias dos tratamentos (PIMENTEL GOMES, 1985). No entanto, o aumento no número de repetições acarreta aumento nos custos e na área empregados nos experimentos em campo. Por isso, no planejamento experimental deve-se combinar o número de repetições com a escolha criteriosa de um tamanho adequado de parcela.

A maioria dos trabalhos de determinação do número ótimo de repetições e do tamanho de parcelas em experimentos de avaliação de linhagens de feijoeiro foram realizados de forma independente. Entretanto, os programas de melhoramento visando otimizar os recursos financeiros e obter experimentos com elevada precisão e acurácia deveriam obter estas informações de forma conjunta. Além disso, estas determinações são baseadas em ensaios de uniformidade ou em um único experimento com pequeno número de tratamentos. Assim, necessita-se de maiores informações para orientar os programas de melhoramento de feijoeiro principalmente visando etapas que são avaliadas maior número de linhagens. Portanto, objetivo deste trabalho é determinar o formato de parcela e número de repetições ideal para a avaliação de linhagens no melhoramento do feijoeiro utilizando experimentos com diferentes números de repetições e dois formatos de parcela.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho constou de quatro experimentos de campo, dos quais foram dois conduzidos na safra das “águas” de 2020, e os outros dois experimentos na safra da “seca” de 2021. Foram avaliadas quanto a produtividade de grãos (kg/ha^{-1}) um total de 75 linhagens de feijão-comum de grãos tipo carioca (Tabela 1) oriundas de diferentes programas de melhoramento do Brasil. Os experimentos foram conduzidos na área experimental do Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situado a 918 metros de altitude, 21°58’ de latitude Sul e 42°22’ de longitude Oeste.

Em cada safra foram conduzidos dois experimentos de avaliação das mesmas 75 linhagens. Ambos os experimentos foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados. Entretanto um deles foi constituído três repetições e parcelas experimentais de duas linhas de dois metros. Já o outro experimento apresentou seis repetições e parcelas experimentais de uma linha de dois metros. O espaçamento entre linhas dos experimentos foi de 0,6 metros e a densidade de plantio foi de 15 sementes por metro. Assim, apesar de ambos os experimentos em cada safra apresentarem número de repetições e formato das parcelas diferentes, estes ocuparam a mesma área experimental. A adubação e os tratos culturais foram realizados de acordo com o recomendado para a cultura do feijão no Estado de Minas Gerais, segundo Carneiro et al. (2014).

Tabela 1 - Linhagens de feijão carioca recomendadas no Brasil ou em desenvolvimento, ano de recomendação ou desenvolvimento e instituição de origem (continua).

| Linhagens | Ano | Origem | Linhagens | Ano | Origem |
|------------------|------------|---------------|-------------------|------------|---------------|
| Carioca 1030 | 1970 | IAC | IAC Alvorada | 2007 | IAC |
| Carioca 80 | 1980 | IAC | IPR 139 | 2007 | IAPAR |
| IAC Ayso | 1980 | IAC | IPR Tangara | 2007 | IAPAR |
| Carioca MG | 1982 | UFLA | BRS Estilo | 2009 | Embrapa |
| IAPAR 16 | 1986 | IAPAR | IAC Formoso | 2010 | IAC |
| IAC Carioca | 1987 | IAC | BRS Ametista | 2011 | Embrapa |
| IAPAR 80 | 1987 | IAPAR | BRS Notável | 2011 | Embrapa |
| Rio doce | 1987 | EMCAPA | IPR Campos Gerais | 2011 | IAPAR |
| Carioca 1070 | 1989 | IAC | BRSMG Madrepérola | 2012 | Convênio |
| IAPAR 31 | 1991 | IAPAR | IAC Imperador | 2013 | IAC |
| Aporé | 1992 | EMGOPA | IAC Milênio | 2013 | IAC |

Tabela 1 - Linhagens de feijão carioca recomendadas no Brasil ou em desenvolvimento, ano de recomendação ou desenvolvimento e instituição de origem (conclusão).

| Linhagens | Ano | Origem | Linhagens | Ano | Origem |
|--------------------|------------|---------------|------------------|------------|----------------------------|
| FT bonito | 1992 | FT- Sementes | IPR Andorinha | 2013 | IAPAR |
| IAPAR 57 | 1992 | IAPAR | IPR Curió | 2013 | IAPAR |
| BR- IPA 11-Brigida | 1994 | IPA/PE | TAA Dama | 2013 | Agropecuária Terra Alta |
| Ruda | 1994 | EMCAPA | TAA GOL | 2013 | Agropecuária Terra Alta |
| IAC-Carioca Pyatã | 1994 | IAC | VC 17 | 2013 | UFV |
| Ruda R | 1995 | UFV | IPR Quero-Quero | 2014 | IAPAR |
| BRS Perola | 1996 | Embrapa | BRSMG Uai | 2015 | Convênio |
| IAC-Aruã | 1996 | IAC | IPR Bem-te-vi | 2015 | IAPAR |
| IAC-Carioca Akytã | 1996 | IAC | VC15 | 2015 | UFV |
| IAPAR 81 | 1997 | IAPAR | BRS FC402 | 2017 | Embrapa |
| Princesa | 1997 | Embrapa | BRS SUBLIME | 2018 | Embrapa |
| Porto Real | 1998 | FT- Sementes | BRS FC104 | 2018 | Embrapa |
| BRSMG Talismã | 2002 | Convênio | BRS MG Amuleto | 2020 | UFLA |
| BRS Pontal | 2003 | Embrapa | CXIII-1.23 | 2020 | UFLA |
| BRS Requite | 2003 | Embrapa | MAX-10 | 2020 | UFLA |
| BRS Horizonte | 2004 | Embrapa | MAX-9 | 2020 | UFLA |
| IPR Colibri | 2004 | IAPAR | RPXI-26 | 2020 | UFLA |
| IPR Saracura | 2004 | IAPAR | RPXI-43 | 2020 | UFLA |
| SCS Guara | 2004 | EPAGRI | VC25-BRS Zape | 2020 | UFV |
| BRSMG Pioneiro | 2005 | Convênio | BRS FC406 | 2020 | Embrapa |
| IAC Votuporanga | 2005 | IAC | BRS FC409 | 2020 | Embrapa |
| IAC-Ybaté | 2005 | IAC | BRS CNFC 15534 | 2021 | Embrapa |
| BRS Cometa | 2006 | Embrapa | RPXI-18 | 2020 | UFLA |
| BRS Majestoso | 2006 | Embrapa | CXII-13 | 2021 | UFLA |
| IPR Eldorado | 2006 | IAPAR | BRS FC310 | 2022 | Embrapa |
| IPR Siriri | 2006 | IAPAR | | | |

Embrapa: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; IAC: Instituto Agrônomo de Campinas; IAPAR: Instituto Agrônomo do Paraná; EPAGRI: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina; EMCAPA: Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária; EMGOPA: Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária; IPA/PE: Instituto Agrônomo de Pernambuco; UFV: Universidade Federal de Viçosa; UFLA: Universidade Federal de Lavras; Epamig: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais; Convênio: Parceria entre UFLA, UFV, Embrapa e Epamig. Fonte: Do autor (2022).

2.1 Efeito do número de repetições na avaliação de linhagens de feijão

O efeito do número de repetições na avaliação de linhagens de feijão comum foi verificado por meio de simulações realizadas a partir dos dados de cada experimento realizado em campo. Foram simulados cenários com variação do número de repetições em cada um dos experimentos de cada safra. A Tabela 2 apresenta os cenários avaliados considerando os experimentos com três e seis repetições em cada uma das safras, respectivamente. A comparação entre o número de repetições foi realizada de forma individualizada por experimento. Assim, foram comparados os cenários dentro de cada experimento para que os diferentes formatos de parcela não interferissem na avaliação do efeito do número de repetições.

Tabela 2 - Cenários quanto ao número de repetições simulados com os dados dos experimentos de avaliação de linhagens conduzidos com três e seis repetições nas safras das “águas” de 2020 e “seca” de 2021.

| Experimento - 3 Repetições / 2linhas-2metros | | |
|---|------------|------------------------|
| Cenário | Repetições | Simulações/Combinações |
| 1 | 2 | 3 |
| 2 | 3 | 1 |
| Experimento – 6 repetições / 1linhas-2metros | | |
| Cenário | Repetições | Simulações/Combinações |
| 1 | 2 | 15 |
| 2 | 3 | 20 |
| 3 | 4 | 15 |
| 4 | 5 | 6 |
| 5 | 6 | 1 |

Fonte: Do autor (2022).

Os dados obtidos nas diferentes combinações de repetições dos experimentos, conforme Tabela 2, foram submetidos a análise individual de variância. Para cada uma das combinações de repetições foram estimados: quadrado médio de linhagens, valor da estatística F para o efeito de linhagens, p-valor associado ao efeito de linhagens, coeficiente de variação experimental e acurácia e média geral do experimento. Os cenários foram comparados por meio da média dos parâmetros das combinações que compõe cada cenário. O efeito da repetição no valor da estatística F e na acurácia foi verificado pela regressão linear simples entre as médias destes parâmetros em cada cenário em função do número de repetições. A significância dos parâmetros da regressão foram verificadas por meio do teste t. As simulações dos diferentes cenários e as

análises estatísticas foram realizadas no ambiente R (R Development Core Team, Viena, Áustria).

2.2 Efeito do formato da parcela na avaliação de linhagens

O efeito do formato da parcela na avaliação de linhagens de feijão comum foi mensurado por meio da comparação entre cenários de análises conjuntas de variância de dados de experimentos com mesmo número de repetições conduzidos na mesma safra, conforme Tabela 3. Portanto, foram realizadas análises conjuntas de variância entre experimentos conduzidos na mesma safra que variaram no formato da parcela. Porém, para que o número de repetições não interferisse na comparação quanto ao formato da parcela, os cenários contemplaram análises conjuntas de variância de combinações com mesmo número de repetições. Assim, no cenário um foram realizadas todas as análises conjuntas de variância possíveis envolvendo os dois experimentos com combinações de duas repetições, de modo que o que variou entre os experimentos foi somente o formato da parcela. Esses procedimentos foram realizados para os experimentos de avaliação das linhagens de feijão quanto a produtividade de grãos na safra das “águas” de 2020 e da “seca” de 2021.

Tabela 3 - Cenários de análise conjunta de variância quanto ao formato de parcela, simulados com os dados dos experimentos de avaliação de linhagens conduzidos com parcelas de uma ou duas linhas de dois metros em cada uma das safras das “águas” de 2020 e “seca” de 2021.

| Experimentos – Safra “águas” - 2020 | | |
|--|------------|------------------------|
| Cenário | Repetições | Simulações/Combinações |
| 1 | 2 | 45 |
| 2 | 3 | 20 |
| Experimentos – Safra “seca” - 2021 | | |
| Cenário | Repetições | Simulações/Combinações |
| 1 | 2 | 45 |
| 2 | 3 | 20 |

Fonte: Do autor (2022).

A comparação entre os cenários visando o formato de parcelas foi realizado por meio dos mesmos parâmetros utilizados na comparação dos diferentes números de repetições. Além destes foi acrescentado o quadrado médio, o valor da estatística F e o p-valor do efeito da interação linhagens por experimentos com os dois formatos de parcela.

2.3 Análises estatísticas

As análises individuais de variância para produtividade de grãos foram realizadas conforme o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + g_i + r_j + e_{ij},$$

em que: Y_{ij} : valor observado na parcela que recebeu a linhagem i na repetição j ; m : média geral do experimento; g_i : efeito fixo de linhagem; r_j : efeito aleatório de repetição; e_{ij} : erro experimental associado à observação Y_{ij} .

O coeficiente de variação para o caso de análises individuais foi estimado conforme equação a seguir:

$$CV(\%) = 100 * \frac{\sqrt{QMR}}{\bar{m}};$$

em que, QMR é o quadrado médio do resíduo e \bar{m} é a média geral do experimento para a característica a ser avaliada.

A acurácia foi estimada por meio da equação apresentada por Resende e Duarte (2007):

$$r_{g\hat{g}} = \sqrt{1 - \frac{1}{F}};$$

em que, F é o valor obtido da razão entre o quadrado médio de linhagens e o quadrado médio do resíduo.

As análises conjuntas de variância adotadas em cada safra para produtividade de grãos foram realizadas de acordo com o modelo:

$$Y_{ijk} = m + g_i + a_j + ga_{ij} + r/a_{jk} + e_{ijk};$$

em que: Y_{ijk} : valor observado na parcela que recebeu o genótipo i , na repetição k , dentro do experimento j ; m : média geral do experimento; g_i : efeito de linhagens; a_j : efeito do experimento j ; ga_{ij} : efeito da interação entre a linhagem i com o experimento j ; r/a_{jk} efeito da repetição k dentro do ambiente j ; e_{ijk} : erro experimental associado à observação Y_{ijk} . As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do ambiente R (R Development Core Team, Viena, Áustria) e do software GENES (CRUZ, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito de linhagens foi significativo ($p < 0,01$) nas análises individuais de variância dos experimentos com parcelas de uma e de duas linhas nas safras das “águas” de 2020 e “seca” de 2021, quando nestes foi considerado o número total de repetições avaliadas (Tabelas 4 e 6). Este resultado indica que pelo menos uma das linhagens foi diferente das demais em cada um dos experimentos. As acurácias dos experimentos com duas linhas de dois metros e três repetições foram de 0,88 e 0,78 nas safras das “águas” de 2020 e “seca” de 2021, respectivamente (Tabela 5). Observação similar foi constatada nos experimentos com parcelas de uma linha de dois metros e seis repetições, que apresentaram valores de 0,85 e 0,70 nas respectivas safras (Tabela 7). Segundo Resende e Duarte (2007), tais acurácias indicam que em todos os experimentos houve uma alta correlação entre os valores genotípicos verdadeiros e aqueles obtidos nos experimentos realizados. Estes autores relatam que em experimentos preliminares de avaliação de linhagens é necessário que se tenha no mínimo acurácia de 70% e valores de estatística F superiores a 2. Valores estes observados neste trabalho, que além disso, indicam alta precisão experimental. As médias gerais dos experimentos também foram similares entre os experimentos que se diferenciavam quanto ao formato de parcela em cada safra. Portanto, nestes quesitos observou-se que os dois experimentos com parcelas de formato diferentes apresentaram resultados similares (Tabelas 4, 5, 6 e 7).

O experimento conduzido na safra das “águas” de 2020 que possuía parcelas de duas linhas de dois metros e três repetições apresentou coeficiente de variação de 14,86%, inferior ao observado na safra da “seca” de 2021 que foi de 21,22% (Tabela 5), na mesma condição de formato de parcela. Segundo Pimentel-Gomes (2000), o coeficiente de variação deste experimento da safra das “águas” de 2020 indica média precisão experimental, enquanto que na safra da “seca” de 2021 houve baixa precisão experimental. Estes resultados podem ser explicados pelos valores intermediários de correlação entre blocos observados no experimento da safra das “águas” de 2020. Quanto maiores são as correlações entre blocos de um experimento, menor é o valor do quadrado médio do resíduo e, conseqüentemente, menor é o valor do coeficiente de variação (CRUZ et al., 2012). Por isso, para se ter experimentos precisos é necessário que se tenha elevados valores de correlação entre blocos. As correlações entre blocos no experimento da safra das “águas” de 2020 variaram de 0,45 a 0,66, enquanto na safra da “seca” de 2021 variaram de 0,29 a 0,38 (Tabela 8), o que indica que o ranqueamento das linhagens variou mais de um bloco para o outro no experimento da “seca” de 2021.

Na Tabela 7 é possível observar que os coeficientes de variação dos experimentos com parcelas de uma linha de dois metros foram muito similares (24,55 e 24,90%). Diferentemente dos experimentos com parcelas de duas linhas de dois metros, neste caso, ambos os experimentos apresentaram baixa precisão experimental, conforme Pimentel-Gomes (2000). O que não era esperado se considerar que estes experimentos foram conduzidos com maior número de repetições. Estes resultados são justificados pelas baixas correlações entre blocos nesta condição de experimento. Os valores deste parâmetro oscilaram de 0,15 a 0,53 e de -0,13 a 0,35 nas safras das “águas” de 2020 e “seca” de 2021, respectivamente (Tabela 8). Os valores médios de correlação entre blocos nos experimentos das “águas” de 2020 com parcelas de uma linha de dois metros e de duas linhas de dois metros foram 0,30 e 0,54, respectivamente, enquanto que na safra da seca foram 0,13 e 0,34. Vale destacar que foi observado um valor de correlação negativo entre o bloco 1 e 2 do experimento com parcela de uma linha de dois metros na safra da “seca” de 2021 (Tabela 8).

A redução no número de linhas das parcelas pode ter ocasionado os menores valores de correlação entre blocos e de coeficientes de variação observados nestes experimentos. Além disso, apesar da elevada acurácia observada nos experimentos, se observar a correlação entre as médias das linhagens dos experimentos com os dois formatos de parcela na mesma safra verifica-se que há alteração considerável no ranqueamento das linhagens. Nas “águas” de 2020 a correlação foi de 0,58 e na “seca” de 2021 foi de 0,39. Assim, utilizar experimentos de uma linha de dois metros ocasionou menor precisão experimental e alteração no ranqueamento das linhagens, ambos indesejados quando se visa a seleção eficiente de linhagens superiores. Assim, verifica-se a necessidade da adequação do formato da parcela e do número de repetições para aumentar a eficácia da seleção de linhagens superiores como destacado em outras literaturas (RAMALHO et al., 1977; ZIMMERMANN, 1982; BERTOLUCCI et al., 1991; ESTEFANEL et al., 1993)

Tabela 4 - Valores médios (Med), mínimos (Min) e máximos (Max) dos parâmetros média geral dos experimentos, quadrado médio (QMG), estatística F e p-valor associados ao efeito de linhagens observados nas simulações realizadas para os dois cenários de análise individual de variância considerando número de repetições diferentes dos experimentos conduzidos nas safras das “águas” de 2020 e “seca” de 2021, com parcelas com duas linhas de dois metros.

| | | Águas 2020 | | | | | | | | | | | |
|------------|-----------|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------|----------------------|------------|--------------------|------------|------------|
| CEN | R* | QMG | | | F | | | p-valor | | | Média Geral | | |
| | | Med | Min | Max | Med | Min | Max | Med | Min | Max | Med | Min | Max |
| 1 | 2 | 320503,2 | 306905,3 | 339829,2 | 3,5329 | 2,6085 | 4,8274 | $3,9 \times 10^{-5}$ | $1,9 \times 10^{-9}$ | 0,0001 | 2085,94 | 2038,19 | 2112,80 |
| 2 | 3 | 432737,6 | - | - | 4,5061 | - | - | $5,3 \times 10^{-13}$ | - | - | 2085,94 | - | - |
| | | Seca 2021 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 283431,9 | 230490,2 | 338916,3 | 2,0013 | 1,8138 | 2,2096 | 0,0051 | 0,0011 | 0,0102 | 1767,66 | 1689,95 | 1830,19 |
| 2 | 3 | 354766,4 | - | - | 2,5203 | - | - | $6,4 \times 10^{-6}$ | - | - | 1767,66 | - | - |

*R: Número de repetições

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 5 - Valores médios (Med), mínimos (Min) e máximos (Max) dos parâmetros coeficiente de variação (CV%) e acurácia (r_{gg}) observados nas simulações realizadas para os dois cenários de análise individual de variância considerando número de repetições diferentes dos experimentos conduzidos nas safras das “águas” de 2020 e “seca” de 2021, com parcelas com duas linhas de dois metros.

| | | Águas 2020 | | | | | |
|------------|-----------|-------------------|------------|------------|----------------------------|------------|------------|
| CEN | R* | CV% | | | r_{gg} | | |
| | | Med | Min | Max | Med | Min | Max |
| 1 | 2 | 14,75 | 13,02 | 16,44 | 0,8342 | 0,7853 | 0,8904 |
| 2 | 3 | 14,86 | | | 0,8821 | | |
| | | Seca 2021 | | | | | |
| 1 | 2 | 21,21 | 21,09 | 21,40 | 0,7044 | 0,6698 | 0,7399 |
| 2 | 3 | 21,22 | | | 0,7767 | | |

*R: Número de repetições

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 6 - Valores médios (Med), mínimos (Min) e máximos (Max) dos parâmetros quadrado médio (QMG), estatística F e p-valor associados ao efeito de linhagens observados nas simulações realizadas para os dois cenários de análise individual de variância considerando número de repetições diferentes dos experimentos conduzidos nas safras das “águas” de 2020 e “seca” de 2021, com parcelas com uma linha de dois metros.

| CEN | R* | Águas 2020 | | | | | | | | | |
|-----------|----|------------|----------|-----------|--------|--------|--------|----------|----------|--------|------------------|
| | | QMG | | | F | | | p-valor | | | |
| | | Med | Min | Max | Med | Min | Max | Med | Min | Max | %NS ⁺ |
| 1 | 2 | 594658,1 | 452847,5 | 837957,2 | 1,9038 | 1,3521 | 3,3353 | 0,028283 | 2,2E-06 | 0,1189 | 26,7 |
| 2 | 3 | 731920,4 | 559130,4 | 925030,2 | 2,3073 | 1,6133 | 3,0922 | 0,000934 | 4,63E-08 | 0,0125 | 0,0 |
| 3 | 4 | 869182,6 | 697357,8 | 987725,2 | 2,7269 | 2,1842 | 3,4356 | 4,65E-06 | 5,4E-11 | 0,0000 | 0,0 |
| 4 | 5 | 1006444,9 | 867896,4 | 1072704,8 | 3,1493 | 2,6708 | 3,4693 | 7,06E-09 | 2,54E-12 | 0,0000 | 0,0 |
| 5 | 6 | 1143707,1 | - | - | 3,5726 | | | 8,90E-14 | | | 0,0 |
| Seca 2021 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 243305,0 | 154890,3 | 346995,3 | 1,3509 | 0,7739 | 2,1137 | 0,208581 | 0,001856 | 0,8423 | 66,7 |
| 2 | 3 | 273166,8 | 193541,4 | 386191,3 | 1,4970 | 0,9602 | 2,1402 | 0,081868 | 0,000169 | 0,5633 | 50,0 |
| 3 | 4 | 303028,5 | 220537,9 | 384246,9 | 1,6549 | 1,2111 | 2,1628 | 0,022309 | 3,79E-05 | 0,1660 | 13,3 |
| 4 | 5 | 332890,2 | 279817,0 | 380421,6 | 1,8151 | 1,5482 | 2,1165 | 0,002576 | 2,77E-05 | 0,0106 | 0,0 |
| 5 | 6 | 362751,9 | - | - | 1,9760 | - | - | 8,60E-05 | 1720,75 | - | 0,0 |

*R: Número de repetições; +%NS: Percentual de simulações com efeito de linhagens não significativo

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 7 - Valores médios (Med), mínimos (Min) e máximos (Max) dos parâmetros média geral, coeficiente de variação (CV%) e acurácia ($r_{g\hat{g}}$) observados nas simulações realizadas para os dois cenários de análise individual de variância considerando número de repetições diferentes dos experimentos conduzidos nas safras das “águas” de 2020 e “seca” de 2021, com parcelas com uma linha de dois metros.

| | | Águas 2020 | | | | | | | | |
|------------|-----------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------------------------|------------|------------|
| CEN | R* | Média Geral | | | CV% | | | $r_{g\hat{g}}$ | | |
| | | Med | Min | Max | Med | Min | Max | Med | Min | Max |
| 1 | 2 | 2304,27 | 2207,49 | 2390,05 | 0,2450 | 0,2097 | 0,2664 | 0,6628 | 0,5103 | 0,8368 |
| 2 | 3 | 2304,27 | 2226,26 | 2382,28 | 0,2454 | 0,2274 | 0,2583 | 0,7420 | 0,6166 | 0,8226 |
| 3 | 4 | 2304,27 | 2261,38 | 2352,66 | 0,2455 | 0,2320 | 0,2555 | 0,7909 | 0,7363 | 0,8420 |
| 4 | 5 | 2304,27 | 2284,63 | 2323,93 | 0,2455 | 0,2389 | 0,2495 | 0,8243 | 0,7909 | 0,8437 |
| 5 | 6 | 2304,27 | - | - | 0,2455 | - | - | 0,8486 | - | - |
| | | Seca 2021 | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 1720,75 | 1641,87 | 1793,94 | 0,2480 | 0,2026 | 0,2802 | 0,4848 | 0,2513 | 0,7259 |
| 2 | 3 | 1720,75 | 1663,85 | 1777,65 | 0,2486 | 0,2236 | 0,2678 | 0,5663 | 0,4084 | 0,7299 |
| 3 | 4 | 1720,75 | 1684,16 | 1760,19 | 0,2488 | 0,2345 | 0,2597 | 0,6142 | 0,4175 | 0,7332 |
| 4 | 5 | 1720,75 | 1703,06 | 1743,24 | 0,2489 | 0,2402 | 0,2560 | 0,6647 | 0,5951 | 0,7263 |
| 5 | 6 | 1720,75 | - | - | 0,2490 | - | - | 0,7028 | - | - |

*R: Número de repetições

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 8 - Correlações entre blocos dos experimentos com os dois formatos de parcela conduzidos nas safras das “águas” de 2020 e “seca” de 2021 avaliados quanto a produtividade de grãos.

| Blocos | Águas 2020 | | Seca 2021 | |
|---------------|------------------------|-------------|------------------------|-------------|
| | Produtividade de Grãos | | Produtividade de Grãos | |
| | Exp (1L/2m) | Exp (2L/2m) | Exp (1L/2m) | Exp (2L/2m) |
| 1 x 2 | 0,4057 | 0,6587 | -0,1343 | 0,3802 |
| 1 x 3 | 0,1512 | 0,4458 | 0,2551 | 0,2948 |
| 1 x 4 | 0,1952 | - | 0,1266 | - |
| 1 x 5 | 0,3542 | - | 0,0326 | - |
| 1 x 6 | 0,3282 | - | 0,3590 | - |
| 2 x 3 | 0,1968 | 0,5206 | 0,1830 | 0,3471 |
| 2 x 4 | 0,2795 | - | 0,2299 | - |
| 2 x 5 | 0,3969 | - | 0,0400 | - |
| 2 x 6 | 0,2453 | - | 0,1521 | - |
| 3 x 4 | 0,1668 | - | 0,1562 | - |
| 3 x 5 | 0,3513 | - | 0,0769 | - |
| 3 x 6 | 0,3055 | - | 0,2128 | - |
| 4 x 5 | 0,2957 | - | 0,0363 | - |
| 4 x 6 | 0,2541 | - | 0,2189 | - |
| 5 x 6 | 0,5396 | - | 0,1091 | - |
| Média | 0,2977 | 0,5417 | 0,1370 | 0,3407 |
| Mínimo | 0,1512 | 0,4458 | -0,1343 | 0,2948 |
| Máximo | 0,5396 | 0,6587 | 0,3590 | 0,3802 |

Fonte: Do autor (2022).

No intuito de realizar comparações mais fidedignas entre os dois formatos de parcela foram realizadas análises conjuntas de variância com os dois experimentos conduzidos na mesma safra com o emprego de cenários considerando se os experimentos fossem conduzidos somente com duas ou três repetições dentre todas as avaliadas nos respectivos experimentos (Tabelas 9 e 10). Exceto uma simulação do cenário de análise conjunta de variância com duas repetições na safra da “seca” de 2021, nas demais simulações, independente da safra, foram observados efeitos significativos para linhagens (Tabela 9; ANEXOS B e C). Entretanto, como apresentado na Tabela 10, no cenário 1 de análise conjunta de variância (experimentos com 2 repetições), cerca de 31% e 22% das simulações realizadas nas safras das “águas” de 2020 e “seca” de 2021, respectivamente, apresentaram efeito significativo da interação linhagens por experimentos (ANEXOS B e C). No cenário 2 (experimentos com 3 repetições), estes percentuais foram ainda maiores nestas safras (55% e 45%) (Tabela 10; ANEXO C). Tais resultados indicam que as linhagens se comportaram nestas simulações de forma diferenciada de acordo com os experimentos de formato diferente de parcela. Segundo Cruz et al. (2012) interação genótipos por experimentos constitui no comportamento diferenciado dos genótipos

em termos de respostas às variações ambientais. Entretanto, neste trabalho ambos os experimentos utilizados nestas análises conjuntas de variância foram conduzidos na mesma condição ambiental, de modo que a variação entre estes ocorreu devido ao formato diferente da parcela.

Outro aspecto que merece destaque é que quando utilizado experimentos com parcelas de uma linha de dois metros e duas repetições foram observadas simulações de análise individual de variância que apresentaram efeito não significativo de linhagens (Tabela 6, ANEXO A). Na safra das “águas” de 2020 foram observados efeitos não significativos de linhagens em 26,7% das simulações de análise individual de variância considerando somente duas repetições dentre as 6 possíveis de serem utilizadas. Na safra da “seca” de 2021, este percentual foi ainda mais elevado (66,7%), como visto na Tabela 6. Já quando foi considerado o cenário de análise individual de variância com 3 repetições foram observadas 0% e 50% de simulações com efeito não significativo de linhagens nas respectivas safras.

O emprego de experimentos que não apresentam variabilidade em análises conjunta de variância podem proporcionar efeito não significativo da interação genótipos por experimentos (CRUZ et al., 2012). Observou-se neste trabalho que em algumas simulações de análise conjunta de variância tanto em cenário de 2 quanto de 3 repetições cuja a interação linhagens por experimentos foi não significativa estavam envolvidas combinações de repetições que proporcionavam efeito não significativo de linhagens nas análises individuais de variância. O que indica que o percentual de simulações com efeito significativo de interação linhagens por experimentos poderia ter sido ainda maior. O percentual de simulações com efeito significativo de interação linhagens por experimentos foi de 42% e 55% na safra das “águas” de 2020 nos cenários 1 (experimentos com 2 repetições) e 2 (experimentos com 3 repetições), se desconsiderarmos aquelas que envolveram simulações de experimentos cujo o efeito de linhagens foi não significativo nas análises individuais de variância (ANEXOS A, B e C). Já na safra da “seca” de 2021 esses percentuais foram de 44,4% e 70% para os cenários 1 e 2 de análise conjunta de variância, respectivamente. Este resultado realça o comportamento diferenciado das linhagens quando se variou o formato da parcela nos experimentos.

Tabela 9 - Valores médios (Med), mínimos (Min) e máximos (Max) dos parâmetros quadrado médio (QMG), estatística F e p-valor associados ao efeito de linhagens observados nas simulações realizadas para os dois cenários de análise conjunta de variância considerando número de repetições diferentes dos experimentos conduzidos nas safras das águas de 2020 e seca de 2021.

| | | Águas 2020 | | | | | | | | |
|-----|----|-------------------|----------|----------|--------|--------|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| CEN | R* | QMG | | | F | | | p-valor | | |
| | | Med | Min | Max | Med | Min | Max | Med | Min | Max |
| 1 | 2 | 648958,3 | 506490,0 | 824652,3 | 3,1703 | 2,2764 | 5,1279 | $2,5 \times 10^{-06}$ | $5,6 \times 10^{-15}$ | $5,3 \times 10^{-05}$ |
| 2 | 3 | 869395,4 | 739690,8 | 1010054 | 4,1971 | 3,3425 | 5,0375 | $6,1 \times 10^{-13}$ | $2,9 \times 10^{-20}$ | $1,2 \times 10^{-11}$ |
| | | Seca 2021 | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 328576,5 | 229306,1 | 462160,3 | 2,0281 | 1,3878 | 2,6883 | 0,004 | $1,5 \times 10^{-06}$ | 0,06 |
| 2 | 3 | 411778,7 | 331827,3 | 493490,8 | 2,5406 | 2,1153 | 3,0727 | $2,7 \times 10^{-06}$ | $3,1 \times 10^{-10}$ | $2,8 \times 10^{-5}$ |

*R: Número de repetições

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 10 - Valores médios (Med), mínimos (Min) e máximos (Max) dos parâmetros quadrado médio (QMG), estatística F e p-valor associados ao efeito da interação linhagens por experimentos observados nas simulações realizadas para os dois cenários de análise conjunta de variância considerando número de repetições diferentes dos experimentos conduzidos nas safras das águas de 2020 e seca de 2021.

| | | Águas 2020 | | | | | | | | | |
|-----|----|-------------------|----------|----------|---------|--------|--------|---------------|--------|--------|------|
| CEN | R* | QM (GxE) | | | F (GxE) | | | p-valor (GxE) | | | |
| | | Med | Min | Max | Med | Min | Max | Med | Min | Max | %SIG |
| 1 | 2 | 266203,0 | 169629,6 | 379747,2 | 1,3023 | 0,7725 | 2,1959 | 0,2181 | 0,0001 | 0,8703 | 31,1 |
| 2 | 3 | 295262,6 | 216382,5 | 387271,7 | 1,4285 | 1,0008 | 2,0172 | 0,1066 | 0,0001 | 0,4823 | 55,0 |
| | | Seca 2021 | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 198160,4 | 133903,7 | 278536,7 | 1,2357 | 0,7165 | 1,7716 | 0,2406 | 0,0036 | 0,9274 | 22,2 |
| 2 | 3 | 216154,5 | 172024,2 | 274061,0 | 1,3404 | 1,0561 | 1,7505 | 0,1234 | 0,0015 | 0,3772 | 45,0 |

*R: Número de repetições

Fonte: Do autor (2022).

Os baixos valores de correlação entre os seis blocos de ambos os experimentos conduzidos com parcelas de uma linha de dois metros aliado aos efeitos não significativos de linhagens em algumas simulações de análise individual de variância utilizando duas e três repetições já indicam a baixa eficiência na seleção do emprego deste formato de parcela. Constatou-se também que de modo geral os coeficientes de variação dos experimentos com este formato de parcela foram mais elevados se comparados aos experimentos com parcelas de duas linhas de dois metros. Além disso, as linhagens se comportaram de forma diferente quando se altera o formato da parcela. Estes resultados são evidências de que as parcelas de uma linha de dois metros podem não estar representando adequadamente as linhagens avaliadas. Este fato pode estar ocasionando presença de variação de natureza genética entre parcelas dos mesmos tratamentos, o que acarreta em maiores valores do erro experimental, menor correlação entre blocos e, conseqüentemente, em maiores valores de coeficiente de variação e baixa precisão experimental. Apesar de serem cultivares utilizadas neste trabalho, algumas destas podem ser mistura de linhas puras ou multilinhas, que necessitariam de parcelas maiores para serem melhor representadas.

Neste trabalho constata-se que a redução no número de linhas por parcela pode ocasionar em problemas na seleção de linhagens superiores. Em experimentos preliminares de avaliação de linhagens de feijoeiro tem se empregado experimentos com reduzido tamanho e formato de parcelas devido a quantidade insuficiente de sementes para serem realizados experimentos com parcelas maiores. Além disso, existe uma demanda por redução de custos financeiros e de área experimental. Entretanto, constata-se que a redução do número de linhas por parcela não foi a melhor estratégia a ser utilizada na avaliação destas linhagens tanto do ponto de vista de detecção de diferença significativa quanto de comportamento das linhagens se comparado com os experimentos que apresentavam parcelas de duas linhas de dois metros. Assim, quando se visa redução do gasto com área e recurso financeiro outras estratégias de redução devem ser empregadas como por exemplo emprego de delineamentos sem repetição ou com menor número de repetições.

Nos programas de melhoramento do feijoeiro tem sido empregados experimentos com número de repetições e tipos de delineamentos estatísticos diferentes conforme o número de tratamentos a serem avaliados e quantidade de semente disponível de cada tratamento. Em gerações precoces de avaliação de progênies quando ocorre abertura do bulk tem sido utilizados experimentos com parcelas de tamanho reduzido e/ou delineamentos estatísticos que não empregam repetições como por exemplo blocos aumentados. Outra alternativa é o emprego de experimentos com somente duas repetições e parcelas de tamanho reduzido. Tais situações

ocorrem também quando se deriva linhagens e, portanto, não se tem sementes suficientes para realizar maior número de repetições e parcelas maiores. No caso de progênies em gerações precoces como em $F_{2:3}$ o desafio é ainda maior, uma vez que existe considerável variação genética dentro destas (RAMALHO et al., 2012), o que requer experimentos com parcelas que permitam melhor representar estes tratamentos. O presente trabalho foi realizado com linhagens, que apresentam menor variação genética dentro do que em progênies em gerações precoces. Portanto, os resultados deste trabalho já evidenciam que o emprego de menor número de linhas por parcela pode proporcionar avaliações com baixa precisão experimental tanto em linhagens como em progênies em gerações precoces. Porém, isto deve ser melhor investigado para se concluir a respeito de progênies.

A redução de custos de mão de obra, recursos financeiros e de área experimental poderia ser obtida por meio do emprego de menor número de repetições além da redução do tamanho das parcelas. Entretanto, uma das preocupações dos melhoristas é o impacto desta redução no número de repetições na precisão experimental e na acurácia de seleção. No presente trabalho verificou-se que reduzir o número de repetições nos experimentos com parcelas de uma ou duas linhas em ambas as safras não afetou a precisão experimental. Os valores médios de coeficientes de variação obtidos para cada cenário de simulação de análise individual de variância no caso de experimentos com parcelas de duas linhas de dois metros foram similares tanto na safra das “águas” de 2020 quanto da “seca” de 2021. Na safra das “águas” o valor médio deste parâmetro nas simulações do cenário com duas repetições foi de 14,75%, enquanto que ao analisar o experimento com as três repetições o valor foi de 14,86% (Tabela 5; ANEXO A). Na safra da “seca” de 2021 que apresentou baixa precisão experimental, conforme Pimentel-Gomes (2000), os coeficientes de variação foram de 21,21% e 21,22% nos cenários com duas e três repetições, respectivamente (Tabela 5).

Os valores médios da estatística F nos cenários com duas e três repetições quando se empregou os experimentos com parcelas de duas linhas de dois metros foram iguais ou superiores a duas unidades. Houve pouca significância quando se aumentou o número de repetições empregadas nas análises. As médias da estatística F nos cenários 1 e 2 foram 3,53 e 4,51 na safra das “águas” de 2020 e 2,00 e 2,52 na safra da “seca” de 2021 (Tabela 4; ANEXO A). Apesar desta diferença pouco expressiva, todas as simulações realizadas com variação do número de repetições destes experimentos apresentaram efeito de linhagens significativo nas duas safras avaliadas com p-valores inferiores a 0,0011. O que indica que a redução no número de repetições não afetou na identificação das diferenças significativas entre as linhagens.

As acurácias médias nos dois cenários ao utilizar os dados do experimento com parcelas de duas linhas de dois metros também foram próximas ao empregar duas e três repetições nas análises (Tabela 5). Entretanto, houve uma superioridade nos valores deste parâmetro ao empregar o experimento com três repetições. Ao utilizar os dados da safra das “águas” de 2020 as acurácias foram de 0,83 e 0,88 nos cenários com duas e três repetições, respectivamente, enquanto que na “seca” de 2021 observou-se acurácias de 0,70 e 0,78 para estes cenários. Destaca-se que na safra das “águas” de 2020, na qual os experimentos apresentaram alta precisão experimental, foram obtidos valores de estatística F mais elevados (Tabela 4) e acurácias acima de 0,80 (Tabela 5). Ao se utilizar três repetições nesta condição observou-se acurácia próxima de 0,90, valor próximo ao que Resende e Duarte (2007) relata como necessário em experimentos de Valor de Cultivo e Uso. Cargnelutti Filho et al. (2009, 2012a, 2012b) também apontaram que a acurácia seletiva e o valor da estatística F para cultivares têm relação direta entre si e são mais adequadas do que o coeficiente de variação experimental e a diferença mínima significativa, na avaliação da precisão experimental em experimentos para avaliação de genótipos de feijão, soja, arroz e cana de açúcar.

Resende e Duarte (2007) relatam que em experimentos preliminares em que são avaliados muitos genótipos é necessário que se tenha no mínimo valores de estatística F iguais ou superiores à 2 para se obter acurácias superiores a 0,70 e, conseqüentemente, sucesso com a seleção. Os resultados obtidos no presente trabalho quanto a precisão experimental e acurácia de seleção evidenciam que utilizar duas repetições em experimentos com parcelas de duas linhas de dois metros são suficientes para que se tenha sucesso com a seleção, como mencionado por Resende e Duarte (2007). Além disso, verificou-se também que o ranqueamento das linhagens ao utilizar duas repetições foi similar ao observado quando se empregou as três repetições do experimento com parcelas de duas linhas de dois metros. Na safra das “águas” de 2020, essas correlações variaram de 0,94 a 0,96, enquanto que na safra da “seca” de 2021, este parâmetro variou de 0,87 a 0,91. Portanto, os resultados deste trabalho evidenciam que a seleção de linhagens tem se mostrado eficiente quando baseada em avaliações em experimentos até com duas repetições e parcelas de duas linhas de dois metros.

Um dos desafios dos programas de melhoramento do feijoeiro é avaliar maior número de linhagens sem aumentar consideravelmente a área a ser empregada. Por exemplo, se o interesse for avaliar 500 linhagens com três repetições e parcelas de duas linhas espaçadas em 0,6m e comprimento de dois metros seria necessária uma área de 3600 m². Entretanto, se manter esta área para condução do experimento e se utilizar somente duas repetições poderiam ser avaliadas 750 linhagens, ou seja, um aumento de 50% no número de tratamentos a serem avaliados. Os resultados apresentados neste trabalho evidenciam que esta estratégia pode ser empregada pelos programas de melhoramento da cultura sem prejuízo na acurácia de seleção.

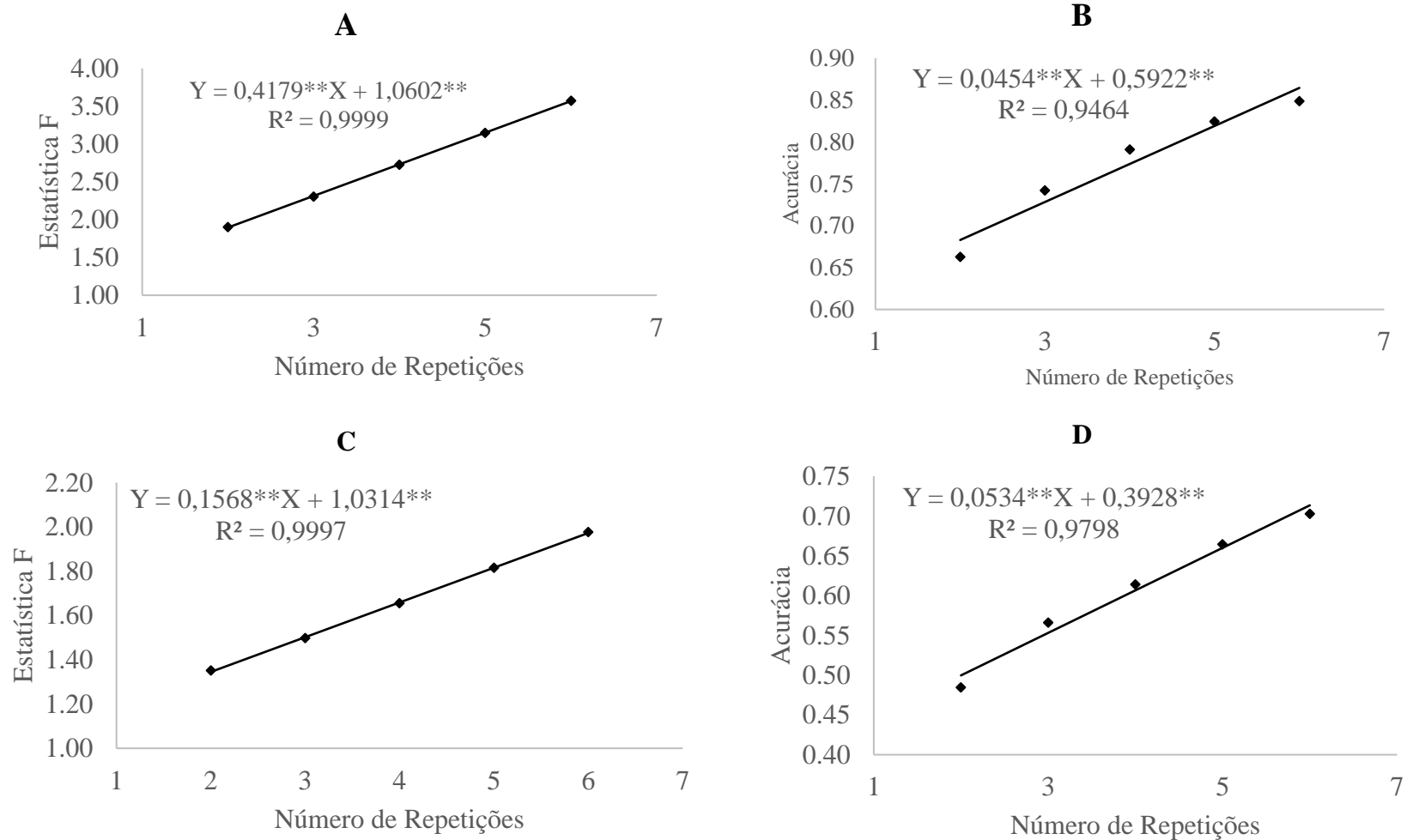
Apesar da possibilidade do emprego de experimentos de avaliação de linhagens com duas repetições e parcelas com duas linhas de dois metros, o mesmo não foi observado quando se avaliou o efeito do número de repetições em experimentos com parcelas de uma linha de dois metros. Observou-se que a redução do número de repetições nestes experimentos acarretou em simulações nas quais não foram detectadas diferenças significativas para o efeito de linhagens (Tabela 6). Na safra das “águas” de 2020 e “seca” de 2021 foram observadas que 26,7 e 66,7% das simulações com duas repetições apresentaram efeito não significativo de linhagens (ANEXO A). Resultado este contrário ao observado em todas as análises de todos os experimentos nas duas safras quando se empregou o número total de repetições. Na safra da “seca” de 2021, cerca de 50% e 13,3% das simulações dos cenários com 3 e 4 repetições, respectivamente, não detectaram diferença significativa entre as linhagens. Este maior número de resultados contrários na “seca” de 2021 se deve a menor precisão experimental observada nesta safra, justificada pela baixa correlação entre blocos no experimento que apresentou parcelas de uma linha de dois metros (Tabela 8).

Além da não detecção de efeito significativo de linhagens em parte das simulações realizadas com menor número de repetições, também se verificou que houve um aumento linear nos valores da estatística F e nas acurácias à medida que se aumentou o número de repetições (Figura 1). Os valores médios de acurácia em cada cenário variaram de 0,6628 a 0,8486 na safra das “águas” de 2020 e de 0,4848 a 0,7028 na safra da “seca” de 2021 (Tabela 7). Modelos de regressão linear simples foram ajustados para estes parâmetros em cada safra em função do número de repetições com coeficientes de determinação superiores a 0,94 (Figura 1). Observou-se que o aumento de uma repetição nos experimentos com parcelas de uma linha de dois metros proporcionou um incremento de 0,4179 unidades no valor da estatística F e de 0,0454% na acurácia quando se utilizou os dados da safra das “águas” de 2020. Na safra da “seca” de 2021

o aumento por repetição na estatística F foi de 0,1568 unidades e de 0,0534% na acurácia. Assim, verifica-se que há necessidade de se realizar estes experimentos com parcelas de uma linha de dois metros com pelo menos seis repetições. Estes experimentos quando analisados com seis repetições apresentaram acurácias de pelo menos 70% nas duas safras, requisitado em ensaios preliminares quando se avalia maior número de linhagens, conforme mencionado por Resende e Duarte (2007).

Apesar dos experimentos com seis repetições e parcelas de uma linha de dois metros apresentarem alta acurácia, em todas as simulações nos diferentes cenários de número de repetições foram observados valores de coeficientes de variação mais elevados, o que indica baixa precisão experimental (Tabela 6). Isso se deve ao fato das parcelas com este formato não representarem adequadamente os tratamentos avaliados, como verificado pela baixa correlação entre blocos nestes experimentos (Tabela 8) e pela presença interação entre linhagens por experimentos com parcelas de uma e de duas linhas (Tabela 10; ANEXOS B e C). Assim, verifica-se que há necessidade de se avaliar linhagens em experimentos com parcelas de uma linha de dois metros, especialmente devido ao número reduzido de sementes, deve-se empregar uma baixa intensidade de seleção. Indica-se que tais experimentos poderiam ser empregados para descartar as linhagens de desempenho inferior. Uma vez existindo a possibilidade de ter mais sementes por linhagens a utilização de parcelas com duas linhas de dois metros é indicada em experimentos com pelo menos duas repetições, pois nesta condição é possível ter elevada acurácia com a seleção.

Figura 1 - Regressões lineares simples dos valores médios para estatística F e da acurácia em função do número de repetições nos diferentes cenários de análise individual de variância das simulações com diferentes números de repetições dos experimentos conduzidos com uma linha de dois metros nas safras das “Águas” de 2020 (A e B) e “Seca” de 2021 (C e D).



Fonte: Do autor (2022).

4 CONCLUSÃO

Experimentos conduzidos com duas repetições e com parcelas de duas linhas de dois metros são suficientes para realizar a seleção acurada de linhagens em programas de melhoramento do feijoeiro.

O aumento de número de repetições em experimentos com uma ou duas linhas de dois metros proporciona aumento no valor da estatística F e na acurácia de seleção.

REFERÊNCIAS

- BORGES, M. H. C. **Avaliação agronômica, estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro** comum. In: (Dissertação), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG. 91p. 2007.
- BOTELHO, F. B. S. *et al.* Multiline as a strategy to reduce damage caused by *Colletotrichum lindemuthianum* in common bean. **Journal of Phytopathology**, v. 159, n. 3, p. 175-180, 2011.
- BERTOLUCCI, F. L. G. *et al.* Alternativas de tamanho e forma da parcela para avaliação de progênies de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Prática**, v.15, p.295-305, 1991.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L.; RIBEIRO, N.D. Medidas da precisão experimental em ensaios com genótipos de feijão e de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1225-1231, 2009.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; BRAGA JUNIOR, R.L. do C.; LÚCIO, A.D.C. Medidas de precisão experimental e número de repetições em ensaios de genótipos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1413-1421, 2012a.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; MARCHESAN, E.; SILVA, L.S. da; TOEBE, M. Medidas de precisão experimental e número de repetições em ensaios de genótipos de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.336-343, 2012b.
- CARNEIRO, J. E. S.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão do plantio a colheita**. Viçosa-MG: Editora UFV, 384 p., 2014.
- COLLICCHIO, E; RAMALHO, M. A. P; ABREU, A. F. B. Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 3, p. 297-304, 1997.
- COSTA, M. R. *et al.* Development and characterization of common black bean lines resistant to anthracnose, rust and angular leaf spot in Brazil. **Euphytica**, v. 176, p. 149-156, 2010.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 2012. 514 p.
- CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, 35(3), p. 271-276, 2013.
- CUNHA, W. G.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Selection aiming at upright growth habit common bean with carioca type grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 5, p. 379-386, 2005.
- EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_69_1162003151646.html>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- ESTEFANEL, V. *et al.* Tamanho da amostra para avaliação de componentes do rendimento na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, v.26, p.367-370, 1996.

- MELO, L. C. *et al.* Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro comum na Região Centro Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 715-723, 2007.
- RAMALHO, M. A. P. *et al.* Estimativa do tamanho ideal da parcela para os experimentos com a cultura do feijão. **Ciência Prática**, v.1, p.5-12, 1977.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. Genetic progress after four cycles of recurrent selection for yield and grain traits in common bean. **Euphytica**, v. 144, p. 23-29, 2005.
- RAMALHO, M. A. P.; FURTADO, D. F.; OLIVEIRA, A. C de. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. UFLA, Lavras, 300p, 2005.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. 1 ed. UFLA, Lavras, 2012.
- RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182–194, 2007.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**, 14ªed. Editora F. Pimentel-Gomes, 2000.
- SILVA, F. B.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. D. F. B. Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro' Carioca'. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1437-1442, 2007.
- ZIMMERMANN, F.J.P. Tamanho e forma de parcela para pesquisa de feijão consorciado com milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, p.741-743, 1982.

ANEXO A – Resultados de todas as análises individuais de variância

| Exp. | Safra | Blocos | CV | $r_{g\hat{g}}$ | QMG | F | p-valor | Média Geral |
|-----------------|-------|--------|-----------|----------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| 2Linhas/2metros | Seca | 1,2 | 0.2139919 | 0.7398784 | 338916.3 | 2.2095544 | 0.0010721 | 1830.191799 |
| 2Linhas/2metros | Seca | 1,3 | 0.2109425 | 0.6698185 | 230490.18 | 1.8137524 | 0.0102297 | 1689.94709 |
| 2Linhas/2metros | Seca | 2,3 | 0.211233 | 0.703628 | 280889.26 | 1.98056 | 0.0039732 | 1782.837302 |
| 2Linhas/2metros | Seca | 1,2,3 | 0.2122491 | 0.7766745 | 354766.36 | 2.5203094 | 6.37E-06 | 1767.65873 |
| 2Linhas/2metros | Águas | 1,2 | 0.1301745 | 0.8904219 | 339829.23 | 4.8274464 | 1.89E-09 | 2038.194775 |
| 2Linhas/2metros | Águas | 1,3 | 0.1644167 | 0.7852639 | 314775.01 | 2.6085102 | 0.0001116 | 2112.798115 |
| 2Linhas/2metros | Águas | 2,3 | 0.1478561 | 0.8269379 | 306905.27 | 3.1628189 | 5.43E-06 | 2106.812335 |
| 2Linhas/2metros | Águas | 1,2,3 | 0.1485636 | 0.8820869 | 432737.6 | 4.5060729 | 5.34E-13 | 2085.935075 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,2 | 0.2644702 | NA | 154890.25 | 0.7738583 | 0.8422839 | 1691.626984 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,3 | 0.2420536 | 0.6375347 | 294423.75 | 1.6847793 | 0.0209738 | 1727.043651 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,4 | 0.2558645 | 0.4715484 | 226942.15 | 1.2859387 | 0.1623515 | 1641.865079 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,5 | 0.2802391 | 0.2513414 | 245196.59 | 1.0674324 | 0.3990306 | 1710.244709 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,6 | 0.2325508 | 0.7258696 | 346995.32 | 2.1136585 | 0.0018563 | 1742.314815 |
| 1linha/2metros | Seca | 2,3 | 0.2205576 | 0.5436931 | 209866.93 | 1.4196523 | 0.0852584 | 1743.247354 |
| 1linha/2metros | Seca | 2,4 | 0.2026319 | 0.6079368 | 179058.82 | 1.5862621 | 0.0358317 | 1658.068783 |
| 1linha/2metros | Seca | 2,5 | 0.2422056 | 0.2696739 | 188567.38 | 1.0784276 | 0.3836042 | 1726.448413 |
| 1linha/2metros | Seca | 2,6 | 0.2357452 | 0.4956026 | 227819.37 | 1.3255953 | 0.1349243 | 1758.518519 |
| 1linha/2metros | Seca | 3,4 | 0.2447193 | 0.5167554 | 234324.06 | 1.3643238 | 0.1120462 | 1693.48545 |
| 1linha/2metros | Seca | 3,5 | 0.2664661 | 0.3779815 | 257147.7 | 1.1666841 | 0.2728518 | 1761.865079 |
| 1linha/2metros | Seca | 3,6 | 0.2507888 | 0.5916242 | 311407.65 | 1.538507 | 0.0462024 | 1793.935185 |
| 1linha/2metros | Seca | 4,5 | 0.2657466 | 0.2627927 | 213263.89 | 1.0741831 | 0.38952 | 1676.686508 |
| 1linha/2metros | Seca | 4,6 | 0.2458069 | 0.59206 | 271639.42 | 1.5397289 | 0.0459052 | 1708.756614 |
| 1linha/2metros | Seca | 5,6 | 0.2707467 | 0.4429893 | 288032.31 | 1.2441517 | 0.1960688 | 1777.136243 |

| Exp. | Safra | Blocos | CV | $r_{g\hat{g}}$ | QMG | F | p-valor | Média Geral |
|----------------|--------------|---------------|-----------|----------------|------------|-----------|----------------|--------------------|
| 1linha/2metros | Seca | 1,2,3 | 0.2426005 | 0.5304367 | 242467.44 | 1.3915233 | 0.0609321 | 1720.63933 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,2,4 | 0.2427766 | 0.4236343 | 198859.94 | 1.2187186 | 0.1760757 | 1663.853616 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,2,5 | 0.2626398 | NA | 193541.42 | 0.9601631 | 0.5633152 | 1709.440035 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,2,6 | 0.2442554 | 0.5926495 | 275488.59 | 1.5413866 | 0.0213413 | 1730.820106 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,3,4 | 0.2474285 | 0.6326724 | 290680.66 | 1.6674292 | 0.0082516 | 1687.464727 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,3,5 | 0.2633439 | 0.540467 | 294238.86 | 1.4126381 | 0.0528929 | 1733.051146 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,3,6 | 0.2421224 | 0.7299041 | 386191.33 | 2.1402274 | 0.0001693 | 1754.431217 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,4,5 | 0.2678395 | 0.4083546 | 241914.22 | 1.200125 | 0.1950647 | 1676.265432 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,4,6 | 0.2445492 | 0.6985455 | 336610.42 | 1.9529945 | 0.0008231 | 1697.645503 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,5,6 | 0.2619133 | 0.6159224 | 335881.44 | 1.6112409 | 0.0126862 | 1743.231922 |
| 1linha/2metros | Seca | 2,3,4 | 0.2235668 | 0.6310507 | 239547.93 | 1.6617507 | 0.0086219 | 1698.267196 |
| 1linha/2metros | Seca | 2,3,5 | 0.2439868 | 0.486871 | 237275.53 | 1.3106905 | 0.1024168 | 1743.853616 |
| 1linha/2metros | Seca | 2,3,6 | 0.2363275 | 0.6282749 | 287530.18 | 1.6521535 | 0.009284 | 1765.233686 |
| 1linha/2metros | Seca | 2,4,5 | 0.2386415 | 0.4753204 | 209399.9 | 1.291872 | 0.1149429 | 1687.067901 |
| 1linha/2metros | Seca | 2,4,6 | 0.2294906 | 0.6435596 | 262398.27 | 1.7069766 | 0.0060626 | 1708.447972 |
| 1linha/2metros | Seca | 2,5,6 | 0.2502936 | 0.4966168 | 255838.71 | 1.327366 | 0.0922954 | 1754.034392 |
| 1linha/2metros | Seca | 3,4,5 | 0.2593898 | 0.4738772 | 253918.5 | 1.2895898 | 0.1165449 | 1710.679012 |
| 1linha/2metros | Seca | 3,4,6 | 0.2473358 | 0.648775 | 316922.17 | 1.7268443 | 0.0051847 | 1732.059083 |
| 1linha/2metros | Seca | 3,5,6 | 0.2627191 | 0.5628368 | 319239.33 | 1.4636687 | 0.0372366 | 1777.645503 |
| 1linha/2metros | Seca | 4,5,6 | 0.2612744 | 0.54005 | 285390.28 | 1.4117395 | 0.0532148 | 1720.859788 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,2,3,4 | 0.2392466 | 0.6251928 | 269193.66 | 1.6416751 | 0.0060126 | 1692.556217 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,2,3,5 | 0.2532863 | 0.510612 | 258746.19 | 1.352676 | 0.06387 | 1726.746032 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,2,3,6 | 0.2413101 | 0.6907656 | 338271.56 | 1.9126206 | 0.0004707 | 1742.781085 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,2,4,5 | 0.2533813 | 0.4174726 | 220537.89 | 1.2110693 | 0.1659616 | 1684.156746 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,2,4,6 | 0.2403547 | 0.6687758 | 302121.05 | 1.8091725 | 0.00128 | 1700.191799 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,2,5,6 | 0.2548534 | 0.5680584 | 288458.2 | 1.4764295 | 0.0246013 | 1734.381614 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,3,4,5 | 0.2596545 | 0.5817354 | 295159.76 | 1.511524 | 0.0184535 | 1701.865079 |

| Exp. | Safra | Blocos | CV | $r_{g\hat{g}}$ | QMG | F | p-valor | Média Geral |
|----------------|--------------|---------------|-----------|----------------|------------|-----------|----------------|--------------------|
| 1linha/2metros | Seca | 1,3,4,6 | 0.2453588 | 0.7332332 | 384246.9 | 2.1627744 | 3.79E-05 | 1717.900132 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,3,5,6 | 0.2576758 | 0.6780068 | 377241.59 | 1.8508004 | 0.0008589 | 1752.089947 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,4,5,6 | 0.2590658 | 0.6432228 | 334553.23 | 1.705715 | 0.0033687 | 1709.500661 |
| 1linha/2metros | Seca | 2,3,4,5 | 0.2418608 | 0.5769018 | 256366.14 | 1.4988362 | 0.0204914 | 1709.966931 |
| 1linha/2metros | Seca | 2,3,4,6 | 0.2345274 | 0.6917047 | 314179.91 | 1.9173814 | 0.0004492 | 1726.001984 |
| 1linha/2metros | Seca | 2,3,5,6 | 0.2485996 | 0.6063356 | 302801.65 | 1.5813848 | 0.0102104 | 1760.191799 |
| 1linha/2metros | Seca | 2,4,5,6 | 0.2454104 | 0.6015871 | 278450.05 | 1.5671698 | 0.01154 | 1717.602513 |
| 1linha/2metros | Seca | 3,4,5,6 | 0.2578249 | 0.6198977 | 325099.3 | 1.6240968 | 0.0070282 | 1735.310847 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,2,3,4,5 | 0.2496274 | 0.5950577 | 279817.02 | 1.5482122 | 0.0105755 | 1703.058201 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,2,3,4,6 | 0.2401989 | 0.7263104 | 359535.54 | 2.1165219 | 2.77E-05 | 1715.886243 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,2,3,5,6 | 0.2512052 | 0.6645527 | 343438.39 | 1.7909279 | 0.0009704 | 1743.238095 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,2,4,5,6 | 0.2507375 | 0.638576 | 310115.86 | 1.6885598 | 0.0027508 | 1709.166667 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,3,4,5,6 | 0.2559872 | 0.6988737 | 380421.59 | 1.9547453 | 0.0001686 | 1723.333333 |
| 1linha/2metros | Seca | 2,3,4,5,6 | 0.2458414 | 0.6647217 | 324012.74 | 1.791649 | 0.0009631 | 1729.814815 |
| 1linha/2metros | Seca | 1,2,3,4,5,6 | 0.2489986 | 0.7027942 | 362751.91 | 1.9759709 | 8.60E-05 | 1720.749559 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,2 | 0.2129741 | 0.7587577 | 520943.35 | 2.3568968 | 0.0004623 | 2207.486772 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,3 | 0.2531201 | 0.5103113 | 452847.47 | 1.3521144 | 0.1188663 | 2286.349206 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,4 | 0.2548142 | 0.5685757 | 479237.79 | 1.4777124 | 0.0634562 | 2234.89418 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,5 | 0.2381856 | 0.7140101 | 614482.77 | 2.040027 | 0.002829 | 2304.206349 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,6 | 0.2345622 | 0.6973867 | 562613.57 | 1.9468444 | 0.004815 | 2291.825397 |
| 1linha/2metros | Águas | 2,3 | 0.2556661 | 0.5731237 | 509493.98 | 1.4891384 | 0.0598177 | 2287.857143 |
| 1linha/2metros | Águas | 2,4 | 0.2500757 | 0.6603452 | 554634.27 | 1.7732252 | 0.0128397 | 2236.402116 |
| 1linha/2metros | Águas | 2,5 | 0.2369443 | 0.7495162 | 681092.42 | 2.2819304 | 0.0007088 | 2305.714286 |
| 1linha/2metros | Águas | 2,6 | 0.256593 | 0.6258069 | 569192.47 | 1.6437483 | 0.0262577 | 2293.333333 |
| 1linha/2metros | Águas | 3,4 | 0.2664151 | 0.5346294 | 532741.26 | 1.4002242 | 0.0939351 | 2315.26455 |
| 1linha/2metros | Águas | 3,5 | 0.2423458 | 0.7190131 | 691398.02 | 2.0703068 | 0.0023791 | 2384.57672 |
| 1linha/2metros | Águas | 3,6 | 0.243669 | 0.6835467 | 627143.16 | 1.877004 | 0.0071588 | 2372.195767 |

| Exp. | Safra | Blocos | CV | $r_{g\hat{g}}$ | QMG | F | p-valor | Média Geral |
|----------------|--------------|---------------|-----------|----------------|------------|-----------|----------------|--------------------|
| 1linha/2metros | Águas | 4,5 | 0.2598443 | 0.6740709 | 673603.13 | 1.832749 | 0.0091923 | 2333.121693 |
| 1linha/2metros | Águas | 4,6 | 0.2601684 | 0.6362393 | 612491 | 1.6801089 | 0.0215194 | 2320.740741 |
| 1linha/2metros | Águas | 5,6 | 0.2097167 | 0.8367681 | 837957.16 | 3.3353439 | 2.20E-06 | 2390.05291 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,2,3 | 0.242037 | 0.7030554 | 591961.16 | 1.9774059 | 0.0006713 | 2260.564374 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,2,4 | 0.2402359 | 0.7410174 | 634387.25 | 2.2178201 | 8.71E-05 | 2226.261023 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,2,5 | 0.230164 | 0.8033623 | 771473.53 | 2.8200072 | 4.77E-07 | 2272.469136 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,2,6 | 0.2359571 | 0.7632134 | 683659.04 | 2.3951789 | 1.89E-05 | 2264.215168 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,3,4 | 0.2583329 | 0.6165794 | 559130.4 | 1.613346 | 0.0124856 | 2278.835979 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,3,5 | 0.2445762 | 0.741238 | 717682.42 | 2.2194298 | 8.59E-05 | 2325.044092 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,3,6 | 0.2439164 | 0.719265 | 661631.32 | 2.071861 | 0.0003029 | 2316.790123 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,4,5 | 0.2511605 | 0.7342114 | 718151.73 | 2.1695101 | 0.0001318 | 2290.740741 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,4,6 | 0.2501311 | 0.713621 | 664195.78 | 2.037718 | 0.0004043 | 2282.486772 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,5,6 | 0.2274246 | 0.8225584 | 867287.4 | 3.0921685 | 4.63E-08 | 2328.694885 |
| 1linha/2metros | Águas | 2,3,4 | 0.2576838 | 0.669745 | 625869.52 | 1.8134287 | 0.0025933 | 2279.84127 |
| 1linha/2metros | Águas | 2,3,5 | 0.2450345 | 0.7633794 | 778563.65 | 2.3966341 | 1.86E-05 | 2326.049383 |
| 1linha/2metros | Águas | 2,3,6 | 0.2518858 | 0.7075216 | 682492.05 | 2.0023502 | 0.0005446 | 2317.795414 |
| 1linha/2metros | Águas | 2,4,5 | 0.2492402 | 0.7666861 | 791532.94 | 2.4260509 | 1.44E-05 | 2291.746032 |
| 1linha/2metros | Águas | 2,4,6 | 0.2558044 | 0.7147427 | 697556.49 | 2.0443927 | 0.0003822 | 2283.492063 |
| 1linha/2metros | Águas | 2,5,6 | 0.2345793 | 0.816224 | 894790.23 | 2.9960002 | 1.05E-07 | 2329.700176 |
| 1linha/2metros | Águas | 3,4,5 | 0.2561704 | 0.7285118 | 768543.74 | 2.130967 | 0.0001832 | 2344.320988 |
| 1linha/2metros | Águas | 3,4,6 | 0.2567399 | 0.7005202 | 706330.68 | 1.9635894 | 0.0007535 | 2336.067019 |
| 1linha/2metros | Águas | 3,5,6 | 0.2323697 | 0.817757 | 925030.16 | 3.0186533 | 8.67E-08 | 2382.275132 |
| 1linha/2metros | Águas | 4,5,6 | 0.2438347 | 0.7969001 | 898137.82 | 2.7400992 | 9.50E-07 | 2347.971781 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,2,3,4 | 0.2498674 | 0.7363185 | 697357.81 | 2.1841924 | 3.04E-05 | 2261.375661 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,2,3,5 | 0.2406453 | 0.8009085 | 851464.04 | 2.7890461 | 5.14E-08 | 2296.031746 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,2,3,6 | 0.2436385 | 0.771701 | 769499.45 | 2.4723254 | 1.49E-06 | 2289.84127 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,2,4,5 | 0.2429477 | 0.8065321 | 870440.44 | 2.8611814 | 2.38E-08 | 2270.304233 |

| Exp. | Safra | Blocos | CV | $r_{g\hat{g}}$ | QMG | F | p-valor | Média Geral |
|----------------|--------------|---------------|-----------|----------------|------------|-----------|----------------|--------------------|
| 1linha/2metros | Águas | 1,2,4,6 | 0.2457775 | 0.7797773 | 790047.21 | 2.5513629 | 6.46E-07 | 2264.113757 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,2,5,6 | 0.2320454 | 0.8419811 | 977558.14 | 3.4356247 | 5.40E-11 | 2298.769841 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,3,4,5 | 0.2525999 | 0.7606289 | 807702.4 | 2.3727963 | 4.26E-06 | 2309.73545 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,3,4,6 | 0.252344 | 0.7417242 | 751131.72 | 2.2229867 | 2.04E-05 | 2303.544974 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,3,5,6 | 0.2371231 | 0.8234212 | 954741.95 | 3.1058071 | 1.76E-09 | 2338.201058 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,4,5,6 | 0.2432076 | 0.8153935 | 943822.13 | 2.9838862 | 6.43E-09 | 2312.473545 |
| 1linha/2metros | Águas | 2,3,4,5 | 0.2520815 | 0.7825307 | 875094.41 | 2.579675 | 4.78E-07 | 2310.489418 |
| 1linha/2metros | Águas | 2,3,4,6 | 0.2555365 | 0.7485179 | 788508.35 | 2.2741692 | 1.20E-05 | 2304.298942 |
| 1linha/2metros | Águas | 2,3,5,6 | 0.2409834 | 0.8236208 | 987725.18 | 3.1089815 | 1.70E-09 | 2338.955026 |
| 1linha/2metros | Águas | 2,4,5,6 | 0.2458686 | 0.8197503 | 986180.33 | 3.0486925 | 3.23E-09 | 2313.227513 |
| 1linha/2metros | Águas | 3,4,5,6 | 0.2473511 | 0.8103753 | 986465.58 | 2.9129727 | 1.37E-08 | 2352.65873 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,2,3,4,5 | 0.2477176 | 0.8121752 | 945094.01 | 2.9379663 | 1.60E-09 | 2289.587302 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,2,3,4,6 | 0.2495154 | 0.7909355 | 867896.45 | 2.6707896 | 4.06E-08 | 2284.634921 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,2,3,5,6 | 0.2389251 | 0.8436549 | 1058938.4 | 3.4692548 | 2.54E-12 | 2312.359788 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,2,4,5,6 | 0.2420187 | 0.8433053 | 1065102.1 | 3.462171 | 2.76E-12 | 2291.777778 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,3,4,5,6 | 0.2465549 | 0.8252858 | 1028933.4 | 3.1357462 | 1.44E-10 | 2323.322751 |
| 1linha/2metros | Águas | 2,3,4,5,6 | 0.2483709 | 0.8303166 | 1072704.8 | 3.2198409 | 5.20E-11 | 2323.925926 |
| 1linha/2metros | Águas | 1,2,3,4,5,6 | 0.2455459 | 0.8485819 | 1143707.1 | 3.5725928 | 8.90E-14 | 2304.268078 |

*Final do anexo A com as análises individuais de variância das safras das “Águas” 2020 e “Seca” 2021.

Fonte: Do autor (2022).

ANEXO B - Resultados de todas as análises conjuntas de variância com duas repetições das safras “Águas” 2020 e “Seca” 2021

| Repetição | Blocos | Repetição | Blocos | C.V | $r_{g\hat{g}}$ | Média Geral | QMG interação | F interação | p-valor interação |
|-----------|--------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|---------------|-------------|-------------------|
| 3 | 1, 2 | 6 | 5, 6 | 0.181118136 | 0.897212359 | 2214.123843 | 353134.1289 | 2.195897143 | 0.000105144 |
| | 2, 3 | | 5, 6 | 0.185593928 | 0.878866434 | 2248.432622 | 379747.1603 | 2.180756886 | 0.000119715 |
| | 1, 3 | | 5, 6 | 0.191533678 | 0.873352107 | 2251.425513 | 368963.1835 | 1.984164028 | 0.000634363 |
| | 1, 2 | | 1, 5 | 0.198530739 | 0.84687524 | 2171.200562 | 297301.3253 | 1.600079059 | 0.013801279 |
| | 1, 2 | | 1, 2 | 0.179816967 | 0.876403811 | 2122.840774 | 232475.8566 | 1.595444427 | 0.014290878 |
| | 2, 3 | | 1, 2 | 0.184868315 | 0.852716406 | 2157.149554 | 245045.1135 | 1.540850738 | 0.021425199 |
| | 2, 3 | | 1, 5 | 0.202326669 | 0.82315934 | 2205.509342 | 303773.7865 | 1.525549237 | 0.02395266 |
| | 1, 2 | | 1, 6 | 0.195795922 | 0.845017735 | 2165.010086 | 274030.6332 | 1.525007509 | 0.024047007 |
| | 1, 3 | | 1, 2 | 0.191348986 | 0.840291968 | 2160.142444 | 254413.945 | 1.489099791 | 0.031122429 |
| | 2, 3 | | 2, 5 | 0.201560285 | 0.846927489 | 2206.26331 | 288514.0498 | 1.458956529 | 0.038482806 |
| | 1, 2 | | 4, 5 | 0.21409485 | 0.827976826 | 2185.658234 | 317095.6257 | 1.448149178 | 0.041484913 |
| | 2, 3 | | 1, 6 | 0.199757584 | 0.820564415 | 2199.318866 | 278680.9648 | 1.443857566 | 0.042734627 |
| | 1, 3 | | 1, 6 | 0.205502856 | 0.805920997 | 2202.311756 | 292980.764 | 1.430361428 | 0.046888814 |
| | 1, 2 | | 3, 5 | 0.20333007 | 0.853067522 | 2211.385747 | 288681.5546 | 1.427863863 | 0.047696181 |
| | 1, 2 | | 1, 4 | 0.207926498 | 0.796823471 | 2136.544478 | 278481.2551 | 1.411082528 | 0.053451221 |
| | 1, 3 | | 1, 5 | 0.207962201 | 0.817073673 | 2208.502232 | 294634.8756 | 1.396753148 | 0.058846199 |
| | 2, 3 | | 4, 5 | 0.217102677 | 0.80499267 | 2219.967014 | 320579.6983 | 1.380106542 | 0.065713358 |
| | 1, 2 | | 2, 5 | 0.197728529 | 0.871504438 | 2171.95453 | 253982.093 | 1.377092044 | 0.067029518 |
| | 1, 2 | | 4, 6 | 0.213970552 | 0.819781365 | 2179.467758 | 289203.4667 | 1.32982527 | 0.090877088 |
| | 1, 3 | | 4, 5 | 0.2222575 | 0.795691553 | 2222.959904 | 323016.0652 | 1.323268616 | 0.094700283 |
| 1, 3 | 4, 6 | 0.222196294 | 0.776283179 | 2216.769428 | 316740.4867 | 1.305536176 | 0.105728295 | | |
| 1, 3 | 2, 5 | 0.207214785 | 0.842711506 | 2209.2562 | 272799.1052 | 1.301695187 | 0.108253924 | | |
| 1, 3 | 1, 4 | 0.216984083 | 0.748811699 | 2173.846147 | 287522.7708 | 1.292286728 | 0.114653661 | | |
| 1, 2 | 3, 6 | 0.203941209 | 0.845119386 | 2205.195271 | 259218.031 | 1.28162545 | 0.122281116 | | |

| Repetição | Blocos | Repetição | Blocos | C.V | $r_{g\hat{g}}$ | Média Geral | QMG interação | F interação | p-valor interação. |
|-----------|--------|-----------|--------|-------------|----------------|-------------|---------------|-------------|--------------------|
| | 2, 3 | | 3, 5 | 0.206714159 | 0.838495526 | 2245.694527 | 272540.5464 | 1.264705224 | 0.135236864 |
| | 2, 3 | | 4, 6 | 0.217009764 | 0.795488956 | 2213.776538 | 290865.4097 | 1.260276868 | 0.138805223 |
| | 1, 2 | | 2, 4 | 0.204795359 | 0.841104425 | 2137.298446 | 239555.4347 | 1.25036114 | 0.147069937 |
| | 1, 3 | | 2, 4 | 0.214080765 | 0.798988696 | 2174.600116 | 270080.4122 | 1.246174835 | 0.150674951 |
| | 2, 3 | | 1, 4 | 0.211433575 | 0.774330633 | 2170.853257 | 260002.6278 | 1.234152698 | 0.161417586 |
| | 2, 3 | | 2, 4 | 0.208448753 | 0.815721606 | 2171.607226 | 249136.303 | 1.215838409 | 0.178921084 |
| | 1, 3 | | 3, 5 | 0.212024329 | 0.83211256 | 2248.687417 | 267147.8894 | 1.175228113 | 0.222828691 |
| | 1, 2 | | 3, 4 | 0.218123864 | 0.795672677 | 2176.729663 | 258155.5904 | 1.145160027 | 0.259990947 |
| | 1, 3 | | 3, 6 | 0.212647046 | 0.816625108 | 2242.496941 | 259300.9463 | 1.1403067 | 0.266362494 |
| | 1, 2 | | 1, 3 | 0.208194893 | 0.80070376 | 2162.271991 | 227974.5771 | 1.124930335 | 0.287227052 |
| 3 | 2, 3 | 6 | 3, 6 | 0.207324042 | 0.829957186 | 2239.504051 | 241254.8932 | 1.119110807 | 0.295389935 |
| | 2, 3 | | 2, 6 | 0.213994662 | 0.809390338 | 2200.072834 | 233405.8543 | 1.053008183 | 0.397706506 |
| | 1, 3 | | 2, 6 | 0.219327204 | 0.798001361 | 2203.065724 | 241129.6199 | 1.032786734 | 0.432117254 |
| | 1, 3 | | 3, 4 | 0.226089897 | 0.76276833 | 2214.031333 | 248329.8905 | 0.991058204 | 0.506468034 |
| | 1, 2 | | 2, 6 | 0.210751767 | 0.840163752 | 2165.764054 | 200696.0272 | 0.963327692 | 0.557458759 |
| | 1, 3 | | 1, 3 | 0.216987014 | 0.769291351 | 2199.573661 | 209561.9881 | 0.919958007 | 0.637549926 |
| | 2, 3 | | 3, 4 | 0.220992316 | 0.785183977 | 2211.038442 | 217063.4937 | 0.909159027 | 0.657222824 |
| | 2, 3 | | 1, 3 | 0.211571056 | 0.788045049 | 2196.580771 | 189870.8691 | 0.879126713 | 0.710617899 |
| | 1, 2 | | 2, 3 | 0.209968359 | 0.831851328 | 2163.025959 | 179673.7781 | 0.871070949 | 0.724502809 |
| | 1, 3 | | 2, 3 | 0.218625172 | 0.7995542 | 2200.327629 | 182744.6509 | 0.789713642 | 0.848694215 |
| | 2, 3 | | 2, 3 | 0.213259221 | 0.812702545 | 2197.334739 | 169629.5656 | 0.772491072 | 0.87029905 |

*Análises conjuntas de variância com duas repetições da safra das “águas” 2020.

Fonte: Do autor (2022).

| Repetição | Blocos | Repetição | Blocos | C.V | $r_{g\hat{g}}$ | Média Geral | QMG interação | F interação | p-valor interação |
|-----------|--------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|------------------|-------------|----------------------|
| 3 | 2, 3 | 6 | 1, 6 | 0.221917548 | 0.75580896 | 1762.576058 | 271045.7996 | 1.771591789 | 0.00363204 |
| | 1, 2 | | 1, 6 | 0.223075212 | 0.781180232 | 1786.253307 | 278536.6807 | 1.754258853 | 0.00417127 |
| | 1, 2 | | 2, 4 | 0.209201751 | 0.731317008 | 1744.130291 | 231773.7439 | 1.740907744 | 0.004638383 |
| | 2, 3 | | 2, 4 | 0.207424556 | 0.70993608 | 1720.453042 | 203185.1018 | 1.595459839 | 0.014289223 |
| | 1, 2 | | 4, 6 | 0.229493665 | 0.727370126 | 1769.474206 | 260392.091 | 1.579057383 | 0.016155977 |
| | 1, 3 | | 1, 6 | 0.22236454 | 0.768512537 | 1716.130952 | 221775.3182 | 1.522934756 | 0.024411178 |
| | 1, 3 | | 2, 4 | 0.206917427 | 0.690484466 | 1674.007937 | 180242.9428 | 1.502273846 | 0.028329939 |
| | 1, 2 | | 1, 4 | 0.233936105 | 0.703546414 | 1736.028439 | 239272.4882 | 1.450723295 | 0.04075126 |
| | 1, 2 | | 2, 6 | 0.224742056 | 0.713581087 | 1794.355159 | 235391.6302 | 1.447456435 | 0.041684379 |
| | 1, 3 | | 4, 6 | 0.229234863 | 0.682777917 | 1699.351852 | 217855.2131 | 1.435621663 | 0.045228366 |
| | 2, 3 | | 4, 6 | 0.228491999 | 0.716036461 | 1745.796958 | 225985.6864 | 1.420206427 | 0.050249722 |
| | 2, 3 | | 1, 4 | 0.232976686 | 0.660718855 | 1712.35119 | 225372.8271 | 1.416090288 | 0.05167223 |
| | 2, 3 | | 1, 3 | 0.226706064 | 0.744938501 | 1754.940476 | 219660.3815 | 1.387716259 | 0.062491257 |
| | 2, 3 | | 2, 6 | 0.223662086 | 0.684999513 | 1770.67791 | 213211.768 | 1.359400081 | 0.075228247 |
| | 1, 3 | | 2, 6 | 0.224223918 | 0.66147059 | 1724.232804 | 192563.6297 | 1.288304677 | 0.117455223 |
| | 1, 3 | | 3, 6 | 0.233008332 | 0.716076987 | 1741.941138 | 203776.5609 | 1.236927872 | 0.158885926 |
| | 2, 3 | | 2, 3 | 0.215854568 | 0.731605728 | 1763.042328 | 179135.9067 | 1.236900262 | 0.158910959 |
| | 1, 3 | | 5, 6 | 0.244257949 | 0.631943067 | 1733.541667 | 220021.3652 | 1.227153457 | 0.167942693 |
| | 2, 3 | | 3, 6 | 0.231979385 | 0.744288375 | 1788.386243 | 206416.5507 | 1.199286903 | 0.195955494 |
| | 1, 3 | | 4, 5 | 0.239701857 | 0.588476813 | 1683.316799 | 194696.7492 | 1.195870595 | 0.199617881 |
| 1, 3 | 3, 4 | 0.228491346 | 0.693059274 | 1691.71627 | 177294.3597 | 1.1865891 | 0.209823719 | | |
| 1, 3 | 2, 5 | 0.227458563 | 0.609270017 | 1708.197751 | 178966.9329 | 1.185473698 | 0.211075482 | | |
| 1, 3 | 2, 3 | 0.215978774 | 0.711866016 | 1716.597222 | 161684.2311 | 1.176274574 | 0.221607105 | | |
| 1, 2 | 1, 3 | 0.227736774 | 0.792471714 | 1778.617725 | 192275.7044 | 1.171906193 | 0.226738471 | | |

| Repetição | Blocos | Repetição | Blocos | C.V | $r_{g\hat{g}}$ | Média Geral | QMG interação | F interação | p-valor interação |
|-----------|--------|-----------|--------|-------------|----------------|-------------|------------------|-------------|----------------------|
| | 2, 3 | | 3, 4 | 0.227805956 | 0.727424617 | 1738.161376 | 182228.3702 | 1.162266316 | 0.23835968 |
| | 2, 3 | | 1, 2 | 0.23802645 | 0.528613591 | 1737.232143 | 198482.9845 | 1.160799281 | 0.240164191 |
| | 1, 3 | | 1, 3 | 0.227381682 | 0.755273152 | 1708.49537 | 173586.3629 | 1.150209741 | 0.253471366 |
| | 1, 3 | | 1, 4 | 0.233860034 | 0.681804032 | 1665.906085 | 173808.3252 | 1.145137217 | 0.260020651 |
| | 1, 2 | | 1, 2 | 0.238763126 | 0.630892869 | 1760.909392 | 200156.1031 | 1.132296867 | 0.277103149 |
| | 1, 2 | | 3, 6 | 0.232761928 | 0.778048935 | 1812.063492 | 199538.6172 | 1.121647121 | 0.291814506 |
| | 1, 2 | | 3, 4 | 0.228850882 | 0.764678884 | 1761.838624 | 181759.2166 | 1.11804429 | 0.296901586 |
| | 1, 2 | | 2, 3 | 0.21720409 | 0.778518621 | 1786.719577 | 166440.2106 | 1.10512007 | 0.31560126 |
| | 2, 3 | | 2, 5 | 0.226779941 | 0.680528254 | 1754.642857 | 174533.759 | 1.102281966 | 0.3198008 |
| | 1, 2 | | 4, 5 | 0.239231235 | 0.714501675 | 1753.439153 | 192699.3987 | 1.095123741 | 0.330539012 |
| 3 | 1, 2 | 6 | 5, 6 | 0.243220902 | 0.734293988 | 1803.664021 | 209321.2142 | 1.087677569 | 0.341927556 |
| | 2, 3 | | 1, 5 | 0.246776154 | 0.654522891 | 1746.541005 | 201094.4245 | 1.082520359 | 0.349942941 |
| | 1, 2 | | 2, 5 | 0.227809218 | 0.72896037 | 1778.320106 | 177260.705 | 1.080065287 | 0.353794676 |
| | 2, 3 | | 5, 6 | 0.242725787 | 0.702107621 | 1779.986772 | 200776.5055 | 1.075591856 | 0.360871787 |
| | 1, 3 | | 3, 5 | 0.241511534 | 0.655954432 | 1725.906085 | 182675.8879 | 1.051407703 | 0.400383478 |
| | 2, 3 | | 4, 5 | 0.238488431 | 0.679816422 | 1729.761905 | 177745.9101 | 1.044461238 | 0.412097672 |
| | 1, 3 | | 1, 5 | 0.248436581 | 0.634768812 | 1700.095899 | 176905.2555 | 0.991660024 | 0.505371351 |
| | 1, 2 | | 1, 5 | 0.247235396 | 0.717668042 | 1770.218254 | 189132.3896 | 0.987395136 | 0.513154579 |
| | 2, 3 | | 3, 5 | 0.240120216 | 0.721530537 | 1772.35119 | 160234.5654 | 0.884706451 | 0.700878894 |
| | 1, 3 | | 1, 2 | 0.239234757 | 0.589991176 | 1690.787037 | 134400.8175 | 0.821439419 | 0.804262023 |
| | 1, 2 | | 3, 5 | 0.240707133 | 0.771750909 | 1796.028439 | 133903.7158 | 0.716453963 | 0.927404755 |

*Final do Anexo B com as análises conjuntas de variância com duas repetições da safra da “Seca” 2021.

Fonte: Do autor (2022).

ANEXO C - Resultados de todas as análises conjuntas de variância com três repetições das safras “Águas” 2020 e “Seca” 2021

| Repetição | Blocos | Repetição | Blocos | C.V | $r_{g\hat{g}}$ | Média Geral | QMG interação | F interação | p-valor interação |
|-----------|---------|-----------|---------|-------------|----------------|-------------|------------------|-------------|----------------------|
| | | | 1, 5, 6 | 0.196567034 | 0.891871825 | 2207.31498 | 379746.2176 | 2.017174475 | 8.46E-05 |
| | | | 4, 5, 6 | 0.207641433 | 0.880585093 | 2216.953428 | 387271.7117 | 1.827572446 | 0.00066134 |
| | | | 3, 5, 6 | 0.200793393 | 0.89485586 | 2234.105104 | 347713.3048 | 1.72788673 | 0.001853279 |
| | | | 1, 2, 5 | 0.197268106 | 0.890072624 | 2179.202105 | 314755.2446 | 1.703194347 | 0.002376799 |
| | | | 2, 5, 6 | 0.201211649 | 0.895259044 | 2207.817626 | 333387.8924 | 1.689340489 | 0.002729535 |
| | | | 1, 4, 5 | 0.21116031 | 0.858240249 | 2188.337908 | 340304.3699 | 1.593727909 | 0.006913077 |
| | | | 1, 4, 6 | 0.210299861 | 0.852948554 | 2184.210924 | 322588.4547 | 1.528909217 | 0.012618293 |
| | | | 1, 2, 4 | 0.202717352 | 0.868322444 | 2156.098049 | 290600.151 | 1.521167269 | 0.013535846 |
| | | | 2, 4, 5 | 0.209932906 | 0.875956265 | 2188.840553 | 316885.2351 | 1.500765084 | 0.016256878 |
| 3 | 1, 2, 3 | 6 | 1, 2, 6 | 0.200788318 | 0.878594838 | 2175.075121 | 280110.0582 | 1.468599234 | 0.021580884 |
| | | | 1, 3, 5 | 0.2076314 | 0.870121613 | 2205.489583 | 287065.1349 | 1.368939843 | 0.049552096 |
| | | | 3, 4, 5 | 0.215723054 | 0.863334149 | 2215.128031 | 304596.0821 | 1.333931499 | 0.065153567 |
| | | | 1, 3, 6 | 0.207020833 | 0.865206506 | 2201.362599 | 268301.6433 | 1.291849921 | 0.089298228 |
| | | | 2, 4, 6 | 0.214017838 | 0.862057736 | 2184.713569 | 279159.0707 | 1.276917349 | 0.09948904 |
| | | | 3, 4, 6 | 0.215902966 | 0.856673972 | 2211.001047 | 282751.6125 | 1.240823402 | 0.128080018 |
| | | | 2, 3, 5 | 0.20795342 | 0.882827896 | 2205.992229 | 257396.0143 | 1.223099331 | 0.144328506 |
| | | | 1, 3, 4 | 0.215555569 | 0.837150483 | 2182.385527 | 252177.1706 | 1.139526234 | 0.242657521 |
| | | | 1, 2, 3 | 0.204593551 | 0.869148715 | 2173.249724 | 216382.5256 | 1.094508246 | 0.310984725 |
| | | | 2, 3, 4 | 0.215156233 | 0.857466781 | 2182.888172 | 225436.9912 | 1.022008106 | 0.440918441 |
| | | | 2, 3, 6 | 0.212263468 | 0.8696957 | 2201.865245 | 218622.2735 | 1.000834852 | 0.482308364 |

*Análises conjuntas de variância com três repetições da safra das “águas” 2020.

Fonte: Do autor (2022).

| Repetição | Blocos | Repetição | Blocos | C.V | $r_{g\hat{g}}$ | Média Geral | QMG interação | F interação | p-valor interação |
|-----------|---------|-----------|---------|-----------|----------------|-------------|------------------|-------------|----------------------|
| | | | 1, 4, 6 | 0.2283644 | 0.7904692 | 1732.652116 | 274060.9708 | 1.750522388 | 0.001471868 |
| | | | 2, 4, 6 | 0.2207765 | 0.7716927 | 1738.053351 | 253145.9461 | 1.719250427 | 0.0020224 |
| | | | 1, 3, 6 | 0.2275659 | 0.8213137 | 1761.044974 | 247466.8923 | 1.540855768 | 0.011314768 |
| | | | 1, 2, 6 | 0.2284888 | 0.7655123 | 1749.239418 | 244388.0915 | 1.529860017 | 0.012509663 |
| | | | 1, 2, 4 | 0.2272058 | 0.7362264 | 1715.756173 | 221798.9682 | 1.459518927 | 0.023348198 |
| | | | 2, 3, 4 | 0.2177985 | 0.795662 | 1732.962963 | 206061.4391 | 1.446466613 | 0.026118951 |
| | | | 3, 4, 6 | 0.230117 | 0.796518 | 1749.858907 | 228135.3278 | 1.406984298 | 0.03639535 |
| | | | 2, 4, 5 | 0.2252773 | 0.7570203 | 1727.363316 | 209470.88 | 1.383315775 | 0.044156742 |
| | | | 1, 5, 6 | 0.23804 | 0.7822056 | 1755.445326 | 240795.4035 | 1.379029843 | 0.045708537 |
| 3 | 1, 2, 3 | 6 | 1, 3, 4 | 0.2297576 | 0.7960045 | 1727.561728 | 215436.7594 | 1.367454564 | 0.050141102 |
| | | | 2, 3, 6 | 0.2245948 | 0.7951229 | 1766.446208 | 214327.3679 | 1.361687952 | 0.052486208 |
| | | | 4, 5, 6 | 0.2373937 | 0.7622965 | 1744.259259 | 230852.837 | 1.34640227 | 0.059169253 |
| | | | 2, 5, 6 | 0.2319073 | 0.7591993 | 1760.846561 | 216965.0852 | 1.301121739 | 0.083418099 |
| | | | 1, 4, 5 | 0.2402639 | 0.7469056 | 1721.962081 | 209536.9941 | 1.224155555 | 0.143317385 |
| | | | 1, 2, 3 | 0.2275427 | 0.7817384 | 1744.14903 | 192218.1833 | 1.220397776 | 0.146939814 |
| | | | 3, 5, 6 | 0.2389633 | 0.7901307 | 1772.652116 | 196392.8257 | 1.094500631 | 0.310997161 |
| | | | 1, 2, 5 | 0.2379706 | 0.7261217 | 1738.549383 | 186238.6262 | 1.08805087 | 0.32163138 |
| | | | 2, 3, 5 | 0.2284598 | 0.7854477 | 1755.756173 | 172024.1623 | 1.069157185 | 0.353915092 |
| | | | 3, 4, 5 | 0.2362567 | 0.7788859 | 1739.168871 | 179457.6109 | 1.062943328 | 0.364884188 |
| | | | 1, 3, 5 | 0.2386738 | 0.7902049 | 1750.354938 | 184314.7761 | 1.056083685 | 0.37718366 |

*Final do Anexo C com as análises conjuntas de variância com três repetições da safra da “Seca” 2021.

Fonte: Do autor (2022).

