



KAIO OLÍMPIO DAS GRAÇAS DIAS

**ESTRATÉGIAS DE PLANEJAMENTO
EXPERIMENTAL NO MELHORAMENTO DE
*Brachiaria ruziziensis***

LAVRAS - MG

2013

KAIO OLÍMPIO DAS GRAÇAS DIAS

**ESTRATÉGIAS DE PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL NO
MELHORAMENTO DE *Brachiaria ruziziensis***

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

Orientadora

Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves

Coorientador

Dr. Fausto de Souza Sobrinho

LAVRAS – MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Dias, Kaio Olímpio das Graças.

Estratégias de planejamento experimental no melhoramento de
Brachiaria ruziziensis / Kaio Olímpio das Graças Dias. – Lavras :
UFLA, 2013.

65 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Flávia Maria Avelar Gonçalves.

Bibliografia.

1. Forrageiras. 2. Melhoramento genético. 3. Tamanho ótimo de
parcela. 4. Precisão experimental. 5. Efeito de bordadura. 6. Número
de repetições. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.53

KAIO OLÍMPIO DAS GRAÇAS DIAS

**ESTRATÉGIAS DE PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL NO
MELHORAMENTO DE *Brachiaria ruziziensis***

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

APROVADA em 28 de fevereiro de 2013.

Dr. Daniel Furtado Ferreira UFLA

Dr. Fausto de Souza Sobrinho Embrapa/Gado de Leite

Dr. José Airton Rodrigues Nunes UFLA

Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves

Orientadora

LAVRAS – MG

2013

A Deus, que sempre esteve comigo e por me conceder mais esta conquista.

OFEREÇO

Aos meus pais, José e Maria; aos meus irmãos, aos familiares e amigos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por mais uma vitória.

Aos meus pais, José e Maria, pelo carinho e compreensão durante esses anos, sempre ao meu lado apesar da distância.

Aos meus irmãos, Fernanda e Romário, pelo apoio e compreensão durante esses anos, em especial a minha irmã Iolanda e meu sobrinho Luis Felipe pela grande amizade.

À Universidade Federal de Lavras pela formação e pelo suporte oferecido da graduação ao mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Flávia Maria Avelar Gonçalves pela amizade, orientação, confiança depositada, ensinamentos transmitidos e pela grande atenção em todas as etapas da minha dissertação.

A minha namorada, Evellyn Couto, pelo companheirismo, felicidade e apoio em todos os momentos.

Ao Dr. Fausto de Souza Sobrinho, pela oportunidade de realizar este trabalho em parceria com a EMBRAPA.

Aos professores Daniel Furtado Ferreira e José Airton Rodrigues Nunes pelas valiosas sugestões no decorrer do trabalho.

A minha família pela compreensão de minha ausência, pelo apoio mesmo distante e o incentivo para que eu sempre acreditasse ser possível vencer.

Aos amigos Bráulio Moraes, Davi Teixeira, Ricardo Cabral e Fernando Toledo pela disponibilidade e valiosa ajuda na realização deste trabalho.

A todos os meus amigos e amigas da turma de mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas 2011/1 e agregados da turma 2011/2 que sempre me apoiaram e me deram força para seguir em frente e não desistir nunca e pelos inesquecíveis momentos vividos juntos.

À Equipe do Melhoramento de Plantas Perenes, Marcell, Luíz, Heloisa, Breno, Vinícius Teixeira e Rodrigo pelos alegres e bons momentos vividos.

Aos mais que amigos, da República Farol Aceso e aos atuais companheiros de república Luiz, Vinícius e Otávio, pelo companheirismo e amizade.

Aos colegas do Núcleo de Estudos de Genética e Melhoramento de Plantas, pelo convívio e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Biologia, Zélia, Rafaela, Lilian, Irondina e Sebastiana (Dú), por estarem sempre dispostas a ajudar.

A todos que de alguma forma contribuíram com este trabalho.

Muito Obrigado!

RESUMO

Neste trabalho foram utilizados dados oriundos de experimentos de avaliação de progênies de meios-irmãos de *Brachiaria ruziziensis* do programa de melhoramento da Embrapa Gado de Leite, com os objetivos de verificar a necessidade de bordadura; estimar o tamanho ótimo de parcela experimental e o número de repetições necessárias à predição do desempenho de progênies. Para isso, no município de Coronel Pacheco – MG foi instalado um experimento no delineamento experimental de blocos completos casualizados, com quatro repetições e parcelas de 16 m², contendo oito progênies de meios-irmãos. Cada parcela foi subdividida em 32 estratos de 0,5 m², sendo, então, cada estrato considerado como uma unidade básica, as quais tiveram altura de plantas e produção de massa verde avaliadas em dois cortes. Para verificar a necessidade de bordadura, foi realizada uma análise de variância considerando a posição na parcela. As estimativas do tamanho ótimo de parcela foram realizadas pelo método da máxima curvatura do coeficiente de variação e o método de simulação por reamostragem. Com as estimativas do coeficiente de repetibilidade, foi estimado o número de repetições necessárias para prever o desempenho das progênies. Verificou-se que o uso de bordaduras não alterou o desempenho médio e a classificação das progênies de meios-irmãos avaliadas. O emprego de parcelas com 3m² foi suficiente para obter uma boa precisão experimental em experimento com progênies de meios-irmãos de *B.ruziziensis*. O emprego do método de simulação por reamostragem foi coincidente com as estimativas obtidas pelo método da máxima curvatura do coeficiente de variação. Com quatro repetições foi possível identificar progênies superiores de *B.ruziziensis*, com elevada precisão experimental, para os dois caracteres avaliados.

Palavras-chave: Melhoramento genético de forrageiras. Precisão experimental. Tamanho ótimo de parcela. Efeito de bordadura. Número de repetições.

ABSTRACT

In this study, data from experiments for evaluation of half-sib progeny of *Brachiaria ruziziensis* from the breeding program at Embrapa Gado de Leite were used for the purposes of checking the effect of using borders in the experimental plot, estimating optimum plot size and determining the number of replicates necessary to predict progeny performance. To that end, a randomized complete block experimental design was planned in Coronel Pacheco (Minas Gerais, Brazil) with four replicates and 16 m² plots with 8 half-sib progeny. Each plot was subdivided into 32 0.5 m² strata, with each stratum then being considered as a basic unit. Plant height and green mass production were evaluated in two cuts. So as to check the effect of using borders, analysis of variance was performed considering the position in the plot. To estimate optimum plot size, two methods were tested, the Maximum Curvature of the Coefficient of Variation method and the Resampling Simulation method. With the estimates of the repeatability coefficient, the number of replicates necessary for predicting performance of the progeny was estimated. It was found that the use of borders did not change the average performance and the classification of the half-sib progeny evaluated. The use of 3 m² plots was enough to obtain good experimental accuracy in experiments with half-sib progeny of *B. ruziziensis*. Estimates from the use of the Resampling Simulation method coincided with estimates obtained by the Maximum Curvature of the Coefficient of Variation method. Four replications were sufficient for identifying superior progeny of *B. ruziziensis*, with high experimental accuracy, for the two traits under evaluation.

Keywords: Genetic improvement of forage. Experimental precision. Optimum plot size. Border effect. Number of replicates.

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 10 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 12 |
| 2.1 | Melhoramento genético do gênero <i>Brachiaria</i> | 12 |
| 2.2 | A espécie <i>Brachiaria ruziziensis</i> | 14 |
| 2.3 | Tamanho de parcela | 16 |
| 2.3.1 | Métodos para estimação do tamanho de parcela..... | 18 |
| 2.4 | Efeito de bordadura..... | 21 |
| 2.5 | Número de repetições | 22 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 25 |
| 3.1 | Local e delineamento experimental..... | 25 |
| 3.2 | Características avaliadas | 25 |
| 3.3 | Análise estatística..... | 26 |
| 3.4 | Efeito de bordadura..... | 27 |
| 3.5 | Tamanho de parcela | 29 |
| 3.5.1 | Método da curvatura máxima do coeficiente de variação | 29 |
| 3.5.2 | Método da reamostragem | 30 |
| 3.6 | Número de repetições | 31 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 34 |
| 4.1 | Efeito de bordadura..... | 36 |
| 4.2 | Tamanho de parcela | 38 |
| 4.2.1 | Método da máxima curvatura do coeficiente de variação | 38 |
| 4.2.2 | Método da reamostragem | 42 |
| 4.4 | Número de repetições | 47 |
| 5 | CONCLUSÕES..... | 50 |
| | REFERÊNCIAS..... | 51 |
| | ANEXOS | 59 |

1 INTRODUÇÃO

As pastagens brasileiras constituem a principal fonte de alimentação para a produção de animais ruminantes. Dentre as forrageiras, destacam-se as do gênero *Brachiaria*, sendo a *Brachiaria brizantha* a espécie mais cultivada no Brasil. No entanto, outra espécie, ainda pouco cultivada no país, a *Brachiaria ruziziensis*, possui grande potencial para pastagem, uma vez que possui elevada qualidade nutricional e se trata da única espécie sexual e diploide cultivada (SOUZA SOBRINHO; LÉDO; KOPP, 2011). Assim, essa espécie é de grande importância em programas de melhoramento do gênero *Brachiaria*, pois além do melhoramento intraespecífico possibilita a obtenção de híbridos interespecíficos.

Os programas de melhoramento de forrageiras avaliam cada vez mais um grande número de progênies, com objetivo de obter genótipos superiores. Com o aumento no nível de melhoramento das espécies trabalhadas nesses programas, a detecção de diferenças entre os genótipos é cada vez mais dificultada. Desse modo, a preocupação com o planejamento experimental tem aumentado, em virtude da sua relevância para obter maior precisão experimental e, dessa forma, obter estimativas fidedignas de parâmetros genéticos e fenotípicos, essenciais para auxiliarem os melhoristas na seleção das melhores progênies.

Na literatura, são escassos os relatos sobre estratégia de planejamento experimental para *B. ruziziensis*. Desse modo, torna-se necessário realizar estudos a respeito do número de plantas ideal para representar o tipo de progênie avaliada, da necessidade de bordadura e da otimização do número de repetições, que são alguns, entre outros aspectos, que devem ser considerados no planejamento experimental. Experimentos avaliando populações segregantes de *B. ruziziensis*, (SOUZA SOBRINHO et al., 2010; SOUZA SOBRINHO; LÉDO; KOPP, 2011), não se têm empregado a bordadura e têm-se utilizado duas

repetições com parcelas de uma linha de 3m². A decisão do melhorista tem-se baseado apenas no conhecimento empírico e na disponibilidade de recursos para a instalação de experimentos. Essas decisões podem acarretar na redução da precisão experimental.

Diante do exposto, este trabalho avaliou progênies de meios-irmãos de *B. ruziziensis* com os objetivos de verificar a necessidade de bordadura, estimar o tamanho ótimo de parcela experimental e estimar o número de repetições necessárias à predição do desempenho das progênies.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Melhoramento genético do gênero *Brachiaria*

No Brasil, as principais forrageiras destinadas à alimentação de ruminantes são de origem africana e apresentam boa adaptação às diferentes condições edafoclimáticas brasileiras. Dentre essas forrageiras, destacam-se as espécies do gênero *Brachiaria*, que, segundo estimativas ocupam 85% das áreas de pastagens brasileiras (MACEDO, 2005).

O gênero *Brachiaria* inclui cerca de 100 espécies de ocorrência nas regiões tropicais e subtropicais de ambos os hemisférios. Dentre as espécies de maior importância econômica pode-se destacar: *B. brizanta*; *B. decumbens*; *B. dictyoneura*; *B. humidicula*; *B. arrecta*; *B. mutica* e *B. ruziziensis*.

O gênero das *Brachiaris* caracteriza-se por apresentar a maioria de suas espécies poliploides, com o número básico de cromossomos $x = 7$ ou $x = 9$ (KARIA; DUARTE; ARAÚJO, 2006). A *B. ruziziensis* é uma exceção, sendo a única cultivada no Brasil com reprodução sexual e diploide (SOUZA SOBRINHO; LÉDO; KOPP, 2011).

A grande maioria das espécies é apomítica (produção de sementes sem que ocorra a fecundação do óvulo, originando progênies iguais a planta mãe). No entanto, se a apomixia fosse obrigatória, o melhoramento genético dessas espécies seria impossível, uma vez que não permitiria cruzamentos e introgressão de alelos, para geração de variabilidade (VALLE et al., 2008). Vale ressaltar a grande importância da espécie *B. ruziziensis* como parental, pois possibilita a obtenção de híbridos interespecíficos, visto que a principal forma de reprodução dessa espécie é sexual.

O melhoramento de forrageiras, especialmente as tropicais, é recente se comparado a outras culturas, a exemplo de cereais e hortaliças. No Brasil, apesar

das extensas áreas ocupadas com pastagens, o número de melhoristas de plantas forrageiras se restringe a poucos profissionais (VALLE; JANK; RESENDE, 2009).

Quando se realiza o melhoramento genético, para a maioria das culturas o pesquisador observa apenas o desempenho da planta. No entanto, no caso do melhoramento de plantas forrageiras, deve-se considerar a relação solo-planta-animal. Assim, o objetivo do melhoramento não se resume em obter uma planta mais produtiva, mas em conseguir maior eficiência na produção animal (SOUZA SOBRINHO, 2005). Apesar dessa peculiaridade, o melhoramento dessas espécies tem objetivo semelhante aos de outras culturas, tais como aumento da produtividade e da qualidade de forragem, resistência às pragas e doenças, eficiência no uso de nutrientes e adaptação a estresses abióticos. No entanto, existem requisitos adicionais, pois forragens não possuem valor intrínseco, a menos que convertido em produto de origem animal (carne, leite, pele, bezerros), o que implica em uma avaliação indireta para a identificação de genótipos superiores (JANK; VALLE; RESENDE, 2011).

A seleção a partir da variabilidade natural presente em coleções tem sido o principal método de melhoramento utilizado para forrageiras tropicais no Brasil, com vista à obtenção, em curto prazo, de cultivares superiores. Híbridos interespecíficos têm sido explorados cruzando-se plantas sexuais com outras apomíticas (VALLE et al., 2008). De acordo com esses mesmos autores, não existem recomendações específicas de melhoramento para plantas poliploides e apomíticas, como braquiária, mas, empiricamente, tem-se utilizado a seleção recorrente em populações geradas por cruzamentos de indivíduos com reprodução sexual x apomíticos.

2.2 A espécie *Brachiaria ruziziensis*

A *Brachiaria ruziziensis* é uma espécie africana encontrada naturalmente em condições úmidas e não inundáveis que se estendem do Zaire até o Oeste do Quênia (SOUZA, 2007).

Espécie perene, de aproximadamente 1 m de altura, com rizomas curtos, robustos e globosos, inflorescência em panícula com racemos bilaterais, terminais, de 15 a 25 cm de comprimento com três a sete ramificações primárias, terminado em uma espiguetas rudimentar. Os ramos são de 4 a 10 cm de comprimento com raque alada, de 5 mm de largura, que envolve a base da espiguetas, florescimento sincronizado e concentrado no final do verão (FONSECA; MARTUSCELLO, 2010). É propagada tanto por sementes como vegetativamente.

Como seu ciclo de vida é longo, uma característica desejável é que se tenha um desempenho estável ao longo dos anos. Com o objetivo de avaliar a produtividade de biomassa de forragem e a estabilidade de produção ao longo de diferentes cortes, representativos de épocas favoráveis e desfavoráveis ao desenvolvimento das forrageiras, Souza Soubrinho, Léo e Kopp (2011) avaliaram progênies de *B. ruziziensis*, juntamente com as testemunhas *B. decumbens* cv. Basilisk, *B. brizanthacv.* Marandu, *B. ruziziensis*cv. Comum e *Brachiaria* sp. Concluiu-se que as progênies de *B. ruziziensis* são mais produtivas na época das águas. No entanto, é possível identificar e selecionar genótipos com médias mais elevadas e com produção mais estável nas demais épocas do ano. Assim, fica claro a importância dessa espécie para programas de melhoramento intrapopulacional, com a seleção de plantas mais produtivas, e interpopulacional com o intuito de explorar híbridos interespecíficos.

Dentre os diversos objetivos do melhoramento de braquiária, um dos mais importantes é a obtenção de genótipos resistentes ao alumínio, uma vez que

a maioria dos solos brasileiros apresenta altas concentrações desse elemento. Outro grande problema que afeta as pastagens é o ataque de cigarrinhas, que é a principal praga das pastagens, com danos diretos na produção e persistência em pastagens cultivadas. Em vista dessas dificuldades, alguns pesquisadores avaliaram genótipos de *B. ruziziensis* quanto à tolerância ao alumínio (BITENCOURT et al., 2011; MARTINS et al., 2011) e resistência à cigarrinha-das-pastagens (SOUZA SOBRINHO; AUAD; LÉDO, 2010). Nos dois casos detectou-se variabilidade entre os genótipos para esses caracteres, o que possibilita ganhos com a seleção.

Como já comentado a qualidade nutricional da forragem é ponto fundamental em um programa de melhoramento, pois, a produção de forragem deve ser convertida em produto animal. Lopes et al. (2010) avaliaram a qualidade nutricional de quatro espécies de *Brachiaria* (*B. brizanta*, *B. humidicula*, *B. decumbens*, *B. ruziziensis*) e observaram que a *B. ruziziensis* foi a de maior valor nutricional e apresentou as mais elevadas taxas de degradação e degradabilidade efetivas da matéria seca e da proteína bruta, e o menor teor de fibra em detergente neutro.

Dessa forma, os programas de melhoramento objetivam selecionar e recombinar genótipos mais adaptados aos solos brasileiros e resistentes às cigarrinhas, sem perder a boa qualidade da forragem. Nesse sentido a Embrapa Gado de Leite iniciou um programa de melhoramento genético com o objetivo de obter cultivares mais produtivas, e que possam associar características de interesse como, tolerância ao alumínio, resistência às cigarrinhas das pastagens e boa qualidade de forragem.

2.3 Tamanho de parcela

A variância existente entre parcelas experimentais que receberam o mesmo tratamento é conhecida como erro experimental. O erro é estimado por meio de repetições, um dos princípios básicos da experimentação agrícola. A redução do erro experimental e o consequente aumento da precisão experimental são questões almejadas pelos melhoristas.

Com a redução do erro experimental, aumentam-se as chances de detectar diferenças significativas entre os tratamentos testados. Assim, menor será a probabilidade de ocorrência de erro tipo II, ou seja, aceitação de uma hipótese de nulidade falsa.

Existem vários fatores que afetam a precisão experimental, como a heterogeneidade do solo, do material genético e da condução do experimento (GOMEZ; GOMEZ, 1984; LE CLERG; LEONARD; CLARK, 1962). Além disso, a competição intra e interparcelar, falhas na amostragem e o não atendimento às pressuposições do modelo estatístico (STORCK et al., 2000) também são fatores que afetam a precisão experimental. Para atenuar essa heterogeneidade existem algumas alternativas, entre elas a escolha correta dos delineamentos experimentais, e a otimização do número de repetições e do tamanho das parcelas (PALOMINO; RAMALHO; FERREIRA, 2000).

O aumento do tamanho da parcela leva à diminuição da variação residual entre parcelas, entretanto, tal diminuição não é proporcional ao tamanho da parcela (LE CLERG; LEONARD; CLARK, 1962). Assim sendo, o ganho em precisão obtido não está diretamente ligado ao incremento no tamanho de unidades experimentais.

Para estimar o tamanho de parcela em populações segregantes, é necessário utilizar um número de plantas que represente o tipo de progênie que está sendo avaliada. Se for utilizado um número restrito de plantas, as quais não

representem a família, a precisão experimental poderá ser reduzida (PALOMINO; RAMALHO; FERREIRA, 2000). Dessa forma, a identificação do número mínimo de plantas, que possa representar e manter as propriedades genéticas das progênes de meios-irmãos de *B. ruzizienses*, será o ponto de partida para novas alternativas em programas de melhoramento, sem perder de vista a precisão experimental.

Para que os programas de melhoramento genético continuem obtendo sucesso, é necessário que os melhoristas avaliem um número crescente de progênes, isso porque as diferenças a serem detectadas são gradativamente menores (AGUIAR; RAMALHO; SOUZA, 2000). Portanto, se o tamanho da parcela para representar o tipo de progênes não for adequado, ter-se-á uma menor precisão experimental, o que compromete as estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos.

A redução no tamanho da parcela afeta diretamente a relação entre coeficiente de variação genética e coeficiente de variação ambiental, podendo diminuir a herdabilidade e afetar a identificação das melhores famílias (LEITE; PETERNELLI; BARBOSA, 2006).

O aumento da precisão experimental pela redução do erro experimental pode ser obtido com a determinação do tamanho ótimo de parcelas. Em estudo realizado com progênes de cana-de-açúcar, as estimativas do tamanho de parcela variaram de acordo com o parâmetro a ser estimado, com a característica avaliada e o método utilizado (LEITE; PETERNELLI; BARBOSA, 2006). Isso porque, no erro experimental, além da variação ambiental entre parcelas, está incluída a variação ambiental e genética entre plantas dentro da parcela (VENCOVSKY; BARRIGA 1992).

Na literatura há inúmeros trabalhos sobre o tamanho ótimo de parcelas para diferentes culturas, tal como candeia (OLIVEIRA et al., 2011), cana-de-açúcar (LEITE et al., 2009), feijão-vagem (HAESBAERT et al., 2012), girassol

(LORENTZ et al., 2010), nabo forrageiro (CARGNELUTTI FILHO et al., 2011), entre outros. Porém, não foram encontrados relatos a esse respeito para o gênero *Brachiaria*.

Embora progênies de meios-irmãos sejam muito utilizadas em programas de melhoramento de *B. ruziziensis* são escassas as informações sobre a área ou número de plantas que represente esse tipo de progênies. Diante do exposto, torna-se claro a necessidade da estimativa de um tamanho ótimo de parcela para essa espécie. Trabalhos recentes em *Brachiaria ruziziensis* têm adotado parcelas de uma única linha de 3 metros de comprimento, com espaçamento de 1,0 x 0,5m (SOUZA SOBRINHO et al., 2010; SOUZA SOBRINHO; LÉDO; KOPP, 2011), mas essas informações foram baseadas apenas no conhecimento empírico e na experiência dos pesquisadores.

2.3.1 Métodos para estimação do tamanho de parcela

Em experimentos cujo objetivo é estimar o tamanho de parcela, o termo unidade básica (ub) refere-se a áreas de dimensões pré-estabelecidas onde é realizada a avaliação da característica de interesse no ensaio. Parcelas de diferentes tamanhos podem ser obtidas agrupando as ub adjacentes.

Existem vários métodos para a estimação do tamanho ótimo de parcela. A escolha de quais métodos utilizar, no entanto, deve ser fundamentada em uma avaliação crítica de seus resultados, pautada em conhecimentos práticos e técnicos da cultura (PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009). Dentre as metodologias mais utilizadas estão o método da inspeção visual da curvatura máxima (LE CLERG, 1967) e o método da curvatura máxima (LESSMAN; ATKINS, 1963).

Pelo método de inspeção visual da curvatura máxima, são calculados os coeficientes de variação para cada tamanho de parcela (diferentes agrupamentos

de unidades básicas). Esses dados são plotados em um gráfico, e o ponto de máxima curvatura é determinado visualmente. A crítica a esse método consiste justamente nesse fato, ou seja, do ponto correspondente ao tamanho ótimo da unidade experimental ser determinado visualmente, pois isso constitui uma fonte de erro e discrepância na estimação do tamanho de parcela por esse método, uma vez que não existe um critério único no estabelecimento da localização desse ponto sobre a curva (PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009).

Devido aos problemas nesse método, ou seja, à subjetividade na determinação do tamanho ótimo entre os diferentes observadores, foi proposto o método da curvatura máxima, que é um aperfeiçoamento do primeiro método. Sua propriedade consiste em determinar o ponto de máxima curvatura, de forma algébrica, considerando a máxima curvatura e o vértice da curva, mas não o ponto de estabilização dos valores do coeficiente de variação experimental. Desse modo, o aumento no número de unidades básicas na parcela promove ganhos significativos na precisão experimental, visto que o vértice da curva do coeficiente de variação experimental tende a ocorrer sempre na região das pequenas parcelas (PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009).

Em experimentos com a cultura do trigo e da mandioca, os menores tamanhos de parcelas na maioria dos ensaios foram encontrados com o uso do método da curvatura máxima (PARANAÍBA; MORAIS; FERREIRA, 2009). Para Chaves (1985) o valor da abscissa máxima no ponto de máxima curvatura deve ser interpretado como o limite mínimo de tamanho de parcela e não como o tamanho ótimo.

Mais recentemente, foram propostos os métodos do modelo linear segmentado com platô e o da curvatura máxima do coeficiente de variação (PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009). O método do modelo linear possui dois segmentos, dos quais o primeiro descreve uma reta crescente ou decrescente (dependendo do valor do coeficiente angular), até uma determinada

altura P que é o platô. A partir desse ponto, o valor X_i assume um valor constante P , que é o segundo segmento em que X_i é a variável dependente (resposta), ou seja, é o ponto considerado como tamanho ótimo da parcela. Dos métodos existentes, uma grande dificuldade é o agrupamento de unidades básicas. O segundo método consiste na obtenção do tamanho ótimo da parcela experimental, sem a necessidade da realização do agrupamento de unidades básicas para a determinação do coeficiente de variação ambiental.

O método do modelo linear de resposta com platô e o método da curvatura máxima do coeficiente de variação apresentaram resultados semelhantes aos tamanhos de parcelas experimentais utilizados em experimentos com a cultura do arroz (PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009), trigo e mandioca (PARANAIBA; MORAIS; FERREIRA, 2009). Esses mesmos autores ressaltam o fato destes métodos não subestimarem o tamanho ótimo da parcela, tendendo a ser mais próximo do tamanho ótimo, quando comparado ao método da curvatura máxima. Outra vantagem desses dois métodos é a não necessidade de ajustamento de um modelo não linear.

Comparações entre o método da curvatura máxima do coeficiente de variação e o método da curvatura máxima foram realizadas para a cultura do milho (CARGNELUTTI FILHO et al., 2011). Esses autores evidenciaram que as estimativas do tamanho ótimo de parcela obtida por ambos os métodos são concordantes.

Outra metodologia utilizada para determinar o tamanho de parcela é o método da reamostragem. De acordo com Moura (2008), esse método consiste em processos computacionalmente intensivos de reamostragem, no próprio conjunto de dados, em que amostras sucessivas são retiradas desse conjunto de dados. Em cada amostra são obtidas as estimativas dos parâmetros de interesse, empregando os mesmos estimadores do conjunto de dados originais.

Os métodos de reamostragem da própria amostra tentam realizar o que seria desejável na prática, se fosse possível, que é repetir a experiência de amostrar n vezes (OLIVEIRA, 2011). Dessa forma, o procedimento trata a amostra observada como se representasse exatamente toda a população (SILVA JUNIOR, 2005). Essa metodologia foi empregada com sucesso em cana-de-açúcar por Leite (2009) e em melão por Moura (2008).

Embora se considere que quanto maior o tamanho da parcela, menor o erro experimental e, conseqüentemente, maior a precisão do experimento, essa relação não é linear (PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009). Diante disso, torna-se inquestionável a importância de métodos de determinação do tamanho ótimo de parcelas.

2.4 Efeito de bordadura

O emprego das linhas de bordadura é recomendado para atenuar a competição intergenotípica entre parcelas adjacentes, assim faz-se o uso de parcelas de linhas múltiplas e apenas as linhas centrais são avaliadas. Segundo Fehr (1987) o emprego de parcelas de duas linhas, reduz a competição intergenotípica à metade, em relação a parcelas com apenas uma linha. Com parcelas de três linhas, tem-se a competição reduzida em $2/3$. E assim, por diante, de tal forma que a competição não é totalmente eliminada, mas é diminuída com o uso de parcelas de mais de uma linha.

Pelo exposto, pode-se pensar que o uso de parcelas com bordadura seria ideal para obter maior precisão experimental. Todavia, o uso de bordadura leva a um aumento na área experimental, o que pode acarretar um custo adicional aos experimentos, como também aumenta o tamanho do bloco, o que pode causar heterogeneidade dentro do bloco e provocar erro. Entretanto não há consenso

sobre a necessidade ou não do emprego de bordadura no planejamento experimental.

Em feijão, com o objetivo de avaliar a precisão de experimentos de valor de cultivo e uso, com ênfase na necessidade de bordadura, Krause, Ramalho e Abreu (2007) concluíram que o uso de bordaduras laterais não contribuiu com a melhoria da precisão experimental e não alterou o desempenho médio das linhagens avaliadas. A maior precisão experimental foi obtida quando se considerou a área total da parcela. Resultados onde se pode dispensar o uso de bordaduras nos experimentos foram relatados em outras culturas como na cultura da batata (STORCK et al., 2005) e no melão (SILVA, 2009). Esses resultados são de grande interesse prático, pois sem o uso de bordadura é possível reduzir custos com a implantação e o manejo dos experimentos.

No entanto, resultados contraditórios foram relatos na cultura da soja, sendo o uso de bordadura recomendado (MARTIN et al., 2004). Esses autores avaliaram a necessidade de bordadura sobre diferentes tipos de parcelas e concluíram que o emprego de bordadura, em parcelas experimentais de soja, independe das cultivares testadas, e que a utilização de bordadura é necessária em parcelas pequenas.

Na literatura não existem relatos de pesquisas para verificar a necessidade de bordadura em progênies de *B. ruziziensis*. Considerando a importância dessa forrageira para o agronegócio brasileiro, é de suma importância que estudos dessa natureza sejam realizados.

2.5 Número de repetições

A repetição é um dos princípios básico da experimentação e tem por finalidade propiciar a estimação do erro experimental e possibilita a aplicação do(s) teste(s) de hipótese(s) formulada(s). O número de repetições está

diretamente relacionado à precisão experimental. Isso porque, o erro padrão da média de um tratamento é dado por $\frac{s}{\sqrt{r}}$ em que s é o desvio padrão do erro experimental, estimado a partir do quadrado médio do erro da análise de variância e r número de observações (repetições) envolvidas na sua obtenção. Desse modo, fica evidente a grande importância que se deve dar à escolha do número de repetições (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2012).

O número adequado de repetições é um dentre os diversos aspectos, que devem ser considerados no planejamento experimental, e tem sido um questionamento comum entre os pesquisadores (CARGNELUTTI FILHO; STORCK; GUADAGNIN, 2010). Todavia, existem alguns fatores que influenciam na escolha do número de repetições, como o número de tratamentos, disponibilidade de material e área experimental, número de ambientes em que o experimento será conduzido e porcentagem desejada de discriminação dos tratamentos (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2012). Segundo Pimentel (2009), quanto maior o número de repetições, maior é a precisão, uma vez que o aumento do número de graus de liberdade do resíduo assegura estimativas mais fidedignas dos efeitos dos tratamentos.

Pode-se aumentar a precisão do experimento, ou seja, melhorar a capacidade de um teste estatístico em detectar diferenças menores entre as estimativas das médias dos tratamentos quando se utiliza um número adequado de repetições (VELINI et al., 2006). Em alguns casos, é preferível aumentar o número de repetições associado com a redução no tamanho de parcela, permitindo uma redução substancial da área sem prejuízo da precisão experimental (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2012). De uma forma geral, essa estratégia proporciona experimentos mais precisos sem grande aumento de despesas (ANDRADE et al., 2006).

Em trabalho realizado com progênies de meios-irmãos de milho o aumento no número de repetições mostrou-se mais eficiente que o aumento do

tamanho da parcela para elevar o progresso genético esperado com a seleção (RESENDE; SOUZA JUNIOR, 1997).

Na literatura há algumas metodologias para estimar o número de repetições, (COCHRAN; COX, 1957; HATHEWAY, 1961; STEEL; TORRIE, MICKEY, 1997). No entanto algumas dependem de experimentos específicos para esse fim. Com base em estimativas do coeficiente de repetibilidade, o número de repetições tem sido estimado com sucesso, em experimentos de competição de genótipos de feijão (CARGNELUTTI FILHO; RIBEIRO; STORCK, 2009), de milho (CARGNELUTTI FILHO; STORCK; GUADAGNIN, 2010) de arroz irrigado (CARGNELUTTI FILHO et al., 2012) e de cana-de-açúcar (CARGNELUTTI FILHO; BRAGA JUNIOR; DAL'COL LÚCIO, 2012).

Para *B. ruziziensis* não foram encontrados relatos na literatura de pesquisas para estimar o número adequado de repetições. Contudo, trabalhos recentes (SOUZA SOBRINHO et al., 2010; SOUZA SOBRINHO; LÉDO; KOPP, 2011) têm utilizado duas repetições, entretanto a decisão do melhorista tem-se baseado apenas no conhecimento empírico e na disponibilidade de recursos para a instalação dos experimentos, decisões que podem acarretar redução na precisão experimental.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e delineamento experimental

Os dados utilizados são oriundos do programa de melhoramento genético de *Brachiariaruziziensis* da Embrapa Gado de Leite, implantado em janeiro de 2011, na cidade de Coronel Pacheco, MG, com latitude 21°33' S, longitude 43°06' W e altitude de 410 metros. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Álico (SANTOS et al., 2006). O clima, conforme classificação de Köppen é tropical de altitude (tipo Cwa mesotérmico), com diminuição de chuvas no inverno e temperatura média anual de 19° C, tendo invernos secos e frios e verões chuvosos com temperaturas moderadamente altas. A precipitação média anual é de 1536 mm.

Foram avaliadas oito progênies de meios-irmãos de *Brachiaria ruziziensis*, em experimento de blocos completos casualizados com quatro repetições, sendo as parcelas compostas por quatro linhas com oito plantas por linha em espaçamento de 1,0 m entre linhas, 0,5 m entre plantas e 1,5 m entre parcelas, totalizando uma área de 16m² por parcela.

3.2 Características avaliadas

Após o corte de uniformização (31/10/2011), foram realizados dois cortes em cada parcela, a cerca de 5cm do solo, sendo o primeiro efetuado no dia 02 de fevereiro de 2012 e o segundo 40 dias após. Cada parcela foi subdividida em 32 estratos de 0,5 m², sendo então, cada estrato considerado uma unidade básica (ub). Na coleta dos dados, cada ub foi identificada, de modo que a sua posição na parcela fosse conhecida. Foram avaliadas em cada ub as características altura de planta (cm) e produção de massa verde (kg).

Em programa de melhoramento de forrageira o ideal é a determinação da matéria seca para toda a parcela, como no presente trabalho a secagem da parcela toda não pode ser realizada, de cada parcela foram retiradas três amostras, de aproximadamente 150g, que foram colocadas em estufa de circulação forçada, a 56° C, para a determinação da porcentagem de matéria seca (%MS) para cada parcela. Desse modo, estimou-se a produção de matéria seca para cada parcela a partir da seguinte expressão:

$$PMS = PMV \times \% MS$$

em que:

PMS: produção de matéria seca;

PMV: produção de massa verde;

%MS: porcentagem de matéria seca.

3.3 Análise estatística

As análises estatísticas para cada corte individual foram realizadas de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ijk} = \mu + t_i + b_j + pb_{ij} + d_{(ijk)}$$

em que:

y_{ijks} : observação referente à unidade básica k da progênie no bloco j;

μ : média geral;

p_i : efeito fixo da progênie i, com $i = 1, 2, \dots, 8$;

b_j : efeito aleatório do bloco j, com $j = 1, 2, \dots, 4$;

pb_{ij} : efeito aleatório do erro experimental associado à observação da parcela ij;

$d_{(ijk)}$: efeito aleatório da unidade básica dentro da parcela ij.

O termo análise conjunta será utilizado para referir ao modelo estatístico de parcelas subdivididas no tempo. A análise estatística conjunta foi realizada de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ijks} = \mu + p_i + b_j + pb_{ij} + c_s + bc_{js} + pc_{is} + e_{ijs} + d_{(ijs)k}$$

em que:

y_{ijks} : observação referente à unidade básica k do tratamento i no bloco j no corte s;

μ : média geral;

p_i : efeito fixo da progênie i, com $i = 1, 2, \dots, 8$;

b_j : efeito aleatório do bloco j, com $j = 1, 2, \dots, 4$;

pb_{ij} : efeito aleatório da progênie i com o bloco j (erro a);

c_s : efeito fixo do corte s, com $s = 1, 2$;

bc_{js} : efeito aleatório da interação do bloco j com o corte s (erro b);

pc_{is} : efeito fixo da interação da progênie i com o corte s;

e_{ijs} : efeito aleatório do erro experimental associado à observação da parcela ij no corte s;

$d_{(ijs)k}$: efeito aleatório da unidade básica dentro da parcela ij no corte s.

3.4 Efeito de bordadura

As diferentes formas de parcelas avaliadas, bordadura e área útil, estão representadas na figura 1.

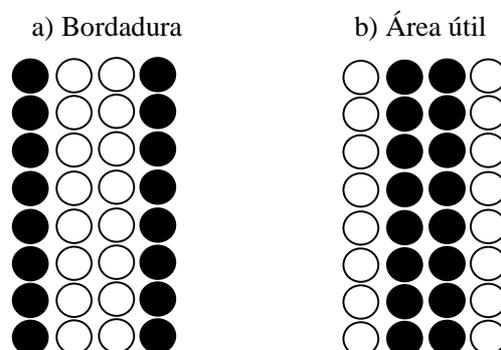


Figura 1 Esquema das diferentes formas de parcelas. As células escuras representam as unidades básicas que foram avaliadas

Para verificar a necessidade de bordadura entre progênies de meios-irmãos foi realizada uma análise de variância considerando a média dos dois cortes, de acordo com o modelo estatístico descrito por Pimentel (2009):

$$y_{ijs} = \mu + p_i + b_j + pb_{ij} + l_s + bl_{js} + pl_{is} + e_{ijs}$$

em que:

y_{ijs} : observação referente à progênie i , no bloco j e na posição s ;

μ : média geral;

p_i : efeito fixo do progênie i , com $i = 1, 2, \dots, 8$;

b_j : efeito aleatório do bloco j , com $j = 1, 2, \dots, 4$;

pb_{ij} : efeito aleatório da interação da progênie i com o bloco j (erro a);

l_s : efeito fixo da posição s (área útil ou bordadura);

bl_{jc} : efeito aleatório da interação do bloco j com a posição s (erro b);

pl_{is} : efeito fixo da interação da progênie i com a posição s ;

e_{ijs} : efeito aleatório do erro experimental associado à observação da parcela ij na posição s .

3.5 Tamanho de parcela

As estimativas de tamanho de parcela para os caracteres avaliados foram estimadas pelo método da curvatura máxima do coeficiente de variação e pelo método da reamostragem.

3.5.1 Método da curvatura máxima do coeficiente de variação

Este método consiste em considerar o coeficiente de variação entre os totais de parcelas de tamanho X , que é função do número de unidades básicas agrupadas (PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009). Com base nos dados das unidades básicas, são estimados a média, a variância e o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem, para posteriormente ser estimado o tamanho ótimo de parcela. Assim, a expressão do $CV_{(X)}$ entre totais é:

$$CV_{(X)} = \frac{\sqrt{(1 - \beta^2)S^2}}{\sqrt{X}} \times 100$$

A partir da primeira e segunda derivadas de $CV_{(X)}$ em relação a X , obtém-se a função da curvatura K , pela seguinte expressão:

$$K = \frac{75 \sqrt{(1 - \beta^2)S}}{\sqrt{Z} X^{2.5} \left(1 + 2500 \frac{(1 - \beta^2)S^2}{X^2 Z^2} \right)^{3/2}}$$

O máximo da função de curvatura é obtido por:

$$\bar{X}_0 = 10 \frac{\sqrt[3]{2(1-\hat{\rho}^2)S^2\bar{Z}}}{\bar{Z}}$$

em que:

\bar{X}_0 : tamanho ótimo de parcelas, em número de unidades básicas;

$\hat{\rho}$: estimativa do parâmetro coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem;

\bar{Z} : corresponde à média das unidades básicas;

S^2 : variância entre as unidades básicas dentro das progênes.

3.5.2 Método da reamostragem

Para se estimar o tamanho de parcela, as unidades básicas foram agrupadas em tamanhos de parcela que variaram de 2 até 32ub. As unidades básicas amostradas foram sorteadas aleatoriamente sem reposição dentro de cada parcela. A mesma amostragem sorteada aleatoriamente foi usada para o primeiro e o segundo corte, de modo que tornou possível realizar a análise conjunta.

Foi realizada uma análise de variância para cada tamanho de parcela, simulado de acordo com os modelos estatísticos descritos no item 3.3, com a finalidade de obter as seguintes estimativas: a) coeficiente de variação experimental; b) acurácia seletiva e c) classificação das progênes em cada tamanho simulado. Dessa forma, realizou-se 31 análises de variância, que correspondem a cada tamanho de parcela simulado.

A amostragem das unidades básicas e a análise de variância para cada agrupamento foi repetida 1.000 vezes, ou seja, foram realizadas 1.000 simulações para cada tamanho de parcela. Assim, entre as simulações para cada tamanho de parcela, verificou-se qual a porcentagem de coincidência entre a

classificação da melhor progênie em relação ao tamanho máximo adotado (32ub).

Com base nas simulações para a análise conjunta estudou-se a dispersão das estimativas do coeficiente de variação experimental e da acurácia seletiva, em função do tamanho da parcela. Estimou-se o tamanho ótimo de parcela através de um coeficiente de variação experimental (Cve) e acurácia seletiva pré-estabelecidos. O Cve estabelecido foi de 35%, pois esse é o valor máximo para validação dos experimentos no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para os VCUs (Valor de Cultivo e Uso), (BRASIL, 2013). A acurácia seletiva pré-estabelecida foi 0,70, considerada como experimentos de alta precisão de acordo com critérios de Resende e Duarte (2007).

É preciso ressaltar que o emprego desse método, na estimativa do tamanho de parcela por meio da classificação das médias, exige que existam diferenças significativas entre os tratamentos. Caso contrário, as diferenças nas médias ocorrem apenas em razão do acaso, assim esse método não pode ser aplicado.

3.6 Número de repetições

A estimativa do número de repetições para predizer o valor real das progênies, foi obtida com base em um coeficiente de determinação genotípico, pré-estabelecido em 0,81, o que equivale à acurácia seletiva de 90%, considerada muito alta de acordo com critérios de Resende e Duarte (2007). Utilizou-se a expressão de Cruz e Regazzi (1997):

$$m = \frac{R^2(1 - r)}{(1 - R^2)r}$$

em que:

m: número de repetições;

r: coeficiente de repetibilidade;

R²: coeficiente de determinação genotípico.

O coeficiente de repetibilidade em nível de média de progênes foi estimado de acordo com a seguinte expressão:

$$r = \frac{\Phi_p + \frac{\sigma_{pb}^2}{ak}}{\Phi_p + \frac{\sigma_{pb}^2}{m} + \frac{\sigma_{pbc}^2}{ma} + \frac{\sigma_d^2}{mak}}$$

em que:

m: número de repetições;

a: número de cortes;

k: número de unidades básicas por parcela;

Φ_p : componente quadrático entre progênes;

σ_{pb}^2 : variância ambiental entre parcelas;

σ_{pbc}^2 : variância da interação progênes x blocos x cortes;

σ_d^2 : variância fenotípica dentro de progênes.

Com base no coeficiente de repetibilidade estimou-se o coeficiente de determinação genotípica, em virtude de diferentes números de repetições (com m variação de um a dez), utilizando a expressão de Cruz (2006):

$$R^2 = \frac{(mr)}{1 + (r(m - 1))}$$

Todas as análises deste trabalho foram realizadas utilizando o *software* *R* (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo das análises de variância para os cortes individuais e conjunta estão representados nas Tabelas 1 e 2. Os coeficientes de variação experimental (CVe) em nível de parcela para os cortes individuais dos caracteres altura de plantas e produção de matéria seca variaram de 6,171 a 26,827%. Na conjunta os CVe foram 5,113 para altura de plantas e 23,270% para produção de matéria seca. A magnitude dos valores do CVe foram semelhantes aos relatados em trabalho com progênies de meios-irmãos de *B. ruziziensis* (SOUZA SOBRINHO et al., 2010).

No segundo corte o CVe para a produção de matéria seca foi 8,53% superior ao encontrado para o mesmo caráter no primeiro corte. Entretanto conforme relatado por Ramalho, Ferreira e Oliveira (2012) o CVe é muito influenciado pela média geral dos experimentos. Desse modo, o maior CVe no segundo corte para a produção de matéria seca foi devido à menor média desse caráter, pois o erro entre parcelas foi semelhante entre os cortes (Tabela1).

Tabela 1 Resumo das análises de variância para altura de plantas (Alt, cm) e produção de matéria seca (PMS, kg/ub) para o corte 1 e corte 2. Coronel Pacheco, MG, 2012

| FV | GL | Quadrados Médios | | | |
|---------------|-----|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
| | | Corte 1 | | Corte 2 | |
| | | Alt | PMS | Alt | PMS |
| Bloco (B) | 3 | 15870,795* | 0,532* | 1958,454 ^{ns} | 0,251 ^{ns} |
| Progênies (P) | 7 | 2325,390 ^{ns} | 0,092 ^{ns} | 1311,713 ^{ns} | 0,302 ^{ns} |
| P x B | 21 | 1173,991 | 0,138 | 665,432 | 0,136 |
| Dentro | 992 | 176,253 | 0,013 | 111,119 | 0,007 |
| Média | | 98,142 | 0,359 | 64,952 | 0,243 |
| CVe (%) | | 6,171 | 18,292 | 7,020 | 26,827 |

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Tabela 2 Resumo da análise de variância para os caracteres altura de plantas (Alt, cm) e produção de matéria seca (PMS, kg/ub), considerando a conjunta dos cortes. Coronel Pacheco, MG, 2012

| FV | GL | Quadrados Médios | |
|--------------------|------|------------------------|--------|
| | | Alt | PMS |
| Bloco (B) | 3 | 14172,148* | 0,526* |
| Progênes (P) | 7 | 2732,271 ^{ns} | 0,304* |
| Erro a (B x P) | 21 | 1283,098 | 0,117 |
| Corte (C) | 1 | 564021,566* | 6,848* |
| Erro b (B x C) | 3 | 3558,100 | 0,257 |
| P x C | 7 | 904,831* | 0,090* |
| Erro c (B x P x C) | 21 | 556,325 | 0,157 |
| Dentro | 1984 | 143,686 | 0,010 |
| Média Geral | | 81,547 | 0,301 |
| CVe (%) | | 5,113 | 23,270 |

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Nos dois caracteres avaliados, para os cortes individuais, não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre as progênes avaliadas. Na conjunta apenas o caráter produção de matéria seca apresentou o teste F significativo ($P < 0,05$) para progênes de meios-irmãos, indicando existência de variabilidade entre as mesmas (Tabela 2). A fonte de variação corte foi significativa para ambos os caracteres, o que indica que na média de progênes houve diferença entre os cortes. A interação progênes x corte foi significativa para os dois caracteres, ou seja, o desempenho das progênes não foi consistente ao longo dos cortes.

Para ambos os caracteres, as progênes, em média, apresentaram menor desempenho no segundo corte. Para o caráter produção de matéria seca, no segundo corte houve um decréscimo de 32,31% em relação ao primeiro corte e para altura de plantas foi de 33,81% (Tabela 1). Isso pode ser explicado pelo maior intervalo entre o corte de uniformização e o primeiro corte.

4.1 Efeito de bordadura

Na tabela 3, encontra-se, o resumo da análise de variância na média dos dois cortes, considerando a posição na parcela das plantas das progênes de meios-irmãos quando localizadas na bordadura ou área útil para os caracteres altura de plantas e produção de matéria seca.

Quanto ao caráter produção de matéria seca, foi detectada diferença significativa ($P < 0,05$) para as fontes de variação progênes e posição (bordadura ou área útil). Isso indica que, para a produção de matéria seca, as progênes avaliadas diferem, e que a posição influencia no desempenho médio das progênes. Já para o caráter altura de plantas, diferença significativa ($P < 0,05$) foi encontrada apenas para a fonte de variação progênes, o que mostra que o desempenho das progênes não difere em virtude da posição na parcela para esse caráter.

Quando se deseja estudar o efeito de bordadura dois enfoques devem ser dados. O primeiro diz respeito à precisão experimental com a qual as estimativas das médias foram obtidas, e o segundo está relacionado a um possível efeito da posição sobre a classificação das progênes.

Para verificar a precisão experimental, foram realizadas as análises de variância para os caracteres altura de plantas e produção de matéria seca e estimado o coeficiente de variação experimental, considerando a área útil ou bordadura (Tabela 3). Ao se comparar as análises realizadas com os dados da área útil e da bordadura, para os dois caracteres, observou-se que as estimativas dos coeficientes de variação experimental praticamente não diferiram (Tabela 3). Pelo menos em princípio, isso indica que tanto as plantas situadas nas bordaduras como na área útil sofreram o mesmo grau de competição, e que os fatores ambientais aleatórios influenciam de modo semelhante plantas da bordadura e da área útil. Esse resultado evidencia que, provavelmente, o uso da

bordadura não é necessário, já que a mesma não contribuiu para a melhoria da precisão experimental.

Tabela 3 Resumo das análises de variância da avaliação de progênies de meios-irmãos para os caracteres altura de plantas (Alt, cm) e produção de matéria seca (PMS, kg/ub), considerando a bordadura e área útil das parcelas. Coronel Pacheco, MG, 2012

| FV | GL | Quadrados Médios | |
|--------------------|----|----------------------|---------------------|
| | | Alt | PMS |
| Bloco (B) | 3 | 442,868* | 4,229* |
| Progênies (P) | 7 | 85,361 ^{ns} | 2,438* |
| Erro a (B x P) | 21 | 40,086 | 0,945 |
| Posição (L) | 1 | 1,772 ^{ns} | 5,192* |
| P x L | 7 | 4,269 ^{ns} | 0,091 ^{ns} |
| Erro b (B x L) | 3 | 0,857 | 0,112 |
| Erro c (B x P x L) | 21 | 8,155 | 0,079 |
| Média Geral | | 81,547 | 4,825 |
| Área útil | | 81,381 | 4,540 |
| Bordadura | | 81,714 | 5,110 |
| CVe (%) | | - | - |
| Área útil | | 6,422 | 15,102 |
| Bordadura | | 5,598 | 14,581 |

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Verificou-se que para os dois caracteres a fonte de variação da interação progênies x posição foi não significativa, o que mostra que o desempenho médio das progênies não varia de acordo com a posição na parcela (Tabela 3). Esses resultados indicam que não há alteração na classificação das progênies quando se considera a altura de plantas ou a produção de matéria seca obtidas na bordadura ou na área útil, o que evidencia a não necessidade de utilização de bordadura, esse resultado corrobora o já relatado para o caso da precisão experimental.

O desempenho médio das progênies na bordadura para o caráter produção de matéria seca foi 11% superior ao da área útil. Resultados semelhantes foram encontrados na cultura do feijão, onde o desempenho médio dos tratamentos situados nas linhas de bordadura foram maiores em relação à área útil (KRAUSE; RAMALHO; ABREU, 2007).

O emprego das linhas de bordadura é recomendado para atenuar a competição intergenotípica entre parcelas adjacentes. Parcelas adjacentes podem afetar o desempenho de um tratamento, com reflexos na estimativa do erro experimental (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2012). No entanto, os resultados relatados confirmam que o uso de bordadura na avaliação de progênies de meios-irmãos de *Brachiaria ruziziensis* não seria necessário. Trabalhos na literatura, com outras culturas corroboram esses resultados (KRAUSE; RAMALHO; ABREU, 2007; MARQUES JÚNIOR et al., 1997; SOUZA SOBRINHO et al., 2004; STORCK et al., 2005).

4.2 Tamanho de parcela

O tamanho ótimo de parcela para as progênies foram estimados por dois diferentes métodos, método da máxima curvatura do coeficiente de variação e método da reamostragem.

4.2.1 Método da máxima curvatura do coeficiente de variação

A relação entre o coeficiente de variação experimental (CVe) e o tamanho de parcela para os caracteres altura de plantas e produção de matéria seca estão representado no Gráfico 1. Pode-se observar que com o acréscimo do tamanho de parcela o CVe tende a diminuir, ou seja, os valores dos CVe foram inversamente proporcionais ao tamanho da parcela. Porém, a partir de certo ponto, verifica-se que aumentos no tamanho de parcela levam a reduções pouco

expressivas do CVe. Esse comportamento foi pioneiramente descrito pela lei empírica de Smith (1938) e conduz ao entendimento sobre a possibilidade de se determinar um tamanho otimizado da parcela frente a essa medida da precisão experimental.

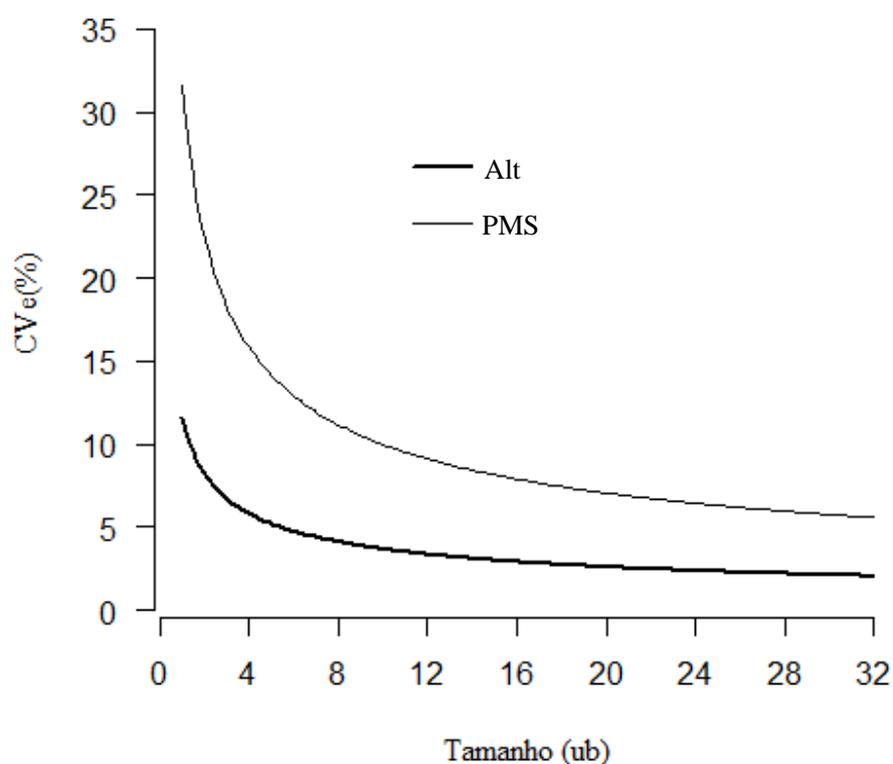


Gráfico 1 Relação entre coeficiente de variação experimental (CVe) e tamanho de parcela para os caracteres altura de plantas (Alt) e produção de matéria seca (PMS)

No Gráfico 2, estão representados os dados referentes ao tamanho ótimo de parcelas para as progênes de meios-irmãos para ambos os caracteres avaliados. Nota-se que, em todos os casos, o tamanho estimado de parcela para o caráter produção de matéria seca foi superior ao caráter altura de plantas.

Resultados semelhantes foram encontrados por Cargnelutti Filho et al. (2011) com a cultura do milho, onde os tamanhos ótimos de parcelas dos caracteres produtivos foram maiores do que para os caracteres morfológicos. De acordo com esses autores, o fato pode estar relacionado com a maior variabilidade dos caracteres produtivos em relação aos morfológicos.

No primeiro corte as estimativas do tamanho ótimo de parcela foram 3,24ub (1,62 m²) para altura de plantas e 5,63ub (2,81m²) para produção de matéria seca. Já no segundo corte as estimativas foram 3,75ub (1,87 m²) e 6,39ub (3,19 m²) para os caracteres altura de plantas e produção de matéria seca, respectivamente. Resultados esses bastante semelhantes entre os cortes, o que indica que a época de corte não influenciou na estimativa do tamanho de parcela. Para os cortes individuais, se adotar a lei do mínimo, na qual todas as condições são aceitas, o tamanho ótimo de parcelas seria 6,39ub (3,19 m²).

As estimativas de tamanho de parcela, com base na análise conjunta foram 2,99ub (1,49m²) para o caráter altura de plantas e 5,84 (2,92m²) para o caráter produção de matéria seca. Nota-se que a variação entre os tamanhos de parcelas para os cortes individuais e a conjunta foram menores que uma unidade básica, para ambos os caracteres. O que pode concluir que o tamanho ótimo de parcela obtido para os cortes individuais e para conjunta foi semelhante.

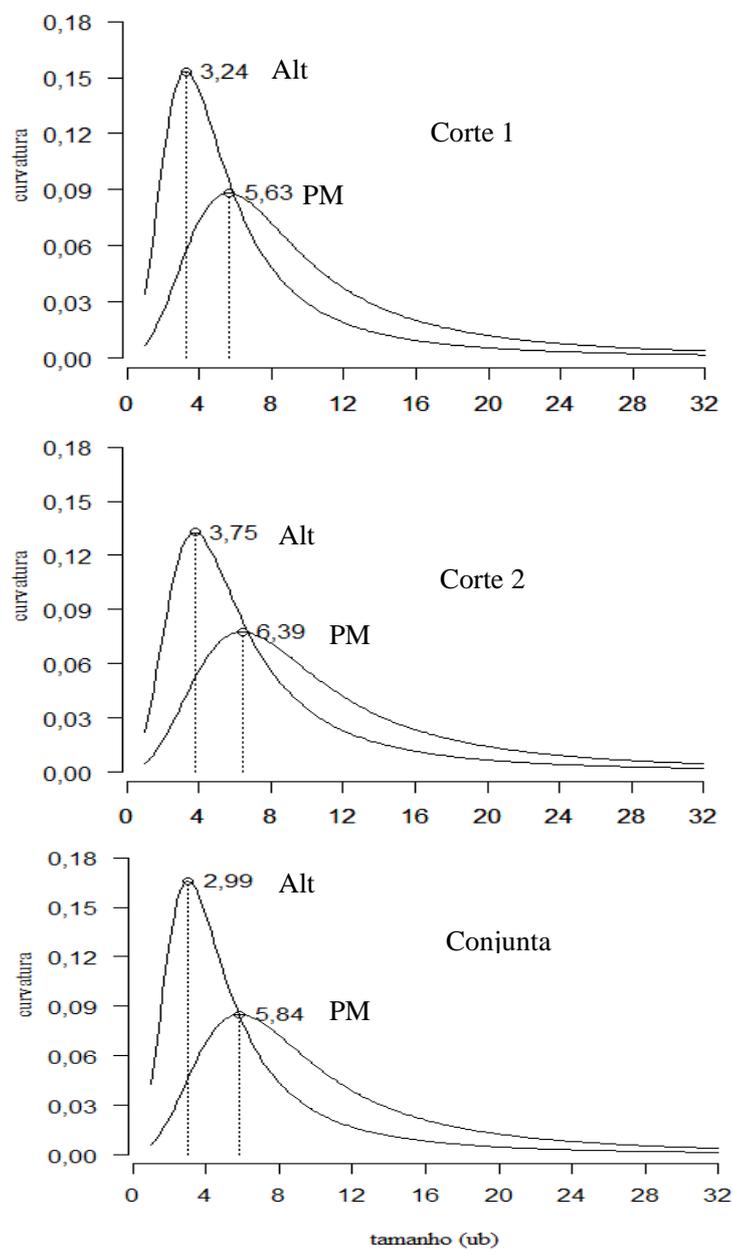


Gráfico 2 Relação entre a curvatura (Y) e tamanho de parcela (X) para os caracteres produção de matéria seca (PMS, kg/ub) e altura de plantas (Alt, cm), no corte 1, corte 2 e conjunta para as progênies de meios-irmãos. Coronel Pacheco, MG, 2012

De acordo com os resultados obtidos acima, o tamanho de parcela de uma única linha de três metros de comprimento, ou seja, seis plantas (cada planta ocupa uma área de $0,5 \text{ m}^2$), adotados em estudos recentes com progênies de *B. ruziziensis* (SOUZA SOBRINHO et al., 2010; SOUZA SOBRINHO; LÉDO; KOPP, 2011), representa o tipo de progênie estudado. Desse modo, é possível que estimativas fidedignas de parâmetros genéticos e fenótipos sejam obtidas com esse tamanho de parcela. Entretanto, trabalhos de estimativa de tamanho ótimo de parcela para o gênero *Brachiaria* não foram encontrados na literatura para comparações com esses resultados.

4.2.2 Método da reamostragem

A dispersão das estimativas do coeficiente de variação experimental e acurácia seletiva para as 1.000 reamostragens realizadas na análise conjunta para os caracteres altura de plantas e produção de matéria seca estão representadas nos Gráficos 3 e 4. Nota-se que, para esses caracteres, a variação das estimativas reduziu à medida que o tamanho da parcela aumentava, e que, a maior variação ocorreu em tamanhos de parcelas menores (Gráficos 3 e 4).

Os tamanhos ótimos de parcela para ambos os caracteres avaliados na conjunta dos cortes, considerando um coeficiente de variação experimental e uma acurácia seletiva pré-fixados estão representados nos Gráficos 3 e 4. Observou-se que para os dois caracteres, para os diferentes tamanhos de parcelas o CVe foi inferior a 35%. Quando se considerou um CVe de 26%, que foi o maior valor obtido no presente trabalho, verifica-se que com 5subs($2,5\text{m}^2$) é possível obter estimativas de CVe's inferiores a 26% para os dois caracteres avaliados (Gráficos 3 e 4).

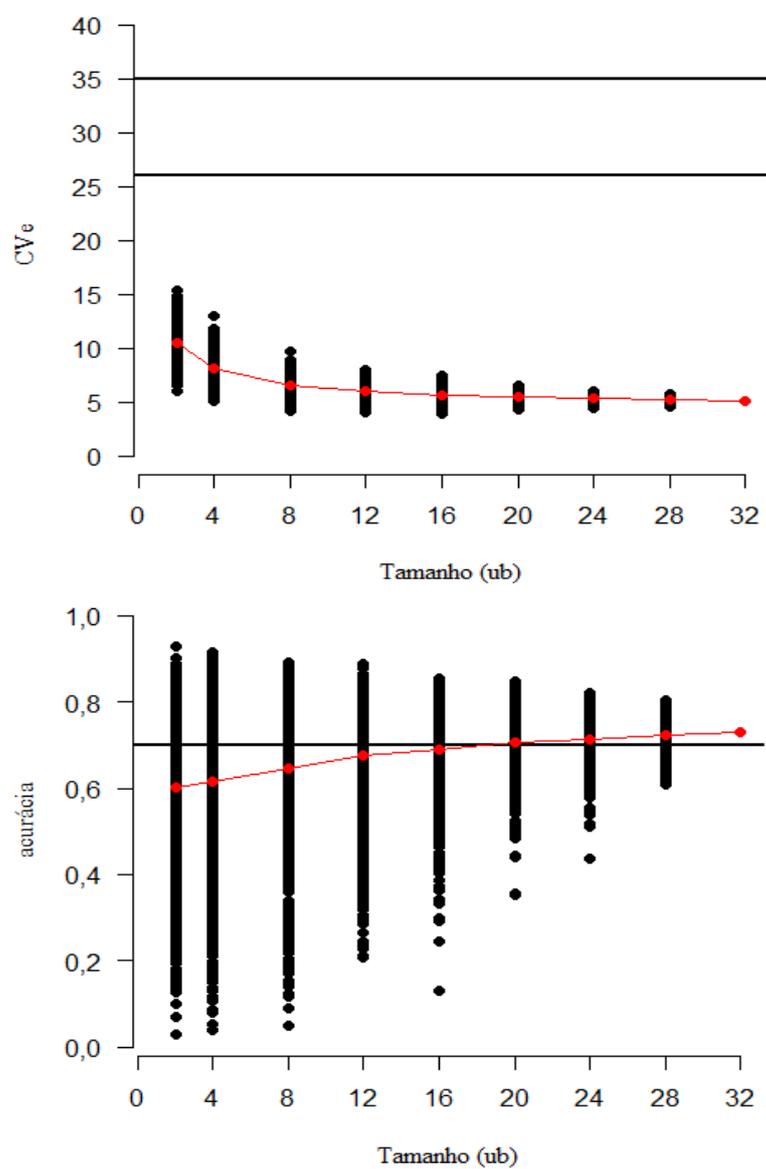


Gráfico 3 Dispersão das 1.000 estimativas e respectivas médias (vermelho) do coeficiente de variação experimental e da acurácia seletiva relativo ao caráter altura de plantas em função do tamanho de parcela. As linhas pretas paralelas ao eixo das abcissas indicam os valores pré-fixados

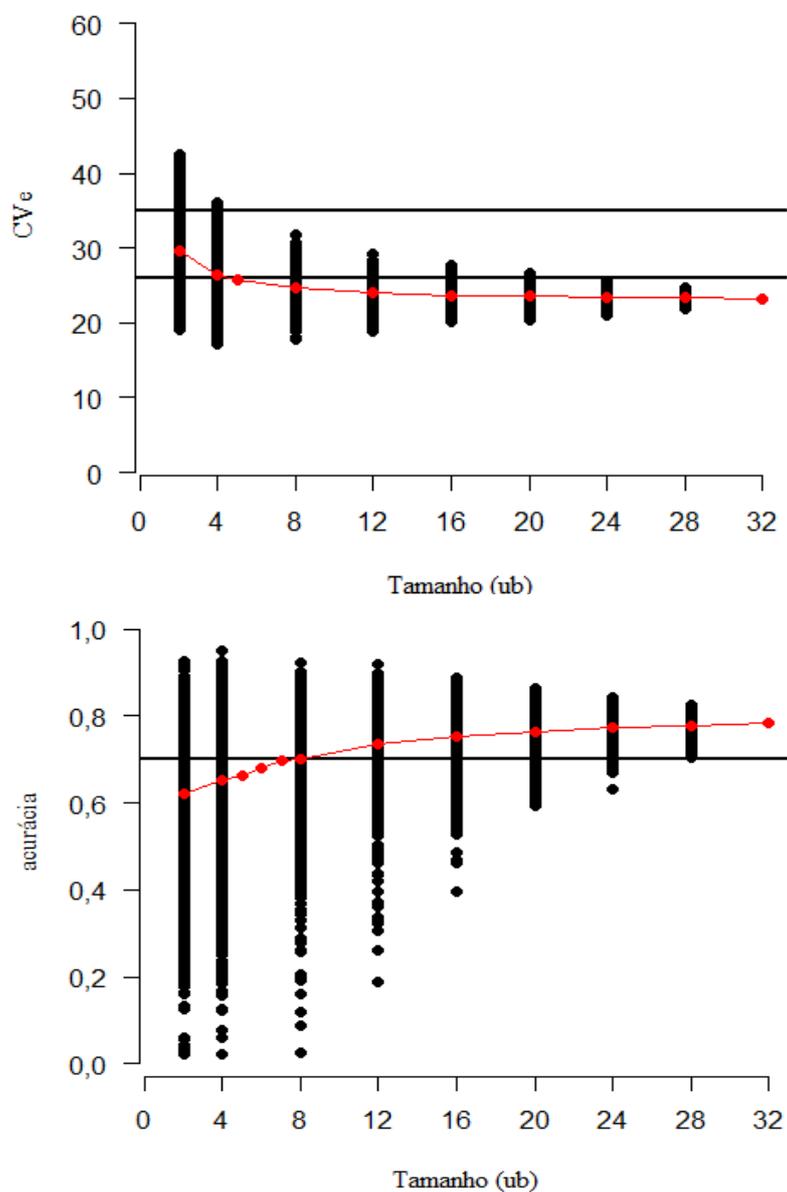


Gráfico 4 Dispersão das 1.000 estimativas e respectivas médias (vermelho) do coeficiente de variação experimental e da acurácia seletiva relativo ao caráter produção de matéria seca em função do tamanho de parcela. As linhas pretas paralelas ao eixo das abcissas indicam os valores pré-fixados

Já para acurácia seletiva, considerando o caráter produção de matéria seca seriam necessárias 7ubs (3,5 m²) para obter estimativas superiores a 0,7 (Gráfico 4). Entretanto com 6ubs (3,0 m²) o valor da acurácia foi de 0,68. Para o caráter altura de plantas o tamanho de parcela necessário seria 18 ubs (9,0 m²) (Gráfico 3). No entanto, vale ressaltar que de acordo com Ribeiro (2012) a acurácia seletiva, como critério de precisão experimental, só tem significado se os tratamentos avaliados são diferentes. Se eles são fenotipicamente iguais, a acurácia perde o poder interpretativo, pois o componente de variância genético é igual a zero e o valor esperado da estatística F (de *Snedecor*) é igual a 1 (um). Assim, a esperança matemática da acurácia é igual à zero, podendo não ser condizente com a qualidade do experimento. Desse modo, o maior tamanho de parcela estimado para altura de plantas para análise conjunta dos cortes, pode ser devido ao fato que o efeito de progênies foi não significativo, sendo, portanto, um valor espúrio.

Diante dos resultados relatados acima, pode-se observar que as estimativas de tamanho ótimo de parcelas obtidas pelo método da reamostragem com um coeficiente de variação experimental e uma acurácia seletiva pré-fixados e pelo método da máxima curvatura do coeficiente de variação foram semelhantes. Esses resultados corroboram o relatado por Storcket al. (2011), onde concluíram que o tamanho de parcela pode ser estimado através de uma acurácia seletiva pré-fixada.

Outro critério para determinação do tamanho ótimo de parcela fomentado pelo uso do método da reamostragem e que vai ao encontro aos anseios do melhorista se refere à correspondência na classificação das progênies frente aos diferentes tamanhos de parcela. No entanto o uso desse critério requer que ocorram diferenças significativas entre as progênies.

O teste de agrupamento de *Scott Knott* para o caráter produção de matéria seca com base na conjunta dos cortes encontra-se na tabela 4. Observa-

se que as progênies foram agrupadas em dois grupos distintos e a progênie 35 foi superior às demais em relação ao caráter produção de matéria seca. Diante disso, verificou-se nas 1000 simulações para cada tamanho de parcela, qual a porcentagem dessas simulações identificaram a melhor progênie (progênie 35) em relação ao tamanho máximo adotado.

Tabela 4 Relação das progênies de meios-irmãos avaliadas para o caráter produção de matéria seca (kg/ub), considerando a conjunta dos cortes. Coronel Pacheco, MG, 2012

| Progênies | Produção de material seca |
|-----------|---------------------------|
| 35 | 0,383 A |
| 71 | 0,308 B |
| 54 | 0,293 B |
| 44 | 0,292 B |
| 2 | 0,291 B |
| 34 | 0,285 B |
| 26 | 0,279 B |
| 1 | 0,278 B |

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de *Scott Knott* ao nível de 5% de probabilidade

Na tabela 5, estão representados os resultados para a porcentagem de coincidência entre a classificação da melhor progênie (progênie 35), entre os diferentes tamanhos de parcela para o caráter produção de matéria seca.

Com parcelas de 6ubs (3 m²), aleatoriamente escolhidas, entre as 32 ubs, verificou-se que em 99,8% das simulações a melhor progênie era a melhor progênie em relação ao tamanho máximo (progênie 35). Esses resultados corroboram os encontrados pelo método da máxima curvatura do coeficiente de variação e pelo método da reamostragem considerando um coeficiente de variação e uma acurácia seletiva pré-fixados, onde 6ubs foram estimadas como ótimo para representar progênies de meios-irmãos de *B. ruziziensis*. Como

relatado anteriormente, os tamanhos de parcela de uma única linha de 3 metros de comprimento, ou seja, seis plantas, adotados em estudos recentes com progênies de *B.ruziziensis* (SOUZA SOBRINHO et al., 2010; SOUZA SOBRINHO; LÉDO; KOPP, 2011), estão de acordo com as duas metodologias utilizadas.

Tabela 5 Porcentagem de coincidência entre a classificação da melhor progênie de meios-irmãos de *Brachiaria ruziziensis*, para cada tamanho de parcela em relação ao tamanho máximo adotado (32 ub), para a produção de matéria seca (kg/ub). Coronel Pacheco, MG, 2012

| Tamanho de parcela | Melhor Progênie | Tamanho de parcela | Melhor Progênie |
|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| 2 | 89,4 | 17 | 100,0 |
| 3 | 95,6 | 18 | 100,0 |
| 4 | 98,1 | 19 | 100,0 |
| 5 | 99,7 | 20 | 100,0 |
| 6 | 99,8 | 21 | 100,0 |
| 7 | 100,0 | 22 | 100,0 |
| 8 | 100,0 | 23 | 100,0 |
| 9 | 100,0 | 24 | 100,0 |
| 10 | 100,0 | 25 | 100,0 |
| 11 | 100,0 | 26 | 100,0 |
| 12 | 100,0 | 27 | 100,0 |
| 13 | 100,0 | 28 | 100,0 |
| 14 | 100,0 | 29 | 100,0 |
| 15 | 100,0 | 30 | 100,0 |
| 16 | 100,0 | 31 | 100,0 |

4.4 Número de repetições

As estimativas dos coeficientes de repetibilidade foram de 0,60 para produção de matéria seca e de 0,55 para altura de plantas. Esses valores são maiores que os relatados por Souza Sobrinho et al. (2010), em estudo com *B.*

ruziziensis, com base em sete cortes. Dessa forma, pode-se considerar que os dois cortes foram representativos.

Essas estimativas tiveram uma precisão (coeficiente de determinação R^2) de 0,857 para produção de matéria seca e 0,830 para altura. Nesse caso, as quatro repetições do experimento foram consideradas, como sendo o número máximo, ou seja, como a melhor estimativa do valor real das progênies.

Quando se estimou o número de repetições utilizando um coeficiente de determinação de 81%, ou seja, com uma acurácia de 90%, verificou-se que para o caráter altura 3,49 repetições seriam suficientes para afirmar a superioridade de uma determinada progênie. Já para matéria seca seriam necessárias 2,84 repetições.

Como o experimento utilizado tem apenas quatro repetições, uma pergunta que pode ser feita é qual o ganho em precisão (R^2) se fosse avaliado mais de 4 repetições? Verificou que os ganhos foram menores e inexpressivos em precisão a partir de quatro repetições (Gráfico 5).

Alguns autores, na avaliação da produtividade de grãos observaram que experimentos com três ou quatro repetições, têm possibilitado alcançar coeficientes de determinação genotípico de 81%, no feijão (CARGNELUTTI FILHO; RIBEIRO; STORCK, 2009), no milho (CARGNELUTTI FILHO; STORCK; GUADAGNIN, 2010), no arroz irrigado (CARGNELUTTI FILHO et al., 2012) e na cana-de-açúcar (CARGNELUTTI FILHO; BRAGA JUNIOR; DAL'COL LÚCIO, 2012).

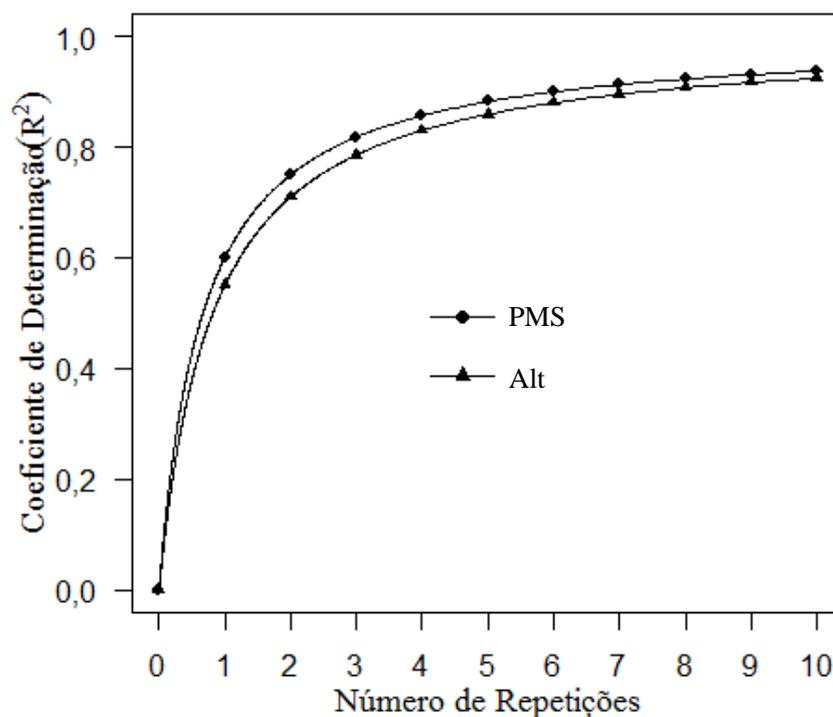


Gráfico 5 Estimativa dos coeficientes de determinação genotípica (R^2) em função do número de repetições para os caracteres altura de plantas (Alt) e produção de matéria seca (PMS)

Diante do exposto, experimentos com quatro repetições possibilitam a identificação de genótipos superiores, com elevada precisão experimental, de progênes de meios-irmãos de *Brachiaria ruziziensis*, para os dois caracteres avaliados. Como relatado anteriormente, trabalhos recentes têm utilizado duas repetições (SOUZA SOBRINHO et al., 2010; SOUZA SOBRINHO; LÉDO; KOPP, 2011). Porém, mais estudos devem ser realizados, para que se possa ter mais segurança no momento do planejamento experimental, especialmente quando são realizados mais cortes e dependendo, ainda, das magnitudes das diferenças a serem detectadas.

5 CONCLUSÕES

O uso de bordaduras não altera o desempenho médio e a classificação das progênies de meios-irmãos avaliadas.

O emprego de parcelas com 3m² é suficiente para obter uma boa precisão experimental em experimentos com progênies de meios-irmãos de *Brachiaria ruziziensis*. O emprego do método de simulação por reamostragem foi coincidente com as estimativas obtidas pelo método da máxima curvatura do coeficiente de variação.

Com quatro repetições é possível identificar progênies superiores de *Brachiaria ruziziensis*, com elevada precisão experimental, para os caracteres altura de plantas e produção de matéria seca.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. M.; RAMALHO, M. A. P.; SOUZA, E. A. Comparação entre láticee blocos aumentados na avaliação de famílias segregantes em um programa de melhoramento do feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 857-860, 2000.

ANDRADE, H. B. et al. Alternativas para atenuar a diferença de estande nos experimentos de avaliação de clones de *Eucalyptusurophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 11-18, 2006.

BITENCOURT, G. D. A. et al. Aluminum tolerance on genotypes of signal grass. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 245-250, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. **Formulários para registro de cultivares e requisitos para VCU**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/registros-autorizacoes/registro/registro-nacional-cultivares/formularios-registro-cultivares-requisitos>>. Acesso em: 12 fev. 2013.

CARGNELUTTI FILHO, A.; BRAGA JUNIOR, R. L. C.; DAL'COL LÚCIO, A. Medidas de precisão experimental e número de repetições em ensaios de genótipos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 10, p. 1413-1421, out. 2012.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Medidas de precisão experimental e número de repetições em ensaios de genótipos de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 3, p. 336-343, mar. 2012.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Tamanho ótimo de parcela em milho com comparação de dois métodos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 11, p. 1890-1898, nov. 2011.

CARGNELUTTI FILHO, A.; RIBEIRO, N. D.; STORCK, L. Número de repetições para a comparação de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 977-982, mar./abr. 2009.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L.; GUADAGNIN, J. P. Número de repetições para a comparação de cultivares de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 2, p. 1023-1030, mar./abr. 2010.

CHAVES, L. J. **Tamanho de parcela para seleção de progênies de milho (ZeamaysL.)**. 1985. 148 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1985.

COCHRAN, W. R.; COX, G. M. **Experimental design**. 2nd ed. New York: J. Wiley, 1957. 611p.

CRUZ, C. D. **Programa genes: biometria**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 382 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 1997. 390 p.

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development: theory and technique**. New York: Macmillan, 1987. v. 1, 525p.

FONSECA, D. J. A.; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas forrageiras**. Viçosa, MG: UFV, 2010. 537 p.

GOMEZ, K. A.; GOMEZ, A. A. **Statistical procedures for agricultural research**. 2nd ed. New York : J. Wiley, 1984. 80 p.

HAESBAERT, F. M. et al. Tamanho ótimo de parcela para a cultura do feijão-vagem em diferentes ambientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 1, p. 38-44, jan. 2012.

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

JANK, L.; VALLE, C. B.; RESENDE, R. M. S. Breeding tropical forages. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.1, p. 27-34, 2011.

KARIA, C. T.; DUARTE, J. B.; ARAÚJO, A. C. G. **Desenvolvimento de cultivares do gênero brachiaria (trin.) Grised. no Brasil**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. 56 p. (Documento, 163).

KRAUSE, W.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Alternativas para melhorar a eficiência dos experimentos de valor de cultivo e uso na cultura do feijoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 54, n. 3, p. 199-205, 2007.

LE CLERG, E. L.; LEONARD, W. H.; CLARK, A. G. **Field plot technique**. Minneapolis : Burgess, 1962. 373 p.

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. et al. Sample size for full sib family evaluation in sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p. 1562-1574, dez. 2009.

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 Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 6, p. 40-46, 2006.

LESSMAN, K. J.; ATKINS, R. E. Optimum plot size and relative efficiency of lattice designs for grain sorghum yield tests. **Crop Science**, Madison, v. 3, n. 5, p. 477-481, 1963.

LOPES, F. C. et al. Composição química e digestibilidade ruminal in situ da forragem de quatro espécies do gênero Brachiaria. **Arquivo Brasileiro de**

Medicina Veterinaria e Zootecnia, Belo Horizonte, v. 62, n. 4, p. 883-888, 2010.

LORENTZ, L. H. et al. Plot size and experimental precision for sunflower production. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 4, p. 408-413, 2010.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentáveis. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. p. 56-84.

MARQUES JUNIOR, O. G. et al. Efeito de parcelas adjacentes na avaliação de alguns caracteres em cultivares de feijão. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 199-206, 1997.

MARTIN, T. N. et al. Diferentes arranjos de bordadura em experimentos de soja. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 11, n. 1, p. 62-74, 2004.

MARTINS, C. E. et al. Seleção de genótipos de brachiaria ruziziensis quanto a tolerância ao alumínio em solução nutritiva i - resposta a diferentes concentrações de alumínio e valores de ph em solução nutritiva. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 34, p. 154-162, 2011.

MOURA, K. H. S. **Determinação do tamanho da amostra para avaliação de híbridos de melão amarelo**. 2008. 56 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi- Árido, Mossoró, 2008.

OLIVEIRA, G. M. V. et al. Tamanho e forma de parcelas experimentais para *Eremanthus erythropappus*. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 327-338, 2011.

OLIVEIRA, G. M. V. **Tamanho de parcelas experimentais para *Eremanthuserythropappus***. 2011. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

PALOMINO, E. C.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F. Tamanho da amostra para avaliação de famílias de meios-irmãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1433-1439, jul. 2000.

PARANAIBA, 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.

PARANAIBA, P. F.; MORAIS, A. R.; FERREIRA, D. F. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: comparação de métodos em experimentos de trigo e mandioca. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 81-90, 2009.

PIMENTEL, G. F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 3. ed. Lavras: UFLA, 2012. 305 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2012. Software.

RESENDE, M. D. V.; 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, set. 2007.

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

RIBEIRO, C. B. **Caracteres que explicam a heterose na produtividade de grãos de milho**. 2012. 65 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

SANTOS, H. G. et al. (Ed.). ***Sistema brasileiro de classificação de solos***. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SILVA, J. B. **Tamanho de parcela e efeito de bordadura em experimentos com meloeiro**. 2009. 143 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2009.

SILVA JUNIOR, W. V. **Probabilidade de cobertura dos intervalos de confiança assintótico, p-bootstrap e t-bootstrap, para alguns parâmetros da distribuição weibull**. 2005. 94 p. Monografia (Graduação em estatística) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

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

SOUZA, F. F. **Produção e qualidade de forragem de progênies de *Brachiariaruziziensis***. 2007. 91 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

SOUZA SOBRINHO, F.; AUAD, A. M.; LÉDO, F. J. S. Genetic variability in *Brachiaria ruziziensis* for resistance to spittlebugs. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 10, n. 4, p. 83-88, 2010.

SOUZA SOBRINHO, F. et al. Tamanho de parcela e necessidade de bordadura em avaliações de cultivares de milho para silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.3, n.1, p. 45-51, 2004.

SOUZA SOBRINHO, F. et al. Repetibilidade de características agronômicas e número de cortes necessários para seleção de *Urochloaruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 6, p. 579-584, jun. 2010.

SOUZA SOBRINHO, F.; LÉDO, F. J. S.; KOPP, M. M. Estacionalidade e estabilidade de produção de forragem de progênies de *Brachiariaruziziensis*. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 685-691, jul./ago. 2011.

SOUZA SOBRINHO, F. Melhoramento de forrageiras no Brasil. In: SIMPOSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 5., 2005, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 1 CD ROM.

STEEL, R. G. D.; TORRIES, J. H.; MICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3. ed. New York: McGraw Hill Book, 1997. 666 p.

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, 2005.

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

STORCK, L. et al. Optimum plot size and number of replications related to selective precision. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 3, p. 390-396, 2011.

VALLE, C. B. et al. Melhoramento genético de *Brachiaria*. In: RESENDE, R. M. S.; VALLE, C. B.; JANK, L. (Ed.). Melhoramento de forrageiras tropicais. Campo Grande: Embrapa, 2008. p. 13-53.

VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Ceres**, Viçosa, MG, v. 56, n. 4, p. 460-472, 2009.

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, MG, v. 24, n. 3, p. 435-442, 2006.

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

ANEXOS

Tabela 1A Médias da produção de matéria seca (kg/ub) para o corte 1 e corte 2 das progênes de meios-irmãos de *Brachiaria ruziziensis*. Coronel Pacheco, MG, 2012

| Progênes | Produção de material seco | |
|----------|---------------------------|---------|
| | Corte 1 | Corte 2 |
| 35 | 0,407 | 0,360 |
| 71 | 0,375 | 0,241 |
| 54 | 0,350 | 0,237 |
| 2 | 0,347 | 0,235 |
| 1 | 0,326 | 0,230 |
| 26 | 0,330 | 0,229 |
| 34 | 0,359 | 0,210 |
| 44 | 0,378 | 0,206 |
| Média | 0,359 | 0,243 |

Rotina 1 Rotina utilizada para a estimação do tamanho ótimo de parcela pelo método da máxima curvatura do coeficiente de variação, utilizando o programa *R*

```
rm(list=ls());ls() # Remover objetos
```

```
setwd("C:/Users/Kaio/Desktop/Plot size/análises/MCCV");getwd() # Diretório
```

```
plan<- transform(read.table('conjuntamc.txt', # carrega o arquivo *.txt
header = TRUE, # indica a presença de cabeçalho
na.string = '.', # caráter de <NA>
dec = '.', # separador de decimal
sep = "\t"), # separador de células<TAB>
trat = factor(trat), # transforma em fator
rep = factor(rep), # idem
parcela = factor(parcela), # ...
corte=factor(corte),
ub = factor(ub))
```

```

plan[1:30,]#mostra as primeiras 30 linhas da planilha..
str(plan) # mostra a estrutura da planilha de dados

ns<- function(dim1, dim2) { # função para atribuir 'no.linha' e 'no.coluna'
  ## dim1 número de 'linhas' da área
  ## dim2 número de 'colunas' da área
  ## indexadores do número linha
  l1<- 1:dim1; c1 <- dim2 # estruturas auxiliares dos indexadores
  matriz.l<- matrix(NA, ncol = c1, nrow = dim1) # matriz auxiliar dos indexadores
  for(i in 1:nrow(matriz.l)) { # laço -- organiza os indexadores
    ## se linha é ímpar -- ordem normal; se ímpar -- ordem inversa
    matriz.l[i,] <- sort((((l1[i] - 1)*c1)+1):(ncol(matriz.l)*l1[i]),
    decreasing = ifelse(l1[i]%2 == 0, TRUE, FALSE))
  }
  ## idem p/ número coluna
  l2<- 1:dim2; c2 <- dim1
  matriz.c<- matrix(NA, ncol = c2, nrow = dim2)
  for(i in 1:nrow(matriz.c)) {
    matriz.c[i,] <- sort((((l2[i] - 1)*c2)+1):(ncol(matriz.c)*l2[i]),
    decreasing = ifelse(l2[i]%2 == 0, TRUE, FALSE))
  }
  return(cbind(c(matriz.l), c(t(matriz.c)))) # resposta (matriz)
}

id.planta<- ns(max(plan$linha), max(plan$coluna)) #

seq.tamanhos<- 1:32 # sequência de tamanhos (p/ gráficos)

## informações necessárias -- media, variância e resíduos

modelo<- aov(PMS~ rep + trat + trat:rep + corte + rep:corte + trat:corte+
trat:corte:rep, data = plan) # ajuste do modelo **TESTE ERRADOS**
media<- mean(plan$PMS, na.rm = TRUE) # média geral do experimento
residuos<- residuals(modelo, error.term = trat:rep:corte) # resíduos do modelo
sigma2<- anova(modelo)[8,3] # variância fenotípica dentro das parcelas
sigma2;anova(modelo)

plan.3<-data.frame(ID.x=id.planta[,1], ID.y= id.planta[,2], plan)
head(plan.3)

## estimativa da autocorrelação (primeira ordem) -- geral
plan.lplanta<- plan.3[order(plan.3$ID.x),] #ordena a planilha por linhas

```

```

plan.cplanta<- plan.3[order(plan.3$ID.y,)] #ordena a planilha por colunas
rho.lplanta<- arima(plan.lplanta$PMS, c(1, 0, 0))$coef[1] # calcula o 'rho' por
linhas
rho.cplanta<- arima(plan.cplanta$PMS, c(1, 0, 0))$coef[1] # calcula o 'rho' por
colunas
rho<- mean(c(rho.cplanta,rho.lplanta)) # 'rho' médio entre linhas e colunas
rho

## função que calcula o CV em função do tamanho da parcela
CV_x<- function(X, rho) 100 * sqrt((1 - rho^2) * sigma2 / media^2) / sqrt(X)
K <- function(X, rho) { # função da máxima curvatura do CV em função do
tamanho da parcela
  (75 * sqrt(((1-rho^2)*sigma2) / media^2)) / (X^2.5 * (1 + (2500*(((1-
rho^2)*sigma2)) / media^2) / X^3)^(3/2))
}

## calcula o ponto de máxima curvatura do CV em função do tamanho da
parcela
(X0 <- (10 * (2 * (1 - rho^2) * sigma2 * media)^(1/3) ) / media) # máxima
curvatura do CV -- geral

seq.tamanhos<- seq(1, nlevels(plan$ub), length.out = 200) # sequência de
tamanhos (p/ graficos)

## Gráfico MCCV
plot.new()
plot.window(xlim=range(seq.tamanhos), ylim=c(0,0.2)+0.003)
lines(seq.tamanhos,K2(seq.tamanhos,rho2)
)
options(OutDec=",") #####saída do gráfico com números com casas decimais
separada por virgula
points(X02, K2(X02, rho2))
segments(X02, 0, X02, K2(X02, rho2), lty = 3)
text(X02, K2(X02, rho2), label = round(X02, dig = 2), pos = 4) # inseri o valor
tamanho estimado

axis(1,c(seq(from=0, to=32, by=4)));axis(2,c(seq(from=0, to=0.18,
by=0.03)),las=2)

title(xlab="tamanho (ub)", ylab="curvatura",
family='serif') #####family='serif' para alterar a fonte;a fonte Times é da família
Serif)

```

Rotina 2 Rotina utilizada para realização das simulações por reamostragem na análise conjunta dos cortes, utilizando o programa *R*

```
rm(list=ls());ls() # remover objetos
setwd("/home/kaio/Desktop/Plotsize/simulação tamanho de parcela");getwd()
nsmc<- 1000 # número de simulações por tamanho
experimento<- '1' # planilha para usar corte 1/corte 2
variavel<- "PMS" # variável testada

tamanho<-c(2:32);tamanho ## tamanhos de parcela ensaiados

library(multicore) # carrega a biblioteca
library(reshape) # carrega a biblioteca

## PLANILHA -- carrega a planilha do experimento desejado
#a função "transform" transforma um objeto qualquer em um data.frame

arquivo.txt<-paste('corte',experimento,'conjunta',sep=")
arquivo.txt #concatena os valores dados na sequencia...

plan<- transform(read.table(arquivo.txt,
head = TRUE, # cabeçalho
na.string = '.', # indicador de falha
sep = '\t', # separador <TAB>
dec = '.'), # separador de decimais ',
trat = factor(trat), # transforma em fator
rep = factor(rep), # idem
corte=factor(corte),
ub = factor(ub))
```

```
str(plan)# mostra a estrutura da planilha de dados
head(plan)
```

```
dados.curto<- adply(cast(plan,
ub ~ rep ~ trat ~ corte,
value = 'PMS',
fun = NULL),
c(1, 2, 3))
head(dados.curto)
nub<-32; ntrat<-8; nrep<-4
dados.curto$parcela<- factor(rep(1:(nrep*ntrat), each = nub))
dados<- split(dados.curto, dados.curto$parcela)
dados[2]
```

```
## FUNÇÃO 'amostra.func' -- retira 'tamanho' plantas por parcela
amostra.func<- function(tamanho, dados) { # argumentos da função, o tamanho
      da amostra e os dados de onde a amostra deve ser retirada...
return(dados[sample(1:nlevels(plan$ub), tamanho, replace = F), ]) # retorno da
      função
      #funcaosample: 'sample('vetor de dados', tamanho da amostra, replace igual a
      'true' ou 'false' - com ou sem reposição)
}
```

```
## FUNÇÃO 'simula.parcelas' -- simula experimentos com 'plantas' plantas por
      parcelas
```

```
simula.parcelas<- function(x) {#a função lapply deve ser aplicada a listas...
amostra.i.curto<- do.call(rbind, lapply(dados, amostra.func, tamanho = area))
```

```

amostra.i.longo<- melt(amostra.i.curto, id = c('parcela', 'ub', 'rep', 'trat'))
names(amostra.i.longo) <- c('parcela', 'ub', 'rep', 'trat', 'corte', 'PMS')

anova.i<- aov(terms(PMS~ rep + trat + trat:rep + corte + trat:corte + rep:corte
+trat:rep:corte, keep = TRUE),
contrasts = list(rep = contr.sum, trat = contr.sum, corte = contr.sum), data =
amostra.i.longo)
X <- anova.i$contrast$trat
mds<- c(X %*% coef(anova.i)[anova.i$assign == 2] + coef(anova.i)[1]) #
médias ajustadas
tab<- data.frame(trat = rownames(X), media = mds)[order(mds, decreasing =
TRUE), ]
#o comando 'decreasing=TRUE' coloca as médias em ordem decrescente pois,
dessa forma pode-se selecionar as melhores.
F.trat<- anova(anova.i)[2, 3] / anova(anova.i)[3, 3] # teste F para tratamentos
p.trat<- pf(F.trat, anova(anova.i)$Df[2], anova(anova.i)$Df[3], lower.tail =
FALSE)
k<-area # número de ub's
a<- 2# corte
r<- 4 # rep
Ac<- sqrt(1 - 1/F.trat) # Acurácia seletiva
media<-mean(mds)
cve<-100*(sqrt((anova(anova.i)$Mean[7])/k))/media # coeficiente de variação
experimental
return(c(F.trat,Ac,media,cve,tab$trat[1])) # retorno da função
}

```

```
## SIMULAÇÃO -- realiza 'nsmc' simulações com 'UBs' UBs na parcela para 'n'  
tamanhos  
simulacao<- vector('list', length = length(tamanho)) # lista das respostas  
for(i in 1:length(tamanho)){ # laço -- para todos tamanhos em 'n'  
area<- tamanho[i] # atribui o tamanho de plantas na parcela  
tamanho.i<- mclapply(1:nsmc, # numero de nsmc  
simula.parcelas, # aplica a função -- faz a simulação  
mc.preschedule = FALSE, # 'expande' quantos processos forem possíveis  
mc.set.seed = TRUE, # uma semente para cada processo  
mc.cores = getOption('cores')) # usa quantos processadores forem possíveis  
simulacao[[i]] <- cbind(1:nsmc, do.call(rbind, tamanho.i)) # organiza os dados  
para tamanho.i  
}  
  
## organização dos dados gerais  
resultado<- data.frame(cbind(rep(tamanho, each = nsmc), do.call(rbind,  
simulacao))) # saída da simulação  
colnames(resultado) <- c('t', 'i', 'F.trat','Ac','media','cve', 'primeiro') # nomes das  
colunas  
resultado
```