

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

Gabriela Görgen Chaves

**TAMANHO DE PARCELA E NÚMERO DE REPETIÇÕES EM
CENTEIO**

Santa Maria, RS
2018

Gabriela Grgeren Chaves

TAMANHO DE PARCELA E NÚMERO DE REPETIÇÕES EM CENTEIO

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, rea de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Cargnelutti Filho

Santa Maria, RS
2018

Gabriela Görgen Chaves

TAMANHO DE PARCELA E NÚMERO DE REPETIÇÕES EM CENTEIO

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Aprovado em 19 de julho de 2018:

Prof. Dr. Alberto Cargnelutti Filho (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Prof. Dr. Lindolfo Storck

Prof. Dr. Marcos Toebe (UFSM)

Santa Maria, RS
2018

Chaves, Gabriela Görgen
TAMANHO DE PARCELA E NÚMERO DE REPETIÇÕES EM CENTEIO /
Gabriela Görgen Chaves.- 2018.
63 p.; 30 cm

Orientador: Alberto Cargnelutti Filho
Coorientador: Alessandro Dal'Col Lúcio
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Agronomia, RS, 2018

1. Ensaio de Uniformidade 2. Planejamento
Experimental 3. Dimensionamento Experimental 4. Secale
cereale L. 5. Cultura de Cobertura de Solo I.
Cargnelutti Filho, Alberto II. Dal'Col Lúcio, Alessandro
III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por dar-me saúde e proteção, iluminar e abençoar minhas escolhas, e colocar em meu caminho pessoas especiais!

Aos meus pais, Pedro e Rosane, minha fonte de amor infinito e inspiração, por me ensinarem a correr atrás dos meus objetivos, sempre apoiando minhas decisões!

Ao meu irmão Rodrigo e cunhada Jaqueline, pelo carinho e incentivo, por serem exemplos na profissão que exercem, e em especial por me presentear com a alegria e o amor do meu sobrinho e afilhado Miguel!

Ao meu namorado Fábio, pelo amor, companheirismo e atenção, e que mesmo distante sempre foi muito dedicado e presente nos meus dias!

Ao Prof. Alberto, pela orientação, ensinamentos e palavras de incentivo!

A todos os colegas do laboratório de Experimentação Agrícola, pelo convívio e aprendizado diário, auxílio nas atividades de campo e momentos de descontração ao longo desses anos!

À UFSM, professores, servidores e funcionários, e a CAPES, por acreditarem no potencial de seus estudantes, colaborando assim para formação qualificada aos futuros profissionais!

A todos que de maneira direta ou indireta contribuíram positivamente no decorrer desse período...

Minha eterna gratidão!

RESUMO

TAMANHO DE PARCELA E NÚMERO DE REPETIÇÕES EM CENTEIO

AUTORA: Gabriela Görgen Chaves
ORIENTADOR: Prof. Dr. Alberto Cargnelutti Filho

Os objetivos deste trabalho foram determinar o tamanho ótimo de parcela (X_o) e o número de repetições para avaliar as massas de matéria fresca e seca, e a produtividade de grãos de centeio (*Secale cereale* L.), e investigar a variabilidade do X_o entre duas cultivares e cinco épocas de semeadura (para os caracteres massas de matéria fresca e seca) e entre duas cultivares e três épocas de semeadura (para o caractere produtividade de grãos). Foram conduzidos 30 ensaios de uniformidade para avaliar os caracteres massas de matéria fresca e seca, e 18 ensaios de uniformidade para avaliar o caractere produtividade de grãos de centeio. Cada ensaio com dimensões de 6 m \times 4 m foi dividido em 24 unidades experimentais básicas (UEB) de 1 m \times 1 m. Foram avaliadas as massas de matéria fresca e seca nas 720 UEB, e a produtividade de grãos nas 432 UEB. O X_o foi determinado pelo método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação. O número de repetições foi determinado em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i = 3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 0,05 de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d = 10, 11, \dots, 20\%$ e $d = 10,12, \dots, 30\%$). Existe variabilidade no tamanho ótimo da parcela para avaliar o rendimento de grãos entre as cultivares BRS Progresso e Temprano e entre as datas de semeadura na cultura do centeio. Os tamanhos ótimos de parcela para avaliar as massas de matéria fresca e seca, e a produtividade de grãos de centeio são, respectivamente, 3,43, 3,82 e 6,08 m². Seis e sete repetições são suficientes para avaliar, respectivamente, as massas de matéria fresca e seca, e produtividade de grãos em experimentos com até 50 tratamentos, e identificar, como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, diferenças entre médias de tratamentos menor ou igual a 20 e igual a 29,65% da média do experimento, nos delineamentos inteiramente casualizado e blocos ao acaso, respectivamente.

Palavras-chave: *Secale cereale* L. Planejamento Experimental. Dimensionamento Experimental.

ABSTRACT

PLOT SIZE AND NUMBER OF REPETITIONS IN RYE

AUTHOR: Gabriela Grgeren Chaves
ADIVISOR: Alberto Cargnelutti Filho

The objectives of this work were to determine the optimum plot size (X_o) and the number of repetitions to evaluate the fresh and dry matter, and the grains yield of rye (*Secale cereale* L.), and investigate the variability of X_o between two cultivars and five sowing times (fresh and dry matter), and between two cultivars and three sowing times (grains yield). Thirty uniformity trials were conducted to evaluate fresh and dry matter, and eighteen uniformity trials to evaluate the grains yield of rye. Each trial with dimensions of 6 m \times 4 m was divided into 24 basic experimental units (BEU) of 1 m \times 1 m. Fresh and dry matter of rye were evaluated in the 720 BEU, and grains yield in the 432 BEU. The X_o was determined by the method of maximum curvature of the coefficient of variation model. The number of repetitions was determined in scenarios formed by combinations of i treatments ($i = 3, 4, \dots, 50$) and d minimum differences between means of treatments to be detected as significant at 0.05 of probability, by Tukey test, expressed in percentage of the average of the experiment ($d = 10, 11, \dots, 20\%$ and $d = 10, 12, \dots, 30\%$). There is variability in optimum plot size only to evaluate the grains yield among the cultivars BRS Progresso and Temprano and among sowing dates in the rye crop. The optimal plot sizes to evaluate fresh and dry matter, and the grains yield of rye are, respectively, 3.43, 3.82 and 6.08m². Six and seven repetitions are sufficient to evaluate fresh and dry matter, and the grains yield of rye in experiments with up to 50 treatments, and to identify, as significant at 5% probability by the Tukey test, differences among averages of treatments less than or equal to 20 and equal to 29.65% of the mean of the experiment, in designs completely randomized and randomized blocks, respectively.

Keywords: *Secale cereale* L. Experiment Planning. Experimental Dimension.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Temperaturas máxima, média e mínima do ar diárias e precipitação pluviométrica diária (A), e períodos de desenvolvimento de duas cultivares de centeio em cinco épocas de semeadura (B) durante os meses de maio a novembro de 2016, em Santa Maria, RS.23
- Figura 2 - Representação de um ensaio de uniformidade e a subdivisão em unidades experimentais básicas (UEB) de 1m².24
- Figura 3 - Temperaturas mínima e máxima do ar diárias e precipitação pluviométrica diária nos meses de maio a novembro de 2016, em Santa Maria, RS.45

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Época e data de semeadura, data de emergência, número de dias até a emergência, data de florescimento e número de dias até o florescimento, em ensaios de uniformidade compostos por duas cultivares de centeio (*Secale cereale* L.), BRS Progresso (PROG) e Temprano (TEMP), na safra de 2016, em Santa Maria – RS. 27
- Tabela 2 - Média (m), variância (s^2), coeficiente de variação do ensaio (CV_{ensaio} , em %), coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (ρ), tamanho ótimo de parcela (X_o , em m^2) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CV_{X_o} , em %), para o caractere massa de matéria fresca, em gramas, por unidade experimental básica de $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ (1 m^2) em ensaios com as cultivares BRS Progresso (PROG) e Temprano (TEMP) de centeio (*Secale cereale* L.), realizadas em cinco épocas de semeadura, safra 2016, em Santa Maria – RS..... 28
- Tabela 3 - Número de repetições, para experimentos no delineamento inteiramente casualizado, em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i = 3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d = 10, 11, \dots, 20\%$), para avaliar a massa de matéria fresca de centeio (*Secale cereale*), a partir de tamanho ótimo de parcela ($X_o = 3,43\text{ m}^2$) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela ($CV_{X_o} = 7,67\%$)..... 30
- Tabela 4 - Número de repetições, para experimentos no delineamento blocos ao acaso, em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i = 3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d = 10, 11, \dots, 20\%$), para avaliar a massa de matéria fresca de centeio (*Secale cereale*), a partir de tamanho ótimo de parcela ($X_o = 3,43\text{ m}^2$) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela ($CV_{X_o} = 7,67\%$)..... 32
- Tabela 5 - Número de repetições, para experimentos no delineamento inteiramente casualizado, em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i = 3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d = 10, 11, \dots, 20\%$), para avaliar a massa de matéria seca de centeio (*Secale cereale*), a partir de tamanho ótimo de parcela ($X_o = 3,82\text{ m}^2$) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela ($CV_{X_o} = 8,53\%$).... 33
- Tabela 6 - Número de repetições, para experimentos no delineamento blocos ao acaso, em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i = 3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d = 10, 11, \dots, 20\%$), para avaliar a massa de matéria seca de centeio (*Secale cereale*), a partir de tamanho ótimo de parcela ($X_o = 3,82\text{ m}^2$) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela ($CV_{X_o} = 8,53\%$)..... 34
- Tabela 7 - Época e data de semeadura, data de emergência, data de florescimento, data de colheita e ciclo (em dias), em ensaios de uniformidade compostos por duas

cultivares de centeio (*Secale cereale* L.), BRS Progresso (PROG) e Temprano (TEMP), na safra de 2016, em Santa Maria – RS.45

Tabela 8 - Média (m), variância (s^2), coeficiente de variação do ensaio (CV_{ensaio} , em %), coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (ρ), tamanho ótimo de parcela (X_o , em m^2) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CV_{X_o} , em %), para o caractere produtividade de grãos, em gramas, por unidade experimental básica de $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ (1 m^2) em ensaios com as cultivares de centeio (*Secale cereale* L.) BRS Progresso (PROG) e Temprano (TEMP), realizadas em três épocas de semeadura, safra 2016, em Santa Maria – RS.....46

Tabela 9 - Número de repetições, para experimentos no delineamento inteiramente casualizado, em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i = 3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d = 10, 12, \dots, 30\%$), para avaliar a produtividade de grãos de centeio (*Secale cereale* L.), a partir de tamanho ótimo de parcela ($X_o = 6,08\text{ m}^2$) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela ($CV_{X_o} = 13,58\%$).....49

Tabela 10 - Número de repetições, para experimentos no delineamento blocos ao acaso, em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i = 3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d = 10, 12, \dots, 30\%$), para avaliar a produtividade de grãos de centeio (*Secale cereale* L.), a partir de tamanho ótimo de parcela ($X_o = 6,08\text{ m}^2$) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela ($CV_{X_o} = 13,58\%$).....50

SUMÁRIO

1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	11
1.1 INTRODUÇÃO	11
1.2 HIPÓTESE GERAL	12
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1 Objetivo geral	12
1.3.2 Objetivos específicos	12
2 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO	13
2.1 A CULTURA DE CENTEIO (<i>Secale cereale</i> L.)	13
2.1.1 Cultivares de centeio	15
2.1.2 Épocas de semeadura	16
2.2 PLANEJAMENTOS EXPERIMENTAIS	16
2.3 ERRO EXPERIMENTAL	17
2.4 TAMANHO DE PARCELA	18
2.5 NÚMERO DE REPETIÇÕES	20
3 ARTIGO I – TAMANHO DE PARCELA E NÚMERO DE REPETIÇÕES PARA AVALIAÇÃO DE CARACTERES VEGETATIVOS EM CENTEIO	21
RESUMO	21
ABSTRACT	21
INTRODUÇÃO	22
MATERIAL E MÉTODOS	23
RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
CONCLUSÕES	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
4 ARTIGO II - TAMANHO DE PARCELA E NÚMERO DE REPETIÇÕES PARA AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS EM ÉPOCAS DE SEMEADURA E CULTIVARES DE CENTEIO	40
RESUMO	40
ABSTRACT	40
INTRODUÇÃO	41
MATERIAL E MÉTODOS	42
RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 INTRODUÇÃO

Pesquisas científicas realizadas com a cultura do centeio (*Secale cereale* L.), demonstram aspectos promissores em seu cultivo e sua introdução nos sistemas produtivos. Seu uso como planta de cobertura é considerado uma boa prática de manejo capaz de diversos benefícios ambientais, como a redução da perda de NO_3^- do sistema pela água, a conservação do N presente na palhada, assim como o controle da erosão (QI; HELMERS, 2010; PANTOJA et al., 2016), podendo contribuir para melhorias na dinâmica da água no solo (QI; HELMERS; KALEITA, 2011; BASCHE et al., 2016) e na estruturação do solo (KORUCU; SHIPITALO; KASPAR, 2018). Além disso, o uso isolado ou em consórcio com outras plantas de cobertura, vem apresentando resultados expressivos em produção precoce de forragem (BORTOLINI et al., 2004; FERRAZZA et al., 2013), destacando-se em quantidade de matéria seca e produção de biomassa ensilável (FONTANELI et al., 2009; MEINERZ et al., 2011; LEHMEN et al., 2014).

Experimentos de campo empregados em pesquisas agrônômicas são considerados imprescindíveis para a obtenção de novas informações (HENRIQUES NETO et al., 2009). Nesses experimentos, um dos principais objetivos do pesquisador é reduzir o erro experimental, variância existente entre as unidades experimentais que receberam o mesmo tratamento, diretamente relacionado a qualidade de experimentos e confiabilidade dos resultados (STORCK et al., 2016). Nesse contexto, o correto planejamento experimental permite minimizar o erro experimental com a utilização adequada do tamanho das parcelas, número de repetições e de amostras, atendimento dos princípios básicos da experimentação e escolha do delineamento experimental (STEEL; TORRIE; DICKEY, 1997; RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2012; STORCK et al., 2016).

No entanto, uma das incertezas no planejamento de experimentos agrícolas é determinar o tamanho das parcelas experimentais e do número de repetições a serem utilizados. Ao trabalhar com a cultura do centeio, cada pesquisador tem adotado tamanho de parcela e número de repetições distintos em seus experimentos, uma vez que não há padronização quanto ao correto dimensionamento experimental. Pesquisadores utilizam em seus estudos parcelas que variam de 5 m² (LEHMEN et al., 2014) a 35 m² (HOVARY et al., 2016), e número de repetições de duas (AUIINGER et al., 2016) até oito repetições (SOUZA et al., 2013). Devido essa amplitude, há a hipótese de que os tamanhos de parcela e os números de

repetições utilizados atualmente sejam considerados insuficientes para detectar diferenças significativas entre médias de tratamentos. Além disso, é importante considerar a disponibilidade de recursos materiais, financeiros e humanos, conciliando a área disponível, tamanhos considerados práticos quanto a condução do experimento e presando pela qualidade experimental.

Desse modo, considerando que o tamanho ótimo de parcela e o número de repetições podem variar conforme a cultura, cultivar e época de semeadura, o dimensionamento do tamanho ótimo de parcela e do número de repetições na cultura do centeio, para diferentes cultivares e épocas de semeadura é primordial para garantir credibilidade na obtenção de conhecimento técnico e científico.

1.2 HIPÓTESE GERAL

O tamanho ótimo de parcela e o número de repetições, para avaliar a massa de matéria fresca, a massa de matéria seca e a produtividade de grãos de centeio, diferem entre cultivares e entre épocas de semeadura.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Determinar o tamanho ótimo de parcela e o número de repetições na cultura do centeio (*Secale cereale* L.).

1.3.2 Objetivos específicos

Determinar o tamanho ótimo de parcela e o número de repetições para avaliar a massa de matéria fresca, a massa de matéria seca e a produtividade de grãos de centeio.

Investigar a variabilidade do tamanho de parcela e do número de repetições para os caracteres: massa de matéria fresca, massa de matéria seca e a produtividade de grãos de centeio.

Verificar a variabilidade do tamanho de parcela e do número de repetições entre cultivares e entre épocas de semeadura.

2 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

2.1 A CULTURA DE CENTEIO (*Secale cereale* L.)

O centeio (*Secale cereale* L.) pertence à família Poaceae, Subfamília Pooideae, Tribo Triticeae, Subtribo Triticineae, e espécie *Secale*, com as secções Silvestria e Montanum (HOFFMANN; MUDRA; PLARRE, 1970). Devido aos diversos eventos de domesticação, o centeio cultivado apresenta ampla distribuição geográfica (ZOHARY; HOPF, 2000). No Brasil, a cultura foi introduzida por imigrantes alemães e poloneses no século XIX (BAIER, 1994). A estimativa da produção total de centeio para a safra brasileira de 2018 é de 8,3 mil toneladas, com produtividade média de 1.930 kg ha⁻¹ em área de 4,3 mil hectares (CONAB, 2018).

Embora ocupe pequenas áreas no sul do Brasil, o centeio representa uma alternativa de exploração agrícola com grande potencial de expansão em lavouras de inverno. O centeio é utilizado como doador de genes em programas de melhoramento, pois expressa genes que favorecem características agronômicas (KIM et al., 2004; BARTOS et al., 2008; CASASSOLA; BRAMMER, 2011). A cultura apresenta adaptação muito ampla e destaca-se pelo crescimento inicial vigoroso, rusticidade, tolerância à seca, à acidez do solo (BAIER, 1994) e ao frio, iniciando a atividade fisiológica de crescimento a partir de 0°C (BRUCKNER; RAYMER, 1990). Além disso, desenvolve-se bem em solos pobres em função de suas raízes profundas, podendo absorver água e nutrientes indisponíveis a outras espécies (BAIER, 1994).

Quando introduzido ao sistema de cultivo milho-soja, Qi, Helmers e Kaleita (2011) observaram um armazenamento significativo de água no solo, indicando que a raiz de centeio facilitou a infiltração de água. O uso do centeio como planta de cobertura é considerado uma boa prática de manejo capaz de diversos benefícios ambientais, como a redução da perda de NO₃⁻ do sistema pela água, a conservação do N presente na palhada, assim como o controle da erosão (QI; HELMERS, 2010; PANTOJA et al., 2016). Além disso, o uso a longo prazo do centeio como cultura de cobertura pode melhorar a dinâmica da água no solo sem prejudicar o crescimento das culturas comerciais nas rotações de culturas de milho e soja (BASCHEA et al., 2016). Também estudando a longo prazo o uso da cultura de cobertura viva de centeio, Korucu, Shipitalo e Kaspar (2018) indicam que a cultura pode contribuir para melhorias na estrutura do solo e aumento das populações de minhocas com potencial de reduzir

substancialmente as perdas de sedimentos e nutrientes no escoamento superficial, na ocorrência de forte tempestade logo após a aplicação de adubo após a colheita.

Vargas e Roman (2006) também caracterizam o centeio como uma espécie altamente competitiva, por seu crescimento inicial vigoroso e capacidade de produzir componentes alelopáticos, interferindo na germinação e desenvolvimento de plantas daninhas e outras culturas. Conforme Niemeyer (2009) as concentrações desses compostos são variáveis conforme o genótipo do centeio, órgão vegetal, idade da planta, regime de fertilidade e também fatores ambientais como: temperatura, suprimento de água, fotoperíodo, irradiação UV e intensidade luminosa. Os resultados obtidos por Tabaglio, Marocco e Schulz (2013) confirmam que o uso de centeio em sistemas de rotação de culturas representa uma prática sustentável de manejo de ervas daninhas, permitindo uma redução na quantidade de herbicidas utilizados em agroecossistemas, limitando assim os riscos ambientais da agricultura intensiva.

A indústria de alimentos integrais e dietéticos registra demanda crescente por subprodutos do centeio na alimentação humana, embora a cultura, assim como os outros cereais de inverno, apresente algumas limitações quanto o restrito mercado para grãos (BAIER, 1994). De acordo com Nascimento Junior e Baier (2006), a cultura apresenta dificuldade em relação à uniformidade na colheita das sementes em um mesmo período, pelo fato de expressar maior desuniformidade quanto ao espigamento, maturação e tipo de planta. Os mesmos autores citam a variação na produção de matéria seca compreendida entre 2.800 kg ha⁻¹ a 5.000 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Comumente a cultura é utilizada na alimentação animal como forrageira constituinte de pastagens ou conservada nas formas de feno e silagem, além de ser utilizada como planta de cobertura do solo, na rotação de culturas e adubação verde (BAIER, 1994). Noro et al. (2003) observaram maior precocidade para produção de forragem da cultura de centeio quando avaliaram diferentes espécies de forrageiras de estação fria no Planalto Médio do RS. Em razão da sua precocidade, o centeio pode ser consorciado com azevém e aveias em sistemas pastoris, visando antecipar o período de utilização da pastagem para amenizar os efeitos do vazio forrageiro de outono (ROSO et al., 2000).

O uso de gramíneas em monocultivo ou em consórcio tem maior potencial de proteção do solo devido à lenta decomposição dos resíduos e presença prolongada dos restos culturais na superfície do solo (ZIECH et al., 2015). A cobertura duradoura no solo está diretamente relacionada ao fato da cultura do centeio possuir palhada com elevada relação C/N (34/1)

(DONEDA et al., 2012). Os mesmos autores sugerem a ocorrência de imobilização líquida de N durante a decomposição dos restos culturais de centeio no solo.

Ao estudar cereais de inverno submetidos ao corte no sistema duplo propósito, Bortoline et al. (2004) observaram rendimento de matéria seca em centeio de 1.906,5 kg ha⁻¹ com um corte e 2.738,6 kg ha⁻¹ com dois cortes. No mesmo trabalho, os autores obtiveram produtividade de grãos para a cultura de 2.387,8 kg ha⁻¹ (sem corte), 2.466,6 kg ha⁻¹ (um corte) e 1.714,1 kg ha⁻¹ (dois cortes). Já Lehmen et al. (2014) observaram rendimento de biomassa ensilável em centeio igual a 13.448 kg ha⁻¹. Fontaneli et al. (2009) ao trabalharem com cereais de inverno de duplo propósito obtiveram rendimento de matéria seca total (forragem + silagem) para as cultivares BR 1 e BRS Serrano de 7.725 kg ha⁻¹ e 10.773 kg ha⁻¹ e rendimento de grãos igual a 2.251 kg ha⁻¹ e 2.747 kg ha⁻¹, respectivamente. Em estudo semelhante, Meinerz et al. (2011) verificaram rendimento de matéria seca igual a 12.136 kg ha⁻¹ e 9.058 kg ha⁻¹ para as cultivares BR 1 e BRS Serrano, respectivamente.

2.1.1 Cultivares de centeio

O cultivo de centeio no Brasil iniciou com o uso de variedades e cultivares estrangeiras, boa parte trazidas por imigrantes. Baier (1994) relatou o cultivo de populações “Gayerovo” e “Centeio Branco” em São Paulo, “White Rye” no Paraná, “Abruzzi” introduzida através da Argentina e populações coloniais no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, na década de 1990.

Mori, Nascimento Junior e Miranda (2013) relataram que o avanço na produtividade de cultivares de centeio pode ser resultado de um esforço iniciado na década de 1970, resgatando e preservando populações cultivadas. Novas combinações, seleções e testes de genótipos vêm sendo realizados. De acordo com os autores, quatro cultivares de centeio são registradas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: BR 1, IPR 89, BRS Serrano e Temprano. Nascimento Junior, Caierão e Mori (2014) descreveram em seu trabalho a cultivar BRS Progresso, recentemente registrada.

A cultivar Temprano é destinada à alimentação animal, caracterizada pela alta produção de matéria seca de forragem. Para atender a demanda por materiais mais produtivos e estáveis foi desenvolvida a cultivar BRS Progresso. A mesma tem por finalidade a produção de grãos utilizados na alimentação humana e animal, além da utilização da farinha na produção de pães, biscoitos e massas (NASCIMENTO JUNIOR; CAIERÃO; MORI, 2014).

2.1.2 Épocas de semeadura

Recomenda-se semear o centeio a partir do mês de março no Sul do Brasil, quando o objetivo é a formação de pastagens ou cobertura de solo. Com a finalidade de produção de grãos, a semeadura é indicada nos meses de abril e maio, no norte do Paraná, em São Paulo, em Minas Gerais e no Mato Grosso do Sul, e nos meses de junho e julho, no Rio Grande do Sul, em Santa Catarina e no sul do Paraná (NASCIMENTO JUNIOR; BAIER, 2006).

Ao descreverem aspectos da cultura de centeio, Mori, Nascimento Junior e Miranda (2013) relataram o uso no Brasil de cultivares que apresentam menor ciclo de cultivo, e conseqüentemente menor tempo para acúmulo de reservas durante a fase vegetativa, o que resulta no menor potencial de rendimento quando comparado à cultivares utilizadas no hemisfério norte. Esses autores apontam a necessidade de utilizar cultivares de ciclo reduzido no Brasil por, de um modo geral, o País não dispor de horas de frio suficientes para o desenvolvimento e crescimento das cultivares invernais.

2.2 PLANEJAMENTOS EXPERIMENTAIS

A crescente demanda de alimentos e técnicas que possibilitem a melhoria da qualidade aliada ao aumento da produtividade de culturas, fazem da pesquisa agrícola uma aliada fundamental aos profissionais do campo, produtores e consumidor final. Segundo Storck et al. (2016) para se comprovar uma hipótese formulada sobre a superioridade de algum fator de produção, deve-se utilizar a experimentação agrícola, que envolve o planejamento, execução, coleta de dados, análise e interpretação de dados, e posterior divulgação dos resultados de um experimento (STORCK et al., 2016).

O planejamento experimental é o ponto de partida para a realização de um experimento. O mesmo depende da cultura estudada, características avaliadas, tratamentos e também as condições ambientais de cada experimento (STORCK et al., 2016). Por meio desse planejamento, são definidos os passos para controlar os efeitos ambientais de maneira a encontrar diferenças significativas entre os fatores em teste, caso eles existam (BANZATTO; KRONKA, 2013). De modo geral, por meio do correto planejamento experimental é desejado controlar ao máximo a variabilidade existente na área e maximizar as informações obtidas na área, considerando a disponibilidade de recursos materiais, financeiros e humanos.

2.3 ERRO EXPERIMENTAL

O erro experimental consiste na variação entre as unidades experimentais que receberam o mesmo tratamento, estimado mediante a aplicação da repetição, um dos princípios da experimentação (STORCK et al., 2016). Steel, Torrie e Dickey (1997) definem o erro experimental como a variação frente aos efeitos de fatores não controlados ou que ocorrem aleatoriamente. Essa variabilidade pode ter sua origem em fatores como a presença de pragas, plantas daninhas e doenças, heterogeneidade das unidades experimentais ou parcelas e do material experimental, tratos culturais não aplicados de forma homogênea e a competição intra e interparcelar (STORCK et al., 2016).

Não é possível eliminar completamente o erro experimental, somente reduzi-lo ou minimiza-lo. Além do erro experimental, também pode estar presente nos ensaios o erro sistemático ou de condução.

O erro sistemático ocorre quando um determinado tratamento é favorecido ou desfavorecido em todas suas repetições, sendo então somado ao efeito de tratamentos, alterando o quadrado médio de tratamentos, a estatística F e as conclusões sobre os efeitos destes tratamentos. Já o erro experimental, que é reconhecido pelo modelo matemático do delineamento, é responsável pela magnitude do quadrado médio do erro e, por consequência, influencia a estatística F, teste de comparação de médias, coeficiente de variação, coeficiente de precisão, etc. (STORCK et al., 2016).

Para manter o erro experimental em níveis aceitáveis é necessário atender os princípios básicos da experimentação (repetição, casualização e controle local) durante o planejamento, condução e análise de experimentos agrícolas (BANZATTO; KRONKA, 2013; STORCK et al., 2016), viabilizando assim a realização de experimentos com maior confiabilidade. A otimização dos recursos necessários em uma pesquisa, como a escolha correta do delineamento experimental e a adequação do número de repetições e o tamanho e forma de parcelas, também possibilita minimizar o erro experimental e melhorar o poder dos testes. Para Steel, Torrie e Dickey (1997), a escolha correta do delineamento visando o controle de variações que ocorrem na área, é dependente das condições de cada experimento, da cultura, do número de tratamentos e tamanho das unidades experimentais.

Entre as medidas empregadas para avaliar a qualidade e a precisão experimental, podemos citar o coeficiente de variação (CV%), que compreende uma estimativa do erro em relação à média geral do ensaio. Quanto menor for o coeficiente de variação, maior será a precisão e a qualidade do experimento, e consequentemente, menores diferenças entre estimativas de médias tornar-se-ão significativas (CARGNELUTTI FILHO; STORCK, 2007). A estatística diferença mínima significativa, obtida pelo método de Tukey, também é

considerada uma estimativa adequada da qualidade experimental quando comparada com os limites de classes previamente estabelecidas (LÚCIO; STORCK; BANZATTO, 1999). Desde modo, quanto menor for o erro experimental, maior será a probabilidade de serem obtidas diferenças significativas entre as médias dos tratamentos.

2.4 TAMANHO DE PARCELA

No planejamento e implantação de pesquisas agrônômicas, os experimentos de campo apresentam como problemas básicos a determinação do tamanho da parcela (HENRIQUES NETO et al., 2009). Segundo Storck et al. (2016), as parcelas devem ter um número de plantas considerado representativo da população, que permita a estimação precisa das características de interesse. Para isso, é importante utilizar um tamanho de parcela que possa minimizar fatores capazes de influenciar a precisão experimental.

A estimativa do tamanho ótimo de parcela propicia o aumento da precisão e maximiza as informações obtidas no experimento, pelo fato de permitir o melhor aproveitamento de recursos, assim como o controle mais rigoroso do manejo do experimento, este quando realizado em área de menor tamanho (SILVA et al., 2012). Ao determinar o tamanho ótimo da parcela deve-se considerar a disponibilidade de recursos os quais são, geralmente, restritos como a disponibilidade de área e mão-de-obra. Segundo Zhang, Warrick e Myers (1994), o tamanho ótimo da parcela deve equilibrar precisão e custos.

Diversos estudos consideram que quanto maior o tamanho da parcela, menor é o erro experimental, e conseqüentemente, menor é a variação existente entre parcelas (HATHEWAY, 1961; LE CLERG, 1967; PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009; STEEL; TORRIE; DICKEY, 1997). No entanto, o aumento do tamanho de parcela reduz o erro experimental até determinado ponto, a partir do qual é pouco expressivo o ganho em precisão com o uso de tamanhos de parcelas já suficientemente grandes, sendo importante o dimensionamento do tamanho ótimo de parcela (LE CLERG, 1967; PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009; STORCK et al., 2016). A utilização combinada de um maior número de repetições com parcelas menores pode minimizar o efeito do erro experimental (GOMES, 1994).

Entre os métodos utilizados para estimar o tamanho ótimo de parcela, destaca-se o método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, proposto por Paranaíba, Ferreira e Moraes (2009). De acordo com os autores, é necessário obter as estimativas da média (m), da variância (s^2) e da autocorrelação espacial de primeira ordem (ρ), obtido

ordenando os resíduos em linhas e colunas, para a determinação do tamanho de parcela através da expressão $X_o = \frac{10^3 \sqrt{2(1-\rho^2)s^2 m}}{m}$. O método apresenta como principal vantagem o fato de não ser necessário planejar parcelas de diversos tamanhos mediante o agrupamento dos dados das unidades experimentais básicas adjacentes (PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009). Segundo Sandhya e Sananse (2016), a dependência espacial em parcelas adjacentes é uma das causas de heterogeneidade nos experimentos de campo.

Os ensaios de uniformidade, também chamados de experimentos em branco, caracterizam o cultivo de uma determinada espécie no qual toda a área experimental é submetida a tratos culturais idênticos, não havendo influência de tratamentos (HACK, 1976). Esses ensaios são utilizados na obtenção de dados para a estimativa do tamanho ótimo de parcela (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2012; STORCK et al., 2016), número de repetições, heterogeneidade do solo e eficiência relativa de determinado delineamento experimental (LÚCIO et al., 2004). Toda extensão da área experimental é dividida em pequenas parcelas, nas quais o caractere desejado é medido separadamente, permitindo avaliar a variabilidade existente entre as parcelas (STORCK et al., 2016). A partir do tamanho ótimo de parcela em cenários formados por combinações de números de tratamentos, de repetições e delineamentos, é possível determinar a precisão experimental (CARGNELUTTI FILHO et al., 2016).

Em estudos com centeio, os experimentos apresentam variabilidade quanto ao tamanho de parcela utilizado. Os autores utilizaram 5 m² (FONTANELI et al., 2009; LEHMEN et al., 2014), 5,1 m² (BORTOLINE et al., 2004), 6 m² (FERRAZZA et al., 2013), 7 m² (FONTANELI et al., 2009), 15 m² (MEINERZ, et al., 2011), 25 m² (SOUZA et al., 2013) e 35 m² (HOVARY et al., 2016).

Estudos relatam o tamanho ótimo de parcela e/ou o número de repetições para distintas culturas, tais como para a batata (STORCK et al., 2011), arroz (MASOOD; RAZA, 2012; MASOOD; RAZA; YASEEN, 2012), feijão (MAYOR-DÚRAN; BLAIR; MUÑOZ, 2012; SANTOS et al., 2012), mandioca (OLADEEBO; OYETUNDE, 2013), trigo (AL-FEEL; ABDULAAH, 2013), aveia-preta (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014a), ervilha forrageira (CARGNELUTTI FILHO et al., 2015a), canola (CARGNELUTTI FILHO et al., 2015b), milho (SINGH, 2015), milheto (BURIN et al., 2016), girassol (SOUSA; SILVA; ASSIS, 2016), feijão guandu (SANTOS et al., 2016), aveia branca (LAVEZO et al., 2017), crotalária juncea (FACCO et al., 2017), ervilhaca (CARGNELUTTI FILHO et al., 2017) e

girassol (LOHMOR et al., 2017). Entre os trabalhos, os tamanhos de parcela determinados variam de 1,57 m² (LAVEZO et al., 2017) a 72 m² (MASOOD; RAZA; YASEEN, 2012).

2.5 NÚMERO DE REPETIÇÕES

O termo repetição pode ser definido como a aplicação de um mesmo tratamento sobre duas ou mais unidades experimentais (STORCK et al., 2016), e constitui um dos princípios básicos da experimentação. O atendimento aos princípios básicos da experimentação, como a utilização do número adequado de repetições está relacionado com o aumento na precisão de experimentos (BANZATTO; KRONKA, 2013; RESENDE; SOUZA JÚNIOR, 1997).

De acordo com CARGNELUTTI FILHO et al. (2014b) a escolha correta do número de repetições é fundamental na realização de inferências precisas sobre os tratamentos em avaliação. Isso devido ao fato do erro padrão da média de um tratamento ser estimado pelo desvio padrão residual, calculado a partir do quadrado médio do resíduo e do número de repetições (STEEL; TORRIE; DICKEY, 1997). Assim, trabalhos com médias mais precisas e erro experimental reduzido são obtidas com número maior de repetições.

Experimentos com poucos tratamentos necessitam de maior número de repetições, considerando que o número aconselhável de graus de liberdade para a estimativa do erro experimental não seja menor que 10, utilizando preferencialmente 20 ou mais unidades experimentais (PIMENTEL GOMES, 1990). O uso de um número adequado de repetições além de possibilitar uma boa estimativa do erro experimental, melhorando a precisão da estimativa das médias e do efeito de cada tratamento, pode melhorar a capacidade de um teste estatístico detectar diferenças menores entre as estimativas das médias dos tratamentos (VELINI et al., 2006).

O número adequado de repetições é mais fácil de ser obtido com parcelas pequenas do que com parcelas grandes (STEEL; TORRIE; DICKEY, 1997). Ao considerar o tamanho das unidades experimentais, parcelas menores combinadas com maior número de repetições são mais eficientes do que um número pequeno de repetições usando grandes parcelas. Experimentos com a cultura de centeio têm sido realizados com três (BORTOLINE et al., 2004; FERRAZZA et al., 2013; FONTANELI et al., 2009; LEHMEN et al., 2014; MEINERZ et al., 2011) e oito repetições (SOUZA et al., 2013). Não há relatos na literatura do número ideal de repetições.

3 ARTIGO I – TAMANHO DE PARCELA E NÚMERO DE REPETIÇÕES PARA AVALIAÇÃO DE CARACTERES VEGETATIVOS EM CENTEIO

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram determinar o tamanho ótimo de parcela (X_o) e o número de repetições para avaliar as massas de matéria fresca e seca de centeio (*Secale cereale* L.), e investigar a variação do X_o entre duas cultivares e cinco épocas de semeadura. Foram conduzidos 30 ensaios de uniformidade. Cada ensaio com dimensões de 6 m × 4 m foi dividido em 24 unidades experimentais básicas (UEB) de 1 m × 1 m. Foram avaliadas as massas de matéria fresca e seca de centeio nas 720 UEB. O X_o foi determinado pelo método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação. O número de repetições foi determinado em cenários formados por combinações de tratamentos, delineamentos experimentais e níveis de precisão. Os tamanhos ótimos de parcela para avaliar as massas de matéria fresca e seca de centeio são, respectivamente, 3,43 e 3,82 m². Seis repetições são suficientes para avaliar as massas de matéria fresca e seca, em delineamentos inteiramente casualizado e blocos ao acaso com até 50 tratamentos, e possibilitam obter diferença mínima significativa menor ou igual a 20% da média do experimento.

Palavras-chave: cultura de cobertura de solo, ensaios de uniformidade, dimensionamento experimental.

PLOT SIZE AND NUMBER OF REPETITIONS FOR EVALUATION OF VEGETATIVE TRAITS IN RYE

ABSTRACT

The objectives of this work were to determine the optimum plot size (X_o) and number of repetitions to evaluate the fresh and dry matter of rye (*Secale cereale* L.), and to investigate the variation of X_o between two cultivars and five sowing times. Thirty uniformity trials were conducted. Each trial with dimensions of 6 m × 4 m was divided into 24 basic experimental units (BEU) of 1 m × 1 m. Fresh and dry matter of rye were evaluated in the 720 BEU. The X_o was determined by the method of maximum curvature of the coefficient of variation model. The number of repetitions was determined in scenarios formed by combinations of treatments, experimental designs, and levels of precision. The optimal plot sizes to evaluate fresh and dry matter of rye are, respectively, 3.43 and 3.82 m². Six repetitions are sufficient to evaluate fresh and dry matter in completely randomized and randomized block design with up to 50 treatments, and make it possible to obtain a least significant difference less than or equal to 20% of the experiment mean.

Keywords: soil cover crop, uniformity trial, experimental dimension

INTRODUÇÃO

O centeio (*Secale cereale* L.) é um cereal com ampla adaptabilidade por ser resistente ao frio extremo e por crescer em solos marginais (SCHLEGEL, 2013). Cultivado, de forma isolada ou em consórcio com outras plantas de cobertura, apresenta resultados expressivos para a produção precoce de forragem (BORTOLINI et al., 2004; FERRAZZA et al., 2013) destacando-se em quantidade de matéria seca e produção de biomassa ensilável (FONTANELI et al., 2009; MEINERZ et al., 2011; LEHMEN et al., 2014).

No Sul do Brasil, a recomendação de semeadura de centeio é a partir de março, quando o objetivo for formação de pastagens ou cobertura de solo (NASCIMENTO JUNIOR, 2014). Esses autores mencionam que a semeadura é indicada nos meses de abril e maio, no norte do Paraná, em São Paulo, em Minas Gerais e no Mato Grosso do Sul quando a finalidade for para a produção de grãos, e nos meses de junho e julho, no Rio Grande do Sul, em Santa Catarina e no sul do Paraná.

Estudos relacionados ao planejamento experimental são primordiais para a realização de pesquisas e obtenção de informações científicas da cultura. Em experimentos, é importante reduzir o erro experimental, isto é, a variância existente entre as unidades experimentais (STORCK et al., 2016), a fim de elevar a precisão experimental. Assim, resultados confiáveis necessitam o correto planejamento do experimento, que pode ser alcançado por meio da utilização adequada do tamanho de parcela, números de repetições e de amostras, atendimento dos princípios básicos da experimentação e escolha do delineamento experimental (STORCK et al., 2016).

Experimentos com a cultura de centeio foram realizados com distintos tamanhos de parcela e número de repetições. Foram utilizados tamanhos de parcela com dimensões de 5 m² (FONTANELI et al., 2009; LEHMEN et al., 2014), 5,1 m² (BORTOLINI et al., 2004), 5,5 m² (AUINGER et al., 2016), 6 m² (FERRAZZA et al., 2013), 7 m² (FONTANELI et al., 2009), 15 m² (MEINERZ, et al., 2011), 25 m² (SOUZA et al., 2013) e 35 m² (HOVARY et al., 2016). Esses estudos têm sido realizados com duas (HAFFKE, et al., 2014; AUINGER et al., 2016), três (BORTOLINI et al., 2004; FONTANELI et al., 2009; MEINERZ et al., 2011; FERRAZZA et al., 2013; LEHMEN et al., 2014) e oito repetições (SOUZA et al., 2013).

O tamanho ótimo de parcela e/ou o número de repetições têm sido investigados para culturas agrícolas, tais como o arroz (MASOOD; RAZA, 2012), trigo (AL-FEEL; ABDULAAH, 2013), aveia-preta (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014), ervilha forrageira (CARGNELUTTI

FILHO et al., 2015), milho (BURIN et al., 2016), feijão guandu (SANTOS et al., 2016), aveia branca (LAVEZO et al., 2017), crotalaria juncea (FACCO et al., 2017), ervilhaca (CARGNELUTTI FILHO et al., 2017) e centeio (CHAVES et al., 2018). Os tamanhos de parcela determinados variaram de 1,57 m² na cultura da aveia branca (LAVEZO et al., 2017) e 42 m² na cultura do trigo (AL-FEEL; ABDULAAH, 2013).

O dimensionamento experimental é importante para gerar informações que possam ser utilizadas como referência em futuras pesquisas com a cultura de centeio. Assim, os objetivos deste trabalho foram determinar o tamanho ótimo de parcela e o número de repetições para avaliar as massas de matéria fresca e seca de centeio (*Secale cereale* L.), e investigar a variação do tamanho ótimo de parcela entre duas cultivares e cinco épocas de semeadura.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos 30 ensaios de uniformidade (experimentos em branco) com a cultura de centeio, distribuídos em cinco épocas de semeadura, localizado na latitude 29°42'S, longitude 53°49'W e 95 m de altitude, no ano agrícola de 2016. O clima da região é do tipo Cfa subtropical úmido, conforme classificação de Köppen, com verões quentes e sem estação seca (HELDWEIN; BURIOL; STRECK, 2009) e o solo do local é classificado como Argissolo vermelho distrófico arênico (SANTOS et al., 2013). As temperaturas do ar e a precipitação pluviométrica foram registradas (Figura 1).

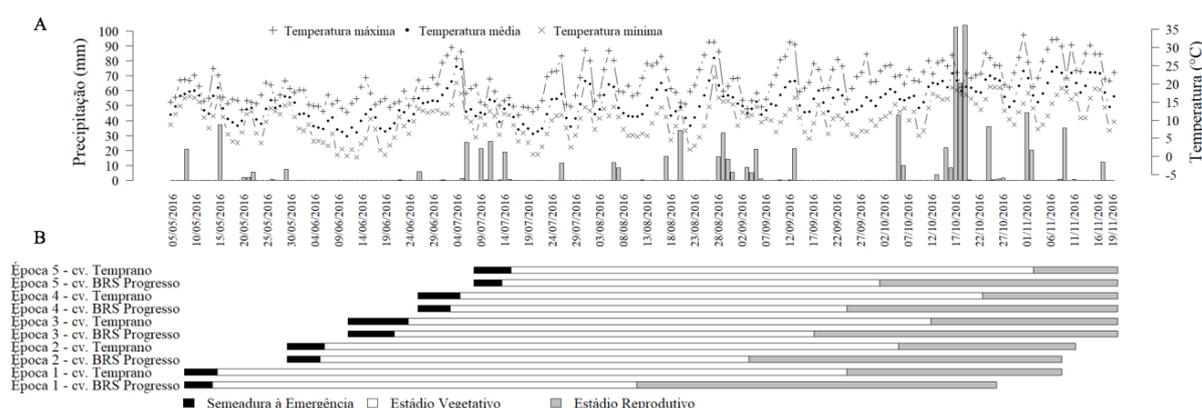


Figura 1 - Temperaturas máxima, média e mínima do ar diárias e precipitação pluviométrica diária (A), e períodos de desenvolvimento de duas cultivares de centeio em cinco épocas de semeadura (B) durante os meses de maio a novembro de 2016, em Santa Maria, RS.

A análise física e química do solo, na profundidade de 0 - 20 cm, apresentou os seguintes resultados: pH_{H2O} 1:1: 5,8; Ca: 5,7 cmol_c dm⁻³; Mg: 2,4 cmol_c dm⁻³; Al: 0,0 cmol_c dm⁻³; H+Al: 3,5

$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; índice SMP: 6,2; matéria orgânica: 2,4%; teor de argila: 29,0%; S: 13,3 mg dm^{-3} ; P (Mehlich): 25,7 mg dm^{-3} ; K: 0,696 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{CTC}_{\text{pH}7}$: 12,4 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Cu: 1,28 mg dm^{-3} ; Zn: 0,753 mg dm^{-3} e B: 0,1 mg dm^{-3} .

O solo da área experimental foi preparado em sistema convencional por meio de gradagem leve. Para adubação de base foram aplicados 500 kg ha^{-1} de NPK com formulação comercial 05-20-20. Em cada época de semeadura, foram conduzidos três ensaios de uniformidade com a cultivar BRS Progresso e três com a cultivar Temprano, totalizando 30 ensaios de uniformidade.

A semeadura das cultivares BRS Progresso (destinada à produção de grãos) e Temprano (destinada à produção de forragem) foi realizada a lanço, com densidade de 455 sementes m^{-2} nas seguintes datas: 03/05/2016 (época 1); 25/05/2016 (época 2); 07/06/2016 (época 3); 22/06/2016 (época 4); e 04/07/2016 (época 5).

Quando as plantas atingiram o estágio V3 e V4, foi aplicado 25 kg de N ha^{-1} . Em cada ensaio de uniformidade foram realizados os mesmos tratos culturais em todas as unidades experimentais básicas.

Cada ensaio de uniformidade apresentou dimensões de 24 m^2 (6 $\text{m} \times$ 4 m). Esses, foram divididos em 24 unidades experimentais básicas (UEB) de 1 m^2 (1 $\text{m} \times$ 1 m), formando uma matriz de seis linhas e quatro colunas (Figura 2).

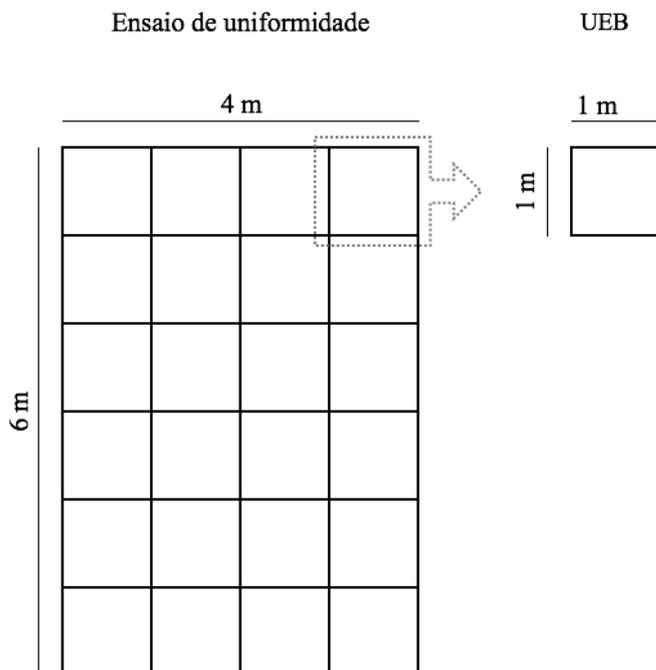


Figura 2 - Representação de um ensaio de uniformidade e a subdivisão em unidades experimentais básicas (UEB) de 1 m^2 .

Foram registradas as datas de emergência e florescimento a fim de observar as variações no ciclo de cultivo das cultivares entre as distintas épocas de semeadura. No florescimento da cultura, em cada ensaio, as plantas foram cortadas rente ao solo em cada UEB (1 m²). A massa de matéria fresca, em g m⁻², foi mensurada em balança digital (exatidão: 1 g), logo após o corte das plantas. A massa de matéria seca, foi estimada em percentagem de massa de matéria seca em cada UEB. Para isso, foram separadas amostras de massa de matéria fresca e mensurada a sua massa, acondicionadas em pacotes de papel identificados por UEB e secas em estufa com ventilação forçada de ar 65 ± 3 °C, até obterem peso constante, método convencional predominantemente utilizado em espécies forrageiras (LACERDA et al., 2009). A massa de matéria seca, de cada UEB, foi determinada pelo produto entre a massa de matéria fresca e a percentagem de massa matéria seca, em g m⁻².

Para cada ensaio de uniformidade, a partir dos dados das massas de matéria fresca e seca obtidos nas 24 UEB, foram estimadas as estatísticas: média (m), variância (s²), coeficiente de variação do ensaio (CV_{ensaio}, em %) e coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (ρ). A estimativa de ρ foi obtida com o caminhamento no sentido das linhas, conforme metodologia de Paranaíba et al. (2009). Foi iniciado na UEB localizada na linha 1, coluna 1, até a linha 1, coluna 4, retornando a partir da linha 2, coluna 4, até a linha 2, coluna 1, e assim, sucessivamente, até concluir o caminhamento na UEB da linha 6, coluna 1.

Para os caracteres massas de matéria fresca e seca, o tamanho ótimo de parcela (X_o) foi determinado, em cada um dos 30 ensaios de uniformidade, por meio da expressão (Eq.1) do método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação (PARANAÍBA et al., 2009).

$$(1) X_o = \frac{10^3 \sqrt{2(1-\rho^2)s^2 m}}{m}$$

Onde:

ρ - coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem;

s² - variância;

m - média.

Em seguida foi determinado o coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CV_{X_o}), em percentagem, por meio da expressão (Eq. 2) (PARANAÍBA et al., 2009). O CV_{X_o} corresponde ao CV esperado para o experimento com o tamanho ótimo de parcela determinado.

$$(2) CV_{X_o} = \frac{\sqrt{(1-\rho^2)s^2/m^2}}{\sqrt{X_o}} 100$$

Assim, para cada cultivar em cada época de semeadura, foram obtidas 3 estimativas de m, s², CV_{ensaio}, ρ, X_o e CV_{X_o}. As comparações de médias das estatísticas m, s², CV_{ensaio}, ρ, X_o e

CV_{X_0} , entre cultivares e entre épocas de semeadura, foram realizadas a 5% de probabilidade por meio do teste Scott-Knott, via *bootstrap* com 20.000 reamostragens.

Para o cálculo do número de repetições, partiu-se da diferença mínima significativa (d) do teste de Tukey, expressa em percentagem da média geral do experimento, estimada pela expressão (Eq. 3).

$$(3) d = \frac{q_{\alpha(i;GLE)} \sqrt{\frac{QME}{r}}}{m} 100$$

Onde:

$q_{\alpha(i;GLE)}$ - valor crítico do teste de Tukey em nível α de probabilidade de erro;

i - número de tratamentos;

GLE - número de graus de liberdade do erro, sendo $GLE = i(r - 1)$ para o delineamento inteiramente casualizado e $GLE = (i - 1)(r - 1)$ para o delineamento blocos ao acaso;

QME - quadrado médio do erro;

r - número de repetições;

m - média do experimento.

Substituindo a expressão (Eq. 4) do coeficiente de variação (CV) experimental, em percentagem, na expressão (Eq. 3), tem-se a expressão (Eq. 5) para determinar o número de repetições.

$$(4) CV = \frac{\sqrt{QME}}{m} 100$$

$$(5) r = \left(\frac{q_{\alpha(i;GLE)} CV}{d} \right)^2$$

O número de repetições (r) para avaliar as massas de matéria fresca e seca, foi determinado a partir da média do CV_{X_0} entre as duas cultivares e as cinco épocas de semeadura, por processo iterativo até a convergência, para experimentos nos delineamentos inteiramente casualizado e blocos ao acaso. Para isso, foram formados distintos cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i = 3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 0,05 de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d = 10, 11, \dots, 20\%$). As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do aplicativo Microsoft Office Excel® e do software Sisvar® (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No decorrer da condução dos ensaios de uniformidade com a cultura de centeio, as épocas de semeadura apresentaram condições meteorológicas distintas. As temperaturas absolutas mínimas do ar oscilaram entre 0 e 23 °C e as temperaturas máximas absolutas, entre 12,2 e 35,2 °C. As ocorrências de temperatura mínima e máxima, para o período da condução dos ensaios, foram em 13/06/2016 e 27/08/2016, e 17/07/2016 e 31/10/2016, respectivamente. A precipitação pluviométrica para o período foi de forma homogênea, com registro de máxima do período equivalente a 94,2 mm em 18/10/2016 (Figura 1).

Além de condições meteorológicas distintas, também foram observadas variações no ciclo de cultivo das cultivares entre as épocas. O número de dias da emergência até o florescimento diferiu entre as cultivares BRS Progresso e Temprano em 45, 38, 25, 29 e 33 dias, respectivamente, para as épocas 1, 2, 3, 4 e 5 (Tabela 1). No decorrer da época 1 até a 5, foi constatado dentro de cada cultivar, redução do número de dias até o florescimento. Estudos em ensaios com espécies forrageiras de inverno, entre elas o centeio, Ferrazza et al. (2013) encontraram redução no número de dias em épocas de semeadura mais tardias, quando comparadas às semeaduras precoces. Ao descreverem aspectos da cultura de centeio, Mori et al. (2013) relataram o uso de cultivares que apresentam menor ciclo de cultivo no Brasil e, conseqüentemente, menor tempo para acúmulo de reservas durante a fase vegetativa, pelo fato do número de horas de frio ser insuficiente para o desenvolvimento e crescimento das cultivares inverniais.

Tabela 1 - Época e data de semeadura, data de emergência, número de dias até a emergência, data de florescimento e número de dias até o florescimento, em ensaios de uniformidade compostos por duas cultivares de centeio (*Secale cereale* L.), BRS Progresso (PROG) e Temprano (TEMP), na safra de 2016, em Santa Maria – RS.

Época	Semeadura	Emergência		Dias até a emergência		Florescimento		Dias até o florescimento	
		PROG	TEMP	PROG	TEMP	PROG	TEMP	PROG	TEMP
1	03/05/16	09/05/16	10/05/16	6	7	08/08/16	22/09/16	97	142
2	25/05/16	01/06/16	02/06/16	7	8	26/08/16	03/10/16	93	131
3	07/06/16	17/06/16	20/06/16	10	13	15/09/16	10/10/16	100	125
4	22/06/16	29/06/16	01/07/16	7	9	22/09/16	21/10/16	92	121
5	04/07/16	10/07/16	12/07/16	6	8	29/09/16	01/11/16	87	120

Em relação aos dados de massas de matéria fresca e seca de centeio, houve variação nas estimativas de média (m), variância (s^2) e coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (ρ) nos ensaios de uniformidade (Tabela 2). Essa variação é importante para o estudo do tamanho ótimo de parcela e do número de repetições (CARGNELUTTI FILHO et al., 2015).

Tabela 2 - Média (m), variância (s^2), coeficiente de variação do ensaio (CVensaio, em %), coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (ρ), tamanho ótimo de parcela (X_o , em m^2) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CV_{X_o} , em %), para o caractere massa de matéria fresca, em gramas, por unidade experimental básica de $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ (1 m^2) em ensaios com as cultivares BRS Progresso (PROG) e Temprano (TEMP) de centeio (*Secale cereale* L.), realizadas em cinco épocas de semeadura, safra 2016, em Santa Maria – RS.

Massa de matéria fresca						
Época	m (g)		s^2		CVensaio (%)	
	PROG	TEMP	PROG	TEMP	PROG	TEMP
1	2035,93 Da	1994,17 Ba	70285,41 Ba	106091,11 Ba	13,07 Aa	16,02 Aa
2	3570,90 Aa	2637,21 Ab	264379,92 Aa	224831,61 Aa	14,34 Aa	17,91 Aa
3	3082,29 Ba	3146,15 Aa	182745,31 Aa	146418,84 Aa	13,81 Aa	12,16 Aa
4	2703,71 Ca	2535,13 Aa	201964,96 Aa	196470,43 Aa	16,33 Aa	17,83 Aa
5	3042,22 Ba	1715,36 Bb	202054,86 Aa	54083,67 Bb	14,67 Aa	13,46 Aa
Média	2887,01	2405,60	184286,09	145579,13	14,44	15,47
Época	ρ		X_o (m^2)		CV_{X_o} (%)	
	PROG	TEMP	PROG	TEMP	PROG	TEMP
1	0,21 Aa	0,19 Aa	3,18 Aa	3,45 Aa	7,10 Aa	7,72 Aa
2	-0,27 Bb	0,28 Aa	3,35 Aa	3,85 Aa	7,49 Aa	8,61 Aa
3	-0,04 Ab	0,18 Aa	3,34 Aa	3,05 Aa	7,48 Aa	6,83 Aa
4	0,08 Aa	0,33 Aa	3,73 Aa	3,71 Aa	8,33 Aa	8,29 Aa
5	0,14 Aa	0,09 Aa	3,47 Aa	3,18 Aa	7,77 Aa	7,11 Aa
Média			3,41	3,45	7,63	7,71
Massa de matéria seca						
Época	m (g)		s^2		CVensaio (%)	
	PROG	TEMP	PROG	TEMP	PROG	TEMP
1	475,26 Da	561,83 Ba	4209,18 Cb	11652,49 Aa	13,62 Aa	18,94 Aa
2	594,87 Cb	844,66 Aa	9671,28 Ba	26879,95 Aa	16,45 Aa	19,01 Aa
3	720,64 Ab	847,77 Aa	16205,89 Aa	17526,39 Aa	17,49 Aa	15,38 Aa
4	663,50 Ba	717,19 Aa	16551,22 Aa	18252,73 Aa	19,25 Aa	19,11 Aa
5	742,55 Aa	520,35 Bb	19504,82 Aa	6231,28 Ab	18,67 Aa	14,99 Aa
Média	639,37	698,36	13228,48	16108,57	17,10	17,48
Época	ρ		X_o (m^2)		CV_{X_o} (%)	
	PROG	TEMP	PROG	TEMP	PROG	TEMP
1	0,16 Aa	0,18 Aa	3,29 Ab	3,93 Aa	7,35 Ab	8,78 Aa
2	-0,07 Aa	0,23 Aa	3,69 Aa	4,03 Aa	8,25 Aa	9,02 Aa
3	0,10 Aa	0,10 Aa	3,88 Aa	3,55 Aa	8,67 Aa	7,94 Aa
4	0,12 Aa	0,19 Aa	4,17 Aa	4,07 Aa	9,34 Aa	9,10 Aa
5	0,06 Aa	0,10 Aa	4,10 Aa	3,45 Aa	9,17 Aa	7,72 Aa
Média			3,83	3,81	8,56	8,51

Para cada estatística (m, s^2 , CVensaio, ρ , X_o e CV_{X_o}) as médias que não são seguidas pela mesma letra, minúscula na linha (comparação de médias entre cultivares em cada época) e maiúsculas na coluna (comparação de médias entre as épocas em cada cultivar), diferem com probabilidade de 5% pelo teste Scott-Knott via análise de *bootstrap* com 20.000 reamostragem.

Pode-se concluir a partir da análise dos caracteres massas de matéria fresca e seca, que a cultivar Temprano apresentou maior produção de massa de matéria seca entre épocas de

semeadura quando comparada com a cultivar BRS Progresso (Tabela 2). O mesmo não foi possível ser detectado para a massa de matéria fresca.

Os valores médios de massa de matéria fresca de centeio obtidos no florescimento, oscilaram de 17.153,6 (Temprano - Época 5) a 35.709,0 kg ha⁻¹ (BRS Progresso - Época 2). Já os valores médios de massa de matéria seca de centeio obtidos no florescimento, oscilaram de 4.752,6 (BRS Progresso - Época 1) a 8.477,7 kg ha⁻¹ (Temprano - Época 3). Ao estudar cereais de inverno submetidos ao corte no sistema duplo propósito, Bortolini et al. (2004) observaram rendimento de matéria seca em centeio de 1.906,5 kg ha⁻¹ com um corte e 2.738,6 kg ha⁻¹ com dois cortes. Lehmen et al. (2014) observaram rendimento de biomassa ensilável em centeio igual a 13.448 kg ha⁻¹. Fontaneli et al. (2009) ao trabalharem com cereais de inverno de duplo propósito obtiveram rendimento de matéria seca total (forragem + silagem) para as cultivares BR 1 e BRS Serrano de 7.725 e 10.773 kg ha⁻¹, respectivamente. Em estudo semelhante, Meinerz et al. (2011) verificaram rendimento de matéria seca igual a 12.136 e 9.058 kg ha⁻¹ para as cultivares BR 1 e BRS Serrano, respectivamente. Com o objetivo de avaliar o potencial de plantas de cobertura de ciclo hibernal na proteção do solo, Ziech et al. (2015) observaram produção de matéria seca em centeio igual a 4.067 kg ha⁻¹ e 4.563 kg ha⁻¹, respectivamente no primeiro e segundo ano agrícola.

Os valores médios do CVensaio apresentaram uma pequena variação, de 12,16 a 17,91% e de 13,62 a 19,25%, respectivamente, para os caracteres massa de matéria fresca e seca. Esses valores médios de coeficientes de variação dos ensaios não diferiram estatisticamente entre épocas de semeadura e entre cultivares. Também não foi verificado diferença estatística entre as médias de CV_{Xo} entre épocas de semeadura e entre cultivares, exceto para o caractere massa de matéria seca, onde foi observado diferença entre as cultivares BRS Progresso e Temprano na época 1.

A redução significativa nos valores referentes aos coeficientes de variação do ensaio para os coeficientes de variação no tamanho ótimo de parcela comprova os ganhos em precisão experimental na utilização do tamanho ótimo de parcela (Tabela 2).

O comportamento observado de aumento nos valores médios de variância tem reflexo direto no aumento de X_o. Deste modo, é possível observar a relação direta entre o tamanho ótimo de parcela, a variância e a média. De forma semelhante, o comportamento de CV_{Xo}, está relacionado com o comportamento de aumento ou redução de ρ , s^2 , m , X_o. Os valores médios de X_o observados para as estimativas de massa de matéria fresca oscilaram de 3,05 m² (Temprano - Época 3) a 3,85 m² (Temprano - Época 2) e para a massa de matéria seca, de 3,29 m² (BRS Progresso - Época 1) a 4,17 m² (BRS Progresso - Época 4).

As estimativas de X_o para avaliar o caractere massa de matéria fresca de centeio não diferiram significativamente entre os ensaios. Já para o caractere massa de matéria seca, foi

observado diferença significativa entre as cultivares, com superioridade Temprano sobre BRS Progresso na Época 1. Deste modo, sugere-se utilizar o valor médio de X_0 para avaliar os caracteres massas de matéria fresca e seca para as duas cultivares e em épocas de avaliação. Sendo assim, os valores determinados de X_0 são 3,43 e 3,82 m² para os caracteres massas de matéria fresca e seca, respectivamente. Avaliando a produtividade de grãos em centeio, Chaves et al. (2018) determinaram X_0 de 6,08 m² e observaram variabilidade no tamanho ótimo de parcela para avaliar a produtividade de grãos entre cultivares e entre as épocas de semeadura. Segundo os autores, essa variação pode ser atribuída ao fato da cultura apresentar maior desuniformidade quanto ao espigamento e maturação final (NASCIMENTO JUNIOR, 2014).

Em culturas pertencentes à família Poaceae, os resultados obtidos quanto ao tamanho ótimo de parcela são variáveis. Na cultura do arroz, Masood e Raza (2012) estimaram o tamanho ótimo de parcela com dimensões 6 m × 3 m (18 m²). Em trigo, Al-Feel e Abdulaah (2013) não recomendam avaliar o rendimento com parcelas menores que 42 m². Para avaliar a massa verde de aveia preta, Cargnelutti Filho et al. (2014) encontraram tamanho ótimo de parcela de 4,14 m², semelhante aos obtidos nesse estudo. Já em aveia branca, o tamanho ótimo de parcela de 1,57 m² é suficiente para avaliar a produtividade de grãos (LAVEZO et al., 2017).

Os tamanhos de parcela utilizados nos estudos conduzidos com centeio por Bortolini et al. (2004), Fontaneli et al. (2009), Meinerz, et al. (2011), Ferrazza et al. (2013), Souza et al. (2013), Lehmen et al. (2014), Auinger et al. (2016) e Hovary et al. (2016), foram superiores aos obtidos no presente trabalho, sugerindo confiabilidade nas informações publicadas pelos autores. Este fato mostra a importância de dimensionar o tamanho de parcela na cultura de centeio uma vez que os autores citados anteriormente poderiam ter economizado recursos financeiros, mão de obra e tempo na condução de seus experimentos, sem comprometer a precisão de seus resultados com a redução do tamanho de parcela.

O número de repetições para avaliar a massa de matéria fresca de centeio, em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i = 3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d = 10, 11, \dots, 20\%$), oscilou entre 2,96 (3 tratamentos e $d = 20\%$) e 18,90 (50 tratamentos e $d = 10\%$) para experimentos no delineamento inteiramente casualizado (DIC) (Tabela 3), e entre 2,57 (3 tratamentos e $d = 20\%$) e 18,90 (50 tratamentos e $d = 10\%$), para experimentos no delineamento blocos ao acaso (DBA) (Tabela 4).

Tabela 3 - Número de repetições, para experimentos no delineamento inteiramente casualizado, em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i = 3, 4, \dots,$

50) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d = 10, 11, \dots, 20\%$), para avaliar a massa de matéria fresca de centeio (*Secale cereale*), a partir de tamanho ótimo de parcela ($X_o = 3,43 \text{ m}^2$) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela ($CV_{X_o} = 7,67\%$).

i	d (%)										
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	7,55	6,45	5,61	4,96	4,46	4,05	3,70	3,44	3,20	2,99	2,96
4	8,68	7,34	6,33	5,55	4,93	4,44	4,03	3,70	3,43	3,19	3,00
5	9,54	8,04	6,89	6,00	5,30	4,74	4,29	3,91	3,59	3,34	3,12
6	10,25	8,60	7,35	6,38	5,61	5,00	4,50	4,08	3,74	3,45	3,21
7	10,86	9,09	7,75	6,71	5,88	5,22	4,69	4,24	3,87	3,56	3,30
8	11,38	9,51	8,09	6,99	6,12	5,42	4,85	4,38	3,99	3,66	3,38
9	11,85	9,89	8,40	7,25	6,33	5,60	5,00	4,50	4,09	3,75	3,45
10	12,27	10,23	8,68	7,48	6,52	5,76	5,13	4,62	4,19	3,83	3,52
11	12,65	10,54	8,93	7,69	6,70	5,91	5,26	4,73	4,28	3,90	3,59
12	12,99	10,82	9,17	7,88	6,86	6,04	5,37	4,82	4,36	3,98	3,65
13	13,32	11,08	9,38	8,06	7,01	6,17	5,48	4,92	4,44	4,04	3,70
14	13,62	11,32	9,58	8,23	7,15	6,29	5,59	5,00	4,52	4,11	3,76
15	13,90	11,55	9,77	8,38	7,29	6,40	5,68	5,08	4,59	4,17	3,81
16	14,16	11,76	9,95	8,53	7,41	6,51	5,77	5,16	4,65	4,22	3,86
17	14,41	11,97	10,11	8,67	7,53	6,61	5,86	5,24	4,72	4,28	3,91
18	14,64	12,16	10,27	8,80	7,64	6,70	5,94	5,31	4,78	4,33	3,95
19	14,86	12,34	10,42	8,93	7,75	6,79	6,02	5,37	4,83	4,38	4,00
20	15,07	12,51	10,56	9,05	7,85	6,88	6,09	5,44	4,89	4,43	4,04
21	15,27	12,67	10,70	9,16	7,94	6,96	6,16	5,50	4,94	4,48	4,08
22	15,46	12,83	10,83	9,27	8,04	7,04	6,23	5,56	4,99	4,52	4,12
23	15,65	12,98	10,95	9,37	8,12	7,12	6,29	5,61	5,04	4,56	4,15
24	15,82	13,12	11,07	9,47	8,21	7,19	6,36	5,67	5,09	4,60	4,19
25	15,99	13,26	11,19	9,57	8,29	7,26	6,42	5,72	5,14	4,64	4,22
26	16,15	13,39	11,30	9,66	8,37	7,33	6,47	5,77	5,18	4,68	4,26
27	16,31	13,52	11,40	9,75	8,45	7,39	6,53	5,82	5,22	4,72	4,29
28	16,46	13,65	11,51	9,84	8,52	7,46	6,59	5,87	5,26	4,75	4,32
29	16,61	13,77	11,61	9,92	8,59	7,52	6,64	5,91	5,30	4,79	4,35
30	16,75	13,88	11,70	10,01	8,66	7,58	6,69	5,96	5,34	4,82	4,38
31	16,89	13,99	11,79	10,08	8,73	7,63	6,74	6,00	5,38	4,86	4,41
32	17,02	14,10	11,89	10,16	8,79	7,69	6,79	6,04	5,42	4,89	4,44
33	17,15	14,21	11,97	10,23	8,86	7,74	6,83	6,08	5,45	4,92	4,47
34	17,27	14,31	12,06	10,31	8,92	7,80	6,88	6,12	5,49	4,95	4,49
35	17,40	14,41	12,14	10,38	8,98	7,85	6,92	6,16	5,52	4,98	4,52
36	17,51	14,51	12,22	10,44	9,03	7,90	6,97	6,20	5,55	5,01	4,55
37	17,63	14,60	12,30	10,51	9,09	7,95	7,01	6,24	5,59	5,04	4,57
38	17,74	14,69	12,38	10,58	9,15	7,99	7,05	6,27	5,62	5,07	4,60
39	17,85	14,78	12,45	10,64	9,20	8,04	7,09	6,31	5,65	5,09	4,62
40	17,96	14,87	12,53	10,70	9,25	8,09	7,13	6,34	5,68	5,12	4,64
41	18,06	14,96	12,60	10,76	9,30	8,13	7,17	6,37	5,71	5,15	4,67
42	18,16	15,04	12,67	10,82	9,35	8,17	7,21	6,41	5,74	5,17	4,69
43	18,26	15,12	12,73	10,88	9,40	8,21	7,24	6,44	5,77	5,20	4,71
44	18,36	15,20	12,80	10,93	9,45	8,26	7,28	6,47	5,79	5,22	4,73

45	18,46	15,28	12,87	10,99	9,50	8,30	7,31	6,50	5,82	5,24	4,75
46	18,55	15,36	12,93	11,04	9,54	8,34	7,35	6,53	5,85	5,27	4,77
47	18,64	15,43	12,99	11,09	9,59	8,38	7,38	6,56	5,87	5,29	4,79
48	18,73	15,50	13,05	11,15	9,63	8,41	7,42	6,59	5,90	5,31	4,81
49	18,82	15,58	13,11	11,20	9,68	8,45	7,45	6,62	5,92	5,34	4,83
50	18,90	15,65	13,17	11,25	9,72	8,49	7,48	6,65	5,95	5,36	4,85

Tabela 4 - Número de repetições, para experimentos no delineamento blocos ao acaso, em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i = 3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d = 10, 11, \dots, 20\%$), para avaliar a massa de matéria fresca de centeio (*Secale cereale*), a partir de tamanho ótimo de parcela ($X_0 = 3,43 \text{ m}^2$) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela ($CV_{X_0} = 7,67\%$).

i	d (%)										
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	8,04	6,94	6,08	5,43	4,93	4,48	4,14	3,80	3,42	2,99	2,57
4	8,96	7,63	6,61	5,83	5,21	4,71	4,30	3,97	3,68	3,45	3,22
5	9,73	8,22	7,08	6,19	5,49	4,93	4,47	4,10	3,78	3,52	3,30
6	10,39	8,74	7,49	6,52	5,75	5,13	4,63	4,22	3,88	3,59	3,34
7	10,96	9,19	7,85	6,81	5,98	5,32	4,78	4,34	3,97	3,66	3,40
8	11,46	9,59	8,17	7,07	6,20	5,50	4,93	4,46	4,07	3,74	3,46
9	11,91	9,95	8,47	7,31	6,40	5,66	5,06	4,57	4,16	3,81	3,52
10	12,32	10,28	8,73	7,53	6,58	5,81	5,19	4,67	4,24	3,88	3,57
11	12,69	10,58	8,98	7,73	6,75	5,95	5,31	4,77	4,33	3,95	3,63
12	13,03	10,86	9,20	7,92	6,90	6,08	5,41	4,86	4,40	4,02	3,69
13	13,35	11,11	9,41	8,09	7,05	6,20	5,52	4,95	4,48	4,08	3,74
14	13,64	11,35	9,61	8,26	7,18	6,32	5,61	5,03	4,55	4,14	3,79
15	13,92	11,58	9,79	8,41	7,31	6,43	5,71	5,11	4,61	4,19	3,84
16	14,18	11,79	9,97	8,55	7,43	6,53	5,79	5,19	4,68	4,25	3,88
17	14,43	11,99	10,13	8,69	7,55	6,63	5,88	5,26	4,74	4,30	3,93
18	14,66	12,17	10,29	8,82	7,66	6,72	5,96	5,32	4,80	4,35	3,97
19	14,88	12,35	10,44	8,94	7,76	6,81	6,03	5,39	4,85	4,40	4,01
20	15,09	12,52	10,58	9,06	7,86	6,89	6,11	5,45	4,91	4,45	4,05
21	15,29	12,69	10,71	9,17	7,96	6,98	6,17	5,51	4,96	4,49	4,09
22	15,48	12,84	10,84	9,28	8,05	7,05	6,24	5,57	5,01	4,53	4,13
23	15,66	12,99	10,96	9,39	8,14	7,13	6,31	5,62	5,06	4,57	4,17
24	15,83	13,13	11,08	9,49	8,22	7,20	6,37	5,68	5,10	4,62	4,20
25	16,00	13,27	11,20	9,58	8,30	7,27	6,43	5,73	5,15	4,65	4,24
26	16,16	13,40	11,31	9,67	8,38	7,34	6,48	5,78	5,19	4,69	4,27
27	16,32	13,53	11,41	9,76	8,46	7,40	6,54	5,83	5,23	4,73	4,30
28	16,47	13,65	11,51	9,85	8,53	7,46	6,59	5,87	5,27	4,76	4,33
29	16,62	13,77	11,61	9,93	8,60	7,52	6,65	5,92	5,31	4,80	4,36
30	16,76	13,89	11,71	10,01	8,67	7,58	6,70	5,96	5,35	4,83	4,39
31	16,89	14,00	11,80	10,09	8,73	7,64	6,75	6,01	5,39	4,86	4,42
32	17,03	14,11	11,89	10,17	8,80	7,70	6,79	6,05	5,42	4,90	4,45
33	17,16	14,21	11,98	10,24	8,86	7,75	6,84	6,09	5,46	4,93	4,47
34	17,28	14,32	12,06	10,31	8,92	7,80	6,89	6,13	5,49	4,96	4,50
35	17,40	14,42	12,15	10,38	8,98	7,85	6,93	6,17	5,53	4,99	4,53
36	17,52	14,51	12,23	10,45	9,04	7,90	6,97	6,20	5,56	5,02	4,55

37	17,63	14,61	12,31	10,52	9,10	7,95	7,02	6,24	5,59	5,04	4,58
38	17,75	14,70	12,38	10,58	9,15	8,00	7,06	6,28	5,62	5,07	4,60
39	17,86	14,79	12,46	10,64	9,20	8,04	7,10	6,31	5,65	5,10	4,63
40	17,96	14,88	12,53	10,70	9,26	8,09	7,14	6,35	5,68	5,12	4,65
41	18,07	14,96	12,60	10,76	9,31	8,13	7,17	6,38	5,71	5,15	4,67
42	18,17	15,04	12,67	10,82	9,36	8,18	7,21	6,41	5,74	5,18	4,69
43	18,27	15,13	12,74	10,88	9,41	8,22	7,25	6,44	5,77	5,20	4,72
44	18,36	15,21	12,80	10,94	9,45	8,26	7,28	6,47	5,80	5,22	4,74
45	18,46	15,28	12,87	10,99	9,50	8,30	7,32	6,50	5,82	5,25	4,76
46	18,55	15,36	12,93	11,04	9,55	8,34	7,35	6,53	5,85	5,27	4,78
47	18,64	15,43	13,00	11,10	9,59	8,38	7,39	6,56	5,88	5,29	4,80
48	18,73	15,51	13,06	11,15	9,64	8,42	7,42	6,59	5,90	5,32	4,82
49	18,82	15,58	13,12	11,20	9,68	8,45	7,45	6,62	5,93	5,34	4,84
50	18,90	15,65	13,17	11,25	9,72	8,49	7,48	6,65	5,95	5,36	4,86

Já para avaliação da massa de matéria seca de centeio, o número de repetições variou entre 3,23 (3 tratamentos e $d = 20\%$) e 23,35 (50 tratamentos e $d = 10\%$), e entre 3,40 (3 tratamentos e $d = 20\%$) e 23,35 (50 tratamentos e $d = 10\%$), respectivamente, para experimentos no delineamento inteiramente casualizado (DIC) (Tabela 5) e delineamento blocos ao acaso (DBA) (Tabela 6). Deste modo, para experimentos utilizando os delineamentos DIC ou DBA, com d fixo, há acréscimo no número de repetições necessárias com o aumento do número de tratamentos. A medida que aumenta-se o número de tratamentos, a diferença observada no número de repetições necessárias para experimentos em DIC e DBA é pouco expressiva, até o momento em que o número de repetições para experimentos utilizando os delineamentos inteiramente casualizados e blocos ao acaso se igualam.

Tabela 5 - Número de repetições, para experimentos no delineamento inteiramente casualizado, em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i = 3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d = 10, 11, \dots, 20\%$), para avaliar a massa de matéria seca de centeio (*Secale cereale*), a partir de tamanho ótimo de parcela ($X_0 = 3,82 \text{ m}^2$) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela ($CV_{X_0} = 8,53\%$).

i	d (%)										
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	9,07	7,70	6,66	5,85	5,21	4,70	4,29	3,94	3,65	3,43	3,23
4	10,51	8,85	7,60	6,62	5,85	5,23	4,73	4,31	3,97	3,68	3,43
5	11,61	9,74	8,32	7,22	6,34	5,64	5,08	4,60	4,21	3,88	3,60
6	12,51	10,47	8,92	7,71	6,76	5,99	5,36	4,85	4,42	4,06	3,75
7	13,28	11,09	9,42	8,13	7,11	6,28	5,61	5,06	4,60	4,21	3,88
8	13,94	11,62	9,86	8,50	7,42	6,54	5,83	5,25	4,76	4,34	3,99
9	14,53	12,10	10,26	8,82	7,69	6,78	6,03	5,41	4,90	4,47	4,10
10	15,05	12,53	10,61	9,12	7,94	6,99	6,21	5,57	5,03	4,58	4,20
11	15,53	12,92	10,93	9,39	8,17	7,18	6,37	5,71	5,15	4,69	4,29

12	15,97	13,28	11,23	9,64	8,37	7,36	6,53	5,84	5,27	4,78	4,37
13	16,38	13,61	11,50	9,86	8,57	7,52	6,67	5,96	5,37	4,87	4,45
14	16,75	13,91	11,76	10,08	8,75	7,68	6,80	6,08	5,47	4,96	4,53
15	17,10	14,20	11,99	10,28	8,92	7,82	6,92	6,18	5,56	5,04	4,60
16	17,43	14,47	12,22	10,46	9,07	7,96	7,04	6,28	5,65	5,12	4,66
17	17,74	14,72	12,43	10,64	9,22	8,08	7,15	6,38	5,73	5,19	4,73
18	18,03	14,96	12,62	10,81	9,37	8,21	7,26	6,47	5,81	5,26	4,79
19	18,31	15,19	12,81	10,97	9,50	8,32	7,36	6,56	5,89	5,32	4,84
20	18,57	15,40	12,99	11,12	9,63	8,43	7,45	6,64	5,96	5,39	4,90
21	18,83	15,61	13,16	11,26	9,75	8,54	7,54	6,72	6,03	5,45	4,95
22	19,07	15,80	13,33	11,40	9,87	8,64	7,63	6,79	6,10	5,51	5,00
23	19,29	15,99	13,48	11,53	9,98	8,73	7,71	6,87	6,16	5,56	5,05
24	19,51	16,17	13,63	11,66	10,09	8,82	7,79	6,94	6,22	5,62	5,10
25	19,73	16,35	13,78	11,78	10,19	8,91	7,87	7,00	6,28	5,67	5,15
26	19,93	16,51	13,92	11,89	10,29	9,00	7,94	7,07	6,34	5,72	5,19
27	20,12	16,67	14,05	12,01	10,39	9,08	8,01	7,13	6,39	5,77	5,23
28	20,31	16,83	14,18	12,12	10,48	9,16	8,08	7,19	6,44	5,81	5,27
29	20,50	16,98	14,30	12,22	10,57	9,24	8,15	7,25	6,50	5,86	5,31
30	20,67	17,12	14,42	12,32	10,66	9,31	8,22	7,31	6,55	5,90	5,35
31	20,84	17,26	14,54	12,42	10,74	9,39	8,28	7,36	6,59	5,94	5,39
32	21,01	17,40	14,65	12,52	10,82	9,46	8,34	7,42	6,64	5,99	5,43
33	21,17	17,53	14,76	12,61	10,90	9,53	8,40	7,47	6,69	6,03	5,46
34	21,33	17,66	14,87	12,70	10,98	9,59	8,46	7,52	6,73	6,07	5,50
35	21,48	17,78	14,97	12,79	11,06	9,66	8,51	7,57	6,77	6,10	5,53
36	21,62	17,90	15,08	12,87	11,13	9,72	8,57	7,62	6,82	6,14	5,57
37	21,77	18,02	15,17	12,96	11,20	9,78	8,62	7,66	6,86	6,18	5,60
38	21,91	18,14	15,27	13,04	11,27	9,84	8,67	7,71	6,90	6,21	5,63
39	22,04	18,25	15,36	13,12	11,34	9,90	8,73	7,75	6,94	6,25	5,66
40	22,18	18,36	15,45	13,19	11,40	9,96	8,77	7,80	6,98	6,28	5,69
41	22,31	18,46	15,54	13,27	11,47	10,01	8,82	7,84	7,01	6,32	5,72
42	22,43	18,57	15,63	13,34	11,53	10,07	8,87	7,88	7,05	6,35	5,75
43	22,56	18,67	15,71	13,42	11,59	10,12	8,92	7,92	7,09	6,38	5,78
44	22,68	18,77	15,80	13,49	11,65	10,17	8,96	7,96	7,12	6,41	5,80
45	22,80	18,87	15,88	13,55	11,71	10,22	9,01	8,00	7,15	6,44	5,83
46	22,91	18,96	15,96	13,62	11,77	10,27	9,05	8,04	7,19	6,47	5,86
47	23,02	19,06	16,04	13,69	11,82	10,32	9,09	8,07	7,22	6,50	5,88
48	23,14	19,15	16,11	13,75	11,88	10,37	9,13	8,11	7,25	6,53	5,91
49	23,24	19,24	16,19	13,82	11,93	10,42	9,17	8,15	7,28	6,56	5,94
50	23,35	19,32	16,26	13,88	11,99	10,46	9,21	8,18	7,32	6,58	5,96

Tabela 6 - Número de repetições, para experimentos no delineamento blocos ao acaso, em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i = 3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d = 10, 11, \dots, 20\%$), para avaliar a massa de matéria seca de centeio (*Secale cereale*), a partir de tamanho ótimo de parcela ($X_0 = 3,82 \text{ m}^2$) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela ($CV_{X_0} = 8,53\%$).

i	d (%)										
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	9,56	8,19	7,14	6,34	5,68	5,18	4,75	4,37	4,05	3,73	3,40

4	10,79	9,13	7,88	6,90	6,13	5,51	5,00	4,59	4,24	3,93	3,69
5	11,80	9,93	8,51	7,40	6,53	5,83	5,26	4,79	4,40	4,07	3,78
6	12,64	10,60	9,05	7,84	6,89	6,12	5,50	4,98	4,55	4,19	3,88
7	13,38	11,19	9,52	8,23	7,21	6,38	5,72	5,16	4,70	4,31	3,98
8	14,02	11,70	9,94	8,58	7,50	6,62	5,91	5,33	4,84	4,43	4,07
9	14,59	12,16	10,32	8,89	7,75	6,84	6,10	5,48	4,97	4,53	4,16
10	15,11	12,58	10,66	9,17	7,99	7,04	6,26	5,62	5,09	4,63	4,25
11	15,58	12,96	10,98	9,43	8,21	7,23	6,42	5,76	5,20	4,73	4,33
12	16,01	13,31	11,27	9,67	8,41	7,40	6,57	5,88	5,31	4,82	4,41
13	16,41	13,64	11,53	9,90	8,60	7,56	6,70	6,00	5,41	4,91	4,48
14	16,78	13,94	11,78	10,11	8,78	7,71	6,83	6,11	5,50	4,99	4,56
15	17,13	14,23	12,02	10,30	8,94	7,85	6,95	6,21	5,59	5,07	4,62
16	17,45	14,49	12,24	10,49	9,10	7,98	7,06	6,31	5,67	5,14	4,69
17	17,76	14,74	12,45	10,66	9,24	8,10	7,17	6,40	5,76	5,21	4,75
18	18,05	14,98	12,64	10,83	9,38	8,22	7,27	6,49	5,83	5,28	4,81
19	18,33	15,20	12,83	10,98	9,52	8,34	7,37	6,57	5,91	5,34	4,86
20	18,59	15,42	13,01	11,13	9,64	8,45	7,47	6,65	5,98	5,40	4,92
21	18,84	15,62	13,18	11,27	9,77	8,55	7,56	6,73	6,04	5,46	4,97
22	19,08	15,82	13,34	11,41	9,88	8,65	7,64	6,81	6,11	5,52	5,02
23	19,31	16,00	13,49	11,54	9,99	8,74	7,72	6,88	6,17	5,57	5,07
24	19,53	16,18	13,64	11,67	10,10	8,84	7,80	6,95	6,23	5,63	5,11
25	19,74	16,36	13,79	11,79	10,20	8,92	7,88	7,01	6,29	5,68	5,16
26	19,94	16,52	13,92	11,90	10,30	9,01	7,95	7,08	6,35	5,73	5,20
27	20,13	16,68	14,06	12,02	10,40	9,09	8,02	7,14	6,40	5,78	5,24
28	20,32	16,84	14,19	12,12	10,49	9,17	8,09	7,20	6,45	5,82	5,28
29	20,50	16,99	14,31	12,23	10,58	9,25	8,16	7,26	6,50	5,87	5,32
30	20,68	17,13	14,43	12,33	10,67	9,32	8,22	7,31	6,55	5,91	5,36
31	20,85	17,27	14,55	12,43	10,75	9,39	8,29	7,37	6,60	5,95	5,40
32	21,02	17,41	14,66	12,52	10,83	9,46	8,35	7,42	6,65	5,99	5,44
33	21,18	17,54	14,77	12,62	10,91	9,53	8,41	7,47	6,69	6,03	5,47
34	21,33	17,66	14,88	12,71	10,99	9,60	8,46	7,52	6,74	6,07	5,50
35	21,48	17,79	14,98	12,79	11,06	9,66	8,52	7,57	6,78	6,11	5,54
36	21,63	17,91	15,08	12,88	11,13	9,73	8,57	7,62	6,82	6,15	5,57
37	21,77	18,03	15,18	12,96	11,20	9,79	8,63	7,67	6,86	6,18	5,60
38	21,91	18,14	15,27	13,04	11,27	9,85	8,68	7,71	6,90	6,22	5,63
39	22,05	18,25	15,37	13,12	11,34	9,90	8,73	7,76	6,94	6,25	5,67
40	22,18	18,36	15,46	13,20	11,41	9,96	8,78	7,80	6,98	6,29	5,70
41	22,31	18,47	15,55	13,27	11,47	10,02	8,83	7,84	7,02	6,32	5,72
42	22,44	18,57	15,63	13,35	11,53	10,07	8,87	7,88	7,05	6,35	5,75
43	22,56	18,67	15,72	13,42	11,59	10,12	8,92	7,92	7,09	6,38	5,78
44	22,68	18,77	15,80	13,49	11,65	10,18	8,97	7,96	7,12	6,41	5,81
45	22,80	18,87	15,88	13,56	11,71	10,23	9,01	8,00	7,16	6,44	5,84
46	22,91	18,97	15,96	13,62	11,77	10,28	9,05	8,04	7,19	6,47	5,86
47	23,03	19,06	16,04	13,69	11,83	10,32	9,10	8,08	7,22	6,50	5,89
48	23,14	19,15	16,12	13,76	11,88	10,37	9,14	8,11	7,26	6,53	5,91
49	23,25	19,24	16,19	13,82	11,94	10,42	9,18	8,15	7,29	6,56	5,94
50	23,35	19,33	16,26	13,88	11,99	10,47	9,22	8,18	7,32	6,59	5,96

Por meio da expressão $d = \frac{q_{\alpha(i;GLE)CV}}{\sqrt{r}}$ é possível calcular a diferença mínima significativa (d) do teste Tukey, expressa em porcentagem da média do experimento. Supondo um experimento com $i = 50$ tratamentos, $\alpha = 0,05$, $CV_{X_0} = 7,67\%$ e $8,53\%$ para as massas de matéria fresca e seca de centeio, respectivamente e $r = 6$ repetições. Nessas condições foi obtido para massa de matéria fresca $d = 17,92\% \approx 18\%$ e para massa de matéria seca $d = 19,94\% \approx 20\%$. Vale ressaltar que menores valores de d indicam maior precisão experimental, ou seja, menores diferenças entre médias de tratamentos são consideradas significativas e vice-versa (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014).

Para avaliar a produtividade de grãos de centeio, Chaves et al. (2018) recomendam utilizar sete repetições, identificando diferenças significativo ($\alpha = 0,05$) entre médias de tratamentos de 29,65% da média do experimento para ambos os delineamentos experimentais. Em estudo realizado por Souza et al. (2013) foi utilizado número de repetições superior ao obtido no presente estudo. No entanto, Bortolini et al. (2004), Fontaneli et al. (2009), Meinerz et al. (2011), Ferrazza et al. (2013), Haffke et al. (2014), Lehmen et al. (2014) e Auinger et al. (2016), realizaram seus trabalhos utilizando número de repetições inferior ($r \leq 3$). Cabe ao pesquisador a escolha do número de repetições com base na precisão desejada e na disponibilidade de recursos, como por exemplo: área, mão de obra e tempo.

CONCLUSÕES

Não há variabilidade no tamanho ótimo de parcela para avaliar as massas de matéria fresca e seca entre as cultivares BRS Progresso e Temprano e entre épocas de semeadura na cultura de centeio.

Os tamanhos ótimos de parcela para avaliar as massas de matéria fresca e seca de centeio são, respectivamente, 3,43 e 3,82 m².

Seis repetições são suficientes para avaliar massas de matéria fresca e seca de centeio em experimentos com até 50 tratamentos, e possibilitam identificar, como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, diferenças entre médias de tratamentos de 18 e 20% da média do experimento, nos delineamentos inteiramente casualizado e blocos ao acaso, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-FEEL, M.A.; ABDULLAH, S.K.M. The impact of plot-size on the estimation of wheat yield in Sudan: The Case of New-Halfa Agricultural Scheme. **Agricultural Economics Working Paper Series**, n.2, 2013.

AUINGER, H.; SCHÖNLEBEN, M.; LEHERMEIER, C.; SCHMIDT, M.; KORZUN, V.; GEIGER, H.H.; PIEPHO, H.; GORDILLO, A.; WILDE, P.; BAUER, E.; SCHÖN, C. Model training across multiple breeding cycles significantly improves genomic prediction accuracy in rye (*Secale cereale* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, v.129, n.11, p.2043-2053, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00122-016-2756-5>.

BORTOLINI, P.C.; SANDINI, I.; CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A. Cereais de inverno submetidos ao corte no sistema duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.45-50, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982004000100007>.

BURIN, C.; CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B.M.; TOEBE, M.; KLEINPAUL J.A. Plot size and number of replicates in times of sowing and cuts of millet. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.2, p.119-127, 2016. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n2p119-127>.

CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B.M.; BURIN, C.; KLEINPAUL, J.A.; NEU, I.M.M.; SILVEIRA, D.L.; SIMÕES, F.M.; SPANHOLI, R.; MEDEIROS, L.B. Plot size and number of repetitions in forage pea. **Ciência Rural**, v.45, n.7, p.1174-1182, 2015. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141043>.

CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B.M.; FOLLMANN, D.N.; BEM, C.M. de; SCHABARUM, D.E.; STEFANELO, L.S.; WARTHA, C.A.; KLEINPAUL, J.A.; CHAVES, G.G.; ULIANA, D.B.; PEZZINI, R.V. Plot size and number of repetitions in vetch. **Bragantia**, v.76, n.2, p.178-188, 2017. <https://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.084>.

CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B.M.; TOEBE, M.; BURIN, C.; SANTOS, G.O. dos; FACCO, G.; NEU, I.M.M.; STEFANELLO, R.B. Tamanho de parcela e número de repetições em aveia preta. **Ciência Rural**, v.44, n.10, p.1732-1739, 2014. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131466>.

CHAVES, G.G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BEM, C.M. de; BANDEIRA, C.T.; SILVEIRA, D.L.; THOMASI, R.M. Plot size and number of replications for evaluation of the yield of grains in cultivars and dates of sowing of rye. **Journal of Agricultural Science**, v.10, n.1, p.122-132, 2018. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n1p122>.

FACCO, G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B.M.; LAVEZO, A.; FOLLMANN, D.N.; BEM, C.M.; SCHABARUM, D.E.; KLEINPAUL, J.A.; CHAVES, G.G.; SILVEIRA, D.L.; SIMÕES, F.M.; ULIANA, D.B.; WARTHA, C.A. Basic experimental unit and plot sizes with the method of maximum curvature of the coefficient of variation in sunn hemp. **African Journal of Agricultural Research**, v.12, n.6, p.415-423, 2017. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11814>.

FERRAZZA, J.M.; SOARES A.B.; MARTIN, T.N.; ASSMANN, A.L.; MIGLIORINI, F.; NICOLA, V. Dinâmica de produção de forragem de gramíneas anuais de inverno em diferentes épocas de semeadura. **Ciência Rural**, v.43, n.7, p.1174-1181, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013005000086>.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e agrotecnologia**, v.38, p.109-112, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.

FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; MINELLA, E.; CAIERÃO, E. Rendimento e valor nutritivo de cereais de inverno de duplo propósito: forragem verde e silagem ou grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2116-2120, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001100007>.

HAFFKE, S.; KUSTERER, B.; FROMME, F.J.; ROUX, S.; HACKAUF, B.; MIEDANER, T. Analysis of covariation of grain yield and dry matter yield for breeding dual use hybrid rye. **Bioenergy Research**, v.7, p.424-429, 2014. <https://doi.org/10.1007/s12155-013-9383-7>.

HELDWEIN, A.B.; BURIOL, G.A.; STRECK, N.A. O clima de Santa Maria. **Ciência e Ambiente**, v.38, p.43-58, 2009.

HOVARY, C.; DANEHOWER, D.A.; MA, G.; REBERG-HORTON, C.; WILLIAMSON, J.D.; BAERSON, S.R.; BURTON, J.D. Phytotoxicity and benzoxazinone concentration in field grown cereal rye (*Secale cereale* L.). **International Journal of Agronomy**, v.2016, p.11, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/6463826>.

LACERDA, M.J.R.; FREITAS, K.R.; SILVA, J.W. Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional. **Bioscience Journal**, v.25, n.3, p.185-190, 2009. <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6901/4569>.

LAVEZO, A.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BEM, C.M., BURIN, C.; KLEINPAUL, J.A.; PEZZINI, R.V. Plot size and number of replications to evaluate the grain yield in oat cultivars. **Bragantia**, v.76, n.4, p.512-520, 2017. <https://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.2016.410>.

LEHMEN, R.I.; FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. Rendimento, valor nutritivo e características fermentativas de silagens de cereais de inverno. **Ciência Rural**, v.44, n.7, p.1180-1185, 2014. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130840>.

MASOOD, M.A.; RAZA, I. Estimation of optimum field plot size and shape in paddy yield trial. **American-Eurasian Journal of Scientific Research**, v.7, n.6, p.264-269, 2012. <https://doi.org/10.5829/idosi.aejr.2012.7.6.1926>.

MEINERZ, G.R.; OLIVO, C.J.; VIÉGAS, J.; NÖRNBERG, J.L.; AGNOLIN, C.A.; SCHEIBLER, R.B.; HORST, T.; FONTANELI, R.S. Silagem de cereais de inverno submetidos ao manejo de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.10, p.2097-2104, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001000005>.

MORI, C. de; NASCIMENTO JUNIOR, A.; MIRANDA, M.Z. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura do centeio no mundo e no Brasil**. Embrapa Trigo, Passo Fundo, 2013. 26p.

NASCIMENTO JUNIOR, A. **Cultivo de centeio**. 3.ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014.

PARANAÍBA, P.F.; FERREIRA, D.F.; MORAIS, A.R. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**, v.27, n.2,

p.255-268, 2009. http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v27/v27_n2/Patricia.pdf. 02 Jul. 2017.

SANTOS, G.O.; CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B.M.; BURIN, C.; FACCO, G.; TOEBE, M.; KLEINPAUL, J.A.; NEU, I.M.M.; STEFANELLO, R.B. Tamanho de parcela e número de repetições em feijão guandu. **Ciência Rural**, v.46, n.1, p.44-52, 2016. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150124>.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2013. 353p.

SCHLEGEL, R.H.J. **Rye: genetics, breeding and cultivation**. CRC Press, Boca Raton, USA, 2013, 387p.

SOUZA, M.; COMIN, J.C.; LEGUIZAMÓN, E.S.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; JÚNIOR, V.M.; VENTURA, B.; CAMARGO, A.P. Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. **Ciência Rural**, v.43, n.1, p.21-27, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000150>.

STORCK, L.; GARCIA, D.C.; LOPES, S.J.; ESTEFANEL, V. **Experimentação vegetal**. 3. ed. Santa Maria: UFSM, 2016. 198p.

ZIECH, A.R.D.; CONCEIÇÃO, P.C.; LUCHESE, A.V.; BALIN, N.M.; CANDIOTTO, G.; GARMUS, T.G. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.5, p.374-382, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000500004>.

4 ARTIGO II - TAMANHO DE PARCELA E NÚMERO DE REPETIÇÕES PARA AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS EM ÉPOCAS DE SEMEADURA E CULTIVARES DE CENTEIO

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram determinar o tamanho ótimo de parcela (X_o) e o número de repetições para avaliar a produtividade de grãos de centeio (*Secale cereale* L.) e investigar a variabilidade do X_o entre duas cultivares e três épocas de semeadura. Foram conduzidos 18 ensaios de uniformidade com centeio. O X_o foi determinado pelo método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação. O número de repetições foi determinado em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i = 3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 0,05 de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em porcentagem da média do experimento ($d = 10, 12, \dots, 30\%$). O tamanho ótimo de parcela para avaliar a produtividade de grãos de centeio é $6,08 \text{ m}^2$. Sete repetições são suficientes para avaliar a produtividade de grãos, em experimentos com até 50 tratamentos, e identificar, como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, diferenças entre médias de tratamentos de 29,65% da média do experimento, nos delineamentos inteiramente casualizado e blocos ao acaso.

Palavras-chave: *Secale cereale* L., ensaios de uniformidade, planejamento experimental.

PLOT SIZE AND NUMBER OF REPLICATIONS FOR EVALUATION OF THE YIELD OF GRAINS IN CULTIVARS AND DATES OF SOWING OF RYE

ABSTRACT

The objectives of this study were to determine the optimum plot size (X_o) and the number of replications to evaluate the grains yield of rye (*Secale cereale* L.) and investigate the variability of X_o between two cultivars and three sowing dates. Eighteen uniformity trials were conducted with rye. The X_o was determined by the method of maximum curvature of the coefficient of variation model. The number of repetitions was determined in scenarios formed by combinations of i treatments ($i = 3, 4, \dots, 50$) and d minimum differences between means of treatments to be detected as significant at 0.05 of probability, by Tukey test, expressed in percentage of the average of the experiment ($d = 10, 12, \dots, 30\%$). There is variability in optimum plot size to evaluate the grains yield among the cultivars BRS Progresso and Temprano and among sowing dates in the rye crop. The optimum plot size to evaluate the grains yield of rye is 6.08 m^2 . Seven replications are sufficient to evaluate the grains yield of rye in experiments with up to 50 treatments, and identify, as significant at 5% probability by Tukey test, differences among averages of treatments of 29.65% of the mean of the experiment in designs completely randomized and randomized block.

Keywords: *Secale cereale* L., uniformity trials, experiment planning.

INTRODUÇÃO

O centeio (*Secale cereale* L.) é uma cultura de inverno pertencente à família Poaceae (HOFFMANN et al., 1970) e apresenta ampla distribuição geográfica devido aos diversos eventos de domesticação (ZOHARY; HOPF, 2000). A cultura apresenta-se como uma alternativa de exploração agrícola com grande potencial de expansão. Segundo Mori et al. (2013), o avanço na produtividade de cultivares de centeio pode ser resultado de um esforço iniciado na década de 1970, resgatando e preservando populações cultivadas. No entanto, de acordo com Nascimento Junior (2014), a cultura expressa maior desuniformidade quanto ao espigamento, maturação e tipo de planta, em comparação com outras espécies de cereais de inverno. A fim de melhorar e adaptar as características das plantas de centeio para as condições brasileiras, novas combinações, seleções e testes de genótipos foram realizados em experimentos (MORI et al., 2006).

O ponto de partida para a realização de um experimento é o planejamento experimental. O mesmo depende da cultura, das características avaliadas, dos tratamentos e das condições da área experimental (STORCK et al., 2016). Por meio desse planejamento são definidos os passos para controlar os efeitos ambientais de maneira a encontrar diferenças significativas entre os fatores em teste, caso eles existam (BANZATTO; KRONKA, 2013). No planejamento e implantação de pesquisas agrônômicas, os experimentos de campo apresentam como problema básico a determinação do tamanho de parcela (HENRIQUES NETO et al., 2009).

Entre os métodos utilizados para estimar o tamanho ótimo de parcela, destaca-se o da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, proposto por Paranaíba et al. (2009). O método apresenta como principal vantagem o fato de não ser necessário planejar parcelas de diversos tamanhos mediante o agrupamento dos dados das unidades experimentais básicas adjacentes (PARANAÍBA et al., 2009). O tamanho ótimo de parcela e/ou o número de repetições têm sido investigados para culturas, tais como o trigo (MUHAMMAD; BAJMA; AHMAD, 2001), milho (MASOOD; JAVED, 2003; SINGH, 2015), arroz (MASOOD; RAZA, 2012) e aveia-preta (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014a).

A partir do tamanho ótimo de parcela, é possível determinar a precisão experimental, em cenários formados por combinações de números de tratamentos, de repetições e delineamentos (CARGNELUTTI FILHO et al., 2016). Os ensaios de uniformidade, também chamados de experimentos em branco, caracterizam ensaios em que não há a influência de tratamentos, os quais têm sido utilizados na obtenção de dados para a estimativa do tamanho ótimo de parcela (STORCK et al., 2016).

Ao trabalhar com o centeio, cada pesquisador tem adotado tamanho de parcela e número de repetições distintos em seus experimentos, havendo a necessidade do desenvolvimento de técnicas experimentais para ensaios conduzidos com a cultura, uma vez que há carência quanto ao correto dimensionamento experimental. Nesses estudos foram utilizadas parcelas que variam de 5 m² (LEHMEN et al., 2014) a 35 m² (HOVARY et al., 2016), e com duas (AUINGER et al., 2016) a oito repetições (SOUZA et al., 2013).

O dimensionamento do tamanho ótimo de parcela e do número de repetições na cultura do centeio é importante para garantir a confiabilidade nos resultados de experimentos agrícolas que buscam avaliar a produtividade de grãos da cultura. Desse modo, os objetivos deste trabalho foram determinar o tamanho ótimo de parcela e o número de repetições para avaliar a produtividade de grãos de centeio (*Secale cereale* L.) e investigar a variabilidade do tamanho ótimo de parcela entre duas cultivares e três épocas de semeadura.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos 18 ensaios de uniformidade (experimentos em branco) com a cultura de centeio, em área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul (latitude 29°42'S, longitude 53°49'W e 95 m de altitude) no ano agrícola de 2016. Conforme classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa subtropical úmido, com verões quentes e sem estação seca (HELDWEIN; BURIOL; STRECK, 2009) e o solo do local é classificado como Argissolo vermelho distrófico arênico (SANTOS et al., 2013).

A área experimental foi preparada de forma homogênea e em sistema convencional do solo. Para adubação de base aplicou-se 500 kg ha⁻¹ de NPK com formulação comercial 05-20-20. Como adubação de cobertura foram realizadas duas aplicações de 25 kg de N ha⁻¹, quando as plantas atingiram o estágio V3 e V4. Os tratos culturais foram realizados de forma homogênea em toda a área experimental, conforme recomendado para ensaios de uniformidade (STORCK et al., 2016). Distribuídos em três épocas de semeadura, foram conduzidos três ensaios de uniformidade com a cultivar BRS Progresso e três com a cultivar Temprano, totalizando 18 ensaios. As semeaduras foram realizadas em 03/05/2016 (época 1), 25/05/2016 (época 2) e 07/06/2016 (época 3). A semeadura das sementes das cultivares BRS Progresso e Temprano, de propósitos distintos, foi realizada a lanço, com densidade de 455 sementes m⁻².

Cada ensaio de uniformidade foi conduzido em área de 24 m² (6 m × 4 m). Cada ensaio foi dividido em 24 unidades experimentais básicas (UEB) de 1 m² (1 m × 1 m), formando uma

matriz de seis linhas e quatro colunas. No estádio de maturação fisiológica, em cada ensaio, as espigas das plantas de cada UEB (1 m²) foram coletadas. Logo após foi realizada a debulha manual das espigas e imediatamente obtido o teor de umidade dos grãos. A produtividade de grãos, em g m⁻², foi obtida pela correção da umidade a 13%.

Para cada ensaio de uniformidade, a partir dos dados de produtividade de grãos nas 24 UEB, foram determinadas as estatísticas: média (m), variância (s^2), coeficiente de variação do ensaio (CV_{ensaio} , em %) e coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (ρ). A estimativa de ρ foi obtida com o caminhar no sentido das linhas, conforme metodologia de Paranaíba et al. (2009). Foi iniciado na UEB localizada na linha 1, coluna 1, até a linha 1, coluna 4, retornando a partir da linha 2, coluna 4, até a linha 2, coluna 1, e assim, sucessivamente, até concluir o caminhar na UEB da linha 6, coluna 1.

Posteriormente foi determinado o tamanho ótimo de parcela (X_o , em m²) para o caractere produtividade de grãos, em cada um dos 18 ensaios de uniformidade, por meio da expressão (Eq. 1) do método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação (PARANAÍBA et al., 2009).

$$(1) X_o = \frac{10^3 \sqrt{2(1-\rho^2)s^2 m}}{m}$$

Onde:

ρ - coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem;

s^2 - variância;

m - média.

Em seguida foi determinado o coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CV_{X_o}), em percentagem, por meio da expressão (Eq. 2) (PARANAÍBA et al., 2009). O CV_{X_o} corresponde ao CV esperado para o experimento com o tamanho ótimo de parcela determinado.

$$(2) CV_{X_o} = \frac{\sqrt{(1-\rho^2)s^2/m^2}}{\sqrt{X_o}} \times 100$$

Assim, para cada cultivar em cada época de semeadura, foram obtidas 3 estimativas de m , s^2 , CV_{ensaio} , ρ , X_o e CV_{X_o} . As comparações de médias das estatísticas m , s^2 , CV_{ensaio} , ρ , X_o e CV_{X_o} , entre cultivares e entre épocas de semeadura, foram realizadas a 5% de probabilidade por meio do teste Scott-Knott, via *bootstrap* com 20.000 reamostragens.

Para o cálculo do número de repetições, partiu-se da diferença mínima significativa (d) do teste de Tukey, expressa em percentagem da média geral do experimento, estimada pela expressão (Eq. 3). Utilizou-se o número grau de liberdade do erro (GLE) igual a $[i(r-1)]$ para o delineamento inteiramente casualizado e $[(i-1)(r-1)]$ para o delineamento blocos ao acaso, onde i é o número de tratamentos e r é o número de repetições.

$$(3) d = \frac{q_{\alpha(i;GLE)} \sqrt{\frac{QME}{r}}}{m} \times 100$$

Onde:

$q_{\alpha(i;GLE)}$ - valor crítico do teste de Tukey em nível α de probabilidade de erro;

i - número de tratamentos;

GLE - número de graus de liberdade do erro;

QME - quadrado médio do erro.

Substituindo a expressão (Eq. 4) do coeficiente de variação (CV) experimental, em percentagem, na expressão (Eq. 3), tem-se a expressão (Eq. 5) para determinar o número de repetições.

$$(4) CV = \frac{\sqrt{QME}}{m} \times 100$$

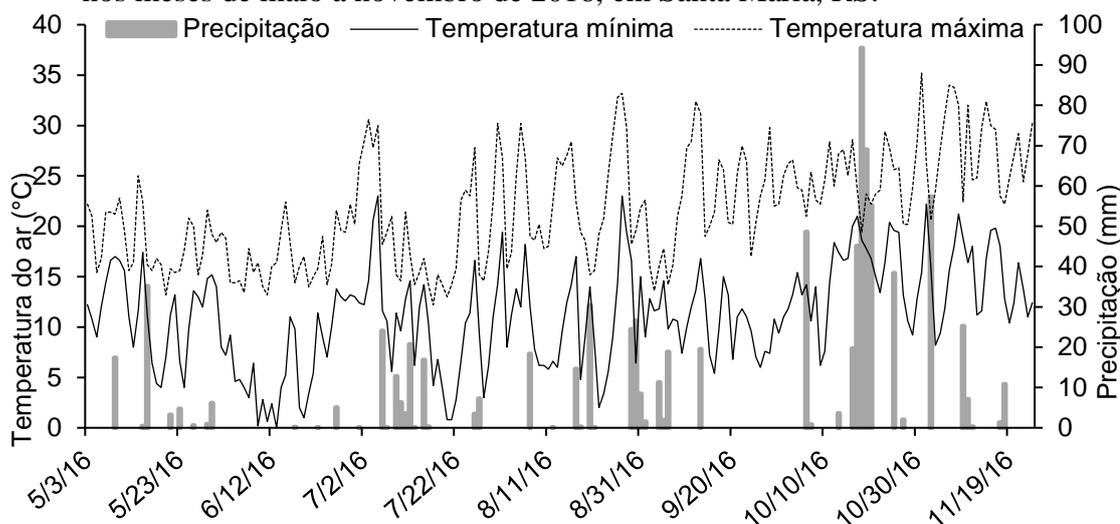
$$(5) r = \left(\frac{q_{\alpha(i;GLE)} CV}{d} \right)^2$$

O número de repetições (r) para avaliar a produtividade de grãos foi determinado a partir da média do CV_{x_0} entre as duas cultivares e as três épocas de semeadura, por processo iterativo até a convergência, para experimentos nos delineamentos inteiramente casualizado e blocos ao acaso, em cenários formados pelas combinações de i ($i = 3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 0,05 de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d = 10, 12, \dots, 30\%$). A estatística d foi utilizada por Lúcio et al. (1999) para avaliar a precisão experimental, com limites muito baixo, médio e muito alto, conforme experimentos de competição de cultivares em diferentes manejos. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do aplicativo Microsoft Office Excel® e do software Sisvar® (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No período de condução dos ensaios de uniformidade, as temperaturas absolutas mínimas do ar oscilaram entre 0 (13/06/2016) e 23 °C (27/08/2016), e as temperaturas máximas absolutas entre 12,2 (17/07/2016) e 35,2 °C (31/10/2016), conferindo condições meteorológicas distintas (Figura 1). Entre as épocas de semeadura, o registro de máxima precipitação pluviométrica foi equivalente a 94,2 mm e ocorreu em 18/10/2016.

Figura 3 - Temperaturas mínima e máxima do ar diárias e precipitação pluviométrica diária nos meses de maio a novembro de 2016, em Santa Maria, RS.



Houve variações entre as épocas no ciclo total de cultivo das cultivares (Tabela 1). O número de dias que compreende o período do florescimento até a colheita dos grãos foi de 77, 76 e 65 dias para a cultivar BRS Progresso, e 46, 46 e 45 dias para a cultivar Temprano, respectivamente para as épocas 1, 2 e 3. Ao analisar as cultivares, o intervalo de tempo observado do florescimento até a maturação fisiológica foi mais estável entre as épocas para a cultivar Temprano em relação à cultivar BRS Progresso. Nessa, houve redução do período na semeadura mais tardia. Ao avaliar as características produtivas de forrageiras anuais de inverno, entre elas o centeio, Ferrazza et al. (2013) concluíram que as épocas de semeadura interferem nas características produtivas, uma vez que semeaduras mais precoces promovem maiores produções de forragem e duração do ciclo vegetativo e semeaduras mais tardias, maiores densidades de plantas e perfilhos.

Tabela 7 - Época e data de semeadura, data de emergência, data de florescimento, data de colheita e ciclo (em dias), em ensaios de uniformidade compostos por duas cultivares de centeio (*Secale cereale* L.), BRS Progresso (PROG) e Temprano (TEMP), na safra de 2016, em Santa Maria – RS.

Época	Semeadura	Emergência		Florescimento		Colheita		Ciclo	
		PROG	TEMP	PROG	TEMP	PROG	TEMP	PROG	TEMP
1	03/05/16	09/05/16	10/05/16	08/08/16	22/09/16	24/10/16	07/11/16	174	188
2	25/05/16	01/06/16	02/06/16	26/08/16	03/10/16	10/11/16	18/11/16	169	177
3	07/06/16	17/06/16	20/06/16	15/09/16	10/10/16	19/11/16	24/11/16	165	170

Houve variabilidade estatística nos ensaios de uniformidade das estimativas: média, variância, coeficiente de variação do ensaio, coeficiente de autocorrelação espacial de primeira

ordem (Tabela 2). Segundo metodologia proposto por Paranaíba et al. (2009), havendo variabilidade nas estimativas de ρ , s^2 e m , também poderá ser observado variabilidade nas estimativas de tamanho ótimo de parcela e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela. Cenários de variabilidade das estatísticas entre ensaios de uniformidade são considerados importantes para estudo do dimensionamento de tamanho ótimo de parcela e do número de repetições, pois refletem condições reais de áreas de campo (CARGNELUTTI FILHO et al., 2011; CARGNELUTTI FILHO et al., 2015a). Desta forma, o tamanho de parcela estimado pode tornar-se uma referência para futuros trabalhos com a cultura do centeio.

Tabela 8 - Média (m), variância (s^2), coeficiente de variação do ensaio (CV_{ensaio} , em %), coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (ρ), tamanho ótimo de parcela (X_o , em m^2) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CV_{X_o} , em %), para o caractere produtividade de grãos, em gramas, por unidade experimental básica de $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ (1 m^2) em ensaios com as cultivares de centeio (*Secale cereale* L.) BRS Progresso (PROG) e Temprano (TEMP), realizadas em três épocas de semeadura, safra 2016, em Santa Maria – RS.

Produtividade de grãos						
Época	m (g)		s^2		CV _{ensaio} (%)	
	PROG	TEMP	PROG	TEMP	PROG	TEMP
1	159,15 Aa	109,21 Ab	1032,62 Aa	844,05 Aa	19,03 Ba	26,75 Aa
2	153,62 Aa	80,05 Bb	1276,78 Aa	128,85 Bb	23,17 Ba	13,99 Bb
3	153,19 Aa	28,53 Cb	3070,48 Aa	43,16 Ca	34,50 Aa	22,99 Aa
Média	155,32	72,60	1793,29	338,69	25,57	21,24
Época	ρ		X_o (m^2)		CV _{X_o} (%)	
	PROG	TEMP	PROG	TEMP	PROG	TEMP
1	0,07 Ab	0,37 Aa	4,13 Ba	4,93 Aa	9,24 Ba	11,07 Aa
2	0,09 Aa	-0,03 Ba	4,68 Ba	3,38 Bb	10,47 Ba	7,57 Bb
3	0,12 Aa	0,09 Ba	6,08 Aa	4,69 Aa	13,58Aa	10,48 Aa
Média			4,69	4,34	11,10	9,70

Para cada estatística (m , s^2 , CV_{ensaio} , ρ , X_o e CV_{X_o}) as médias que não são seguidas pela mesma letra, minúscula na linha (comparação de médias entre cultivares em cada época) e maiúsculas na coluna (comparação de médias entre as épocas em cada cultivar), diferem com probabilidade de 5% pelo teste Scott-Knott via análise de *bootstrap* com 20.000 reamostragem.

A cultivar Temprano apresentou redução da produtividade de grãos com o avanço das épocas de semeadura, o que pode ser atribuído à maior aptidão forrageira apresentada pela cultivar. Contudo, a cultivar BRS Progresso apresentou comportamento estável na produtividade de grãos, não diferindo entre épocas, ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste Scott-Knott, indo de encontro com a caracterização de estabilidade produtiva da cultivar indicada por Nascimento Junior, Caierão e Mori (2014).

De modo geral, a cultivar BRS Progresso sobressaiu sobre a cultivar Temprano, apresentando maior produtividade de grãos nas três épocas de semeadura. Em relação à finalidade de cultivo, a cultivar BRS Progresso possui como propósito a produção de grãos e a cultivar Temprano é caracterizada pela alta produção de matéria seca de forragem, assim destinada à alimentação animal. Essa caracterização da finalidade de cultivo pode explicar o fato da produtividade média alcançada pela cultivar Temprano ($726,0 \text{ kg ha}^{-1}$) situar-se próxima à metade da produtividade média obtida pela cultivar BRS Progresso ($1553,2 \text{ kg ha}^{-1}$) no presente trabalho.

O aumento nos valores médios de variância tem reflexo direto no aumento do X_o . Desse modo, é possível observar a relação direta entre o tamanho ótimo de parcela, a variância e a média, uma vez que a metodologia de Paranaíba et al. (2009) considera essas variáveis para a obtenção do X_o . Em relação das médias de X_o , é possível observar a mesma diferença estatística entre as épocas de semeadura e entre cultivares, para as estatísticas CV_{ensaio} e CV_{X_o} . Assim, de forma semelhante, o comportamento do CV_{ensaio} e CV_{X_o} estão relacionados com o aumento ou redução de ρ , s^2 , m , X_o (Tabela 8)..

O CV_{ensaio} variou de 13,99% (Temprano - época 2) a 34,50% (BRS Progresso - época 3), e o CV_{X_o} de 7,57% (Temprano - época 2) a 13,58% (BRS Progresso - época 3). Essa redução nos valores referentes aos CV_{ensaio} para os CV_{X_o} comprova os ganhos em precisão experimental na utilização do tamanho ótimo de parcela. Quanto menor o coeficiente de variação, maior será a precisão e a qualidade do experimento, e conseqüentemente, menores diferenças entre estimativas de médias serão consideradas significativas (CARGNELUTTI FILHO; STORCK, 2007).

Em ensaios agrícolas, o coeficiente de variação foi classificado como baixo (inferior a 10%), médio (entre 10 e 20%), alto (entre 20 e 30%) e muito alto (superior a 30%) (PIMENTEL-GOMES, 1990). Especificamente para a variável rendimento de grãos, em ensaios de competição de cultivares de cereais de inverno (trigo, cevada, centeio, aveia e triticale), Estefanel et al. (1987) classificaram os coeficientes de variação como médios quando entre 11,0 e 19,0%. Valores de CV classificados como altos podem ser atribuídos ao fato das avaliações terem sido realizadas em UEB de apenas 1 m^2 , o que pode resultar em elevada variabilidade nas observações. Outra possível explicação para a alta variabilidade nas observações pode ser o fato da cultura expressar maior desuniformidade quanto ao espigamento e maturação final (NASCIMENTO JUNIOR, 2014).

Os valores médios de X_o observados para as estimativas de produtividade de grãos oscilaram de $3,38 \text{ m}^2$ (Temprano - época 2) a $6,08 \text{ m}^2$ (BRS Progresso - época 3). Portanto, na cultura de centeio há variabilidade no tamanho ótimo de parcela para avaliar a produtividade de grãos entre cultivares e entre épocas de semeadura. Assim, para avaliar a produtividade de grãos

recomenda-se utilizar o maior valor de X_0 (6,08 m²), a fim de reduzir o erro experimental e contemplar de forma mais eficiente os cenários de variabilidade. Pode-se observar que nos ensaios em que os dados apresentaram maior variabilidade, também foram obtidos maiores tamanhos de parcela, uma vez que a metodologia proposta por Paranaíba et al. (2009) a variância aparece no numerador da fórmula.

Independentemente da cultura, a estimativa e posterior utilização do tamanho ótimo de parcela propicia o aumento da precisão e maximiza as informações obtidas no experimento. Isso é atribuído ao fato de que trabalhos que utilizam um tamanho adequado de parcela permitem o melhor aproveitamento de recursos e controle mais rigoroso do manejo do experimento, quando realizados em área de menor tamanho (SILVA et al., 2012).

Não foram encontrados na literatura trabalhos que relatem o tamanho ótimo de parcela para avaliar a produtividade de grãos de centeio a fim de realizar a comparação com os resultados obtidos neste trabalho. Porém, foram encontrados estudos com outras culturas pertencentes à família Poaceae. Na cultura de sorgo granífero, ao verificar a influência do arranjo de plantas na estimativa do tamanho ótimo de parcela, Lopes et al. (2005) encontraram tamanho estimado de parcelas de 3,2 m² para a variável produtividade de grãos. Ao estimar o tamanho ótimo de parcela usando diferentes métodos e verificar a precisão possível em experimentos com a cultura do trigo, Lorentz et al. (2007) encontraram tamanho de parcela de 0,89 m² a 6,48 m² para produtividade de grãos. A fim de avaliar a produtividade de grãos de aveia, Lavezo et al. (2017) verificaram que há variabilidade em X_0 entre cultivares, com valor determinado em 1,57 m².

Para avaliar a produtividade de grãos de centeio, o número de repetições foi determinado para cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i = 3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d = 10, 12, \dots, 30\%$), a partir de tamanho ótimo de parcela ($X_0 = 6,08$ m²) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela ($CV_{X_0} = 13,58\%$). A estatística d é considerada a mais apropriada para avaliar a precisão experimental, seguida do índice de variação e posteriormente o coeficiente de variação, uma vez que considera a média, o número de tratamentos e de repetições (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014b). Cabe ressaltar que menores valores de d indicam maior precisão experimental, ou seja, menores diferenças entre médias de tratamentos serão consideradas significativas e vice-versa (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014a). Conforme diferentes manejos, em experimentos de competição de culturas pertencentes a família do centeio, Lúcio et al. (1999) observaram variação na estatística d classificada como média nas culturas:

trigo (variando de 19,4 a 63,0), cevada (variando de 16,0 a 33,0) aveia (variando de 34,5 a 87,5) e triticale (variando de 24,0 a 45,0).

O número de repetições encontrados no presente trabalho oscilou entre 3,45 (3 tratamentos e $d = 30\%$) e 59,00 (50 tratamentos e $d = 10\%$) para experimentos no delineamento inteiramente casualizado (DIC) (Tabela 3), e entre 3,79 (3 tratamentos e $d = 20\%$) e 59,01 (50 tratamentos e $d = 10\%$), para experimentos no delineamento blocos ao acaso (DBA) (Tabela 4). O atendimento aos princípios básicos da experimentação, como a utilização do número adequado de repetições está relacionado com o aumento na precisão de experimentos (RESENDE; SOUZA JÚNIOR, 1997; BANZATTO; KRONKA, 2013), uma vez que o erro padrão da média de um tratamento é estimado pelo desvio padrão residual, calculado a partir do quadrado médio do resíduo e do número de repetições (STEEL et al., 1997). Assim, a utilização de um número maior de repetições possibilita a obtenção de trabalhos com erro experimental reduzido e por consequência médias mais precisas. No entanto, obter a maior precisão ($d = 10\%$) torna-se não praticável devido ao elevado número de repetições requerido. Isso atribui importância nos estudos de dimensionamento experimental e principalmente na utilização de número de repetições pré-definidos nesses trabalhos.

Tabela 9 - Número de repetições, para experimentos no delineamento inteiramente casualizado, em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i = 3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d = 10, 12, \dots, 30\%$), para avaliar a produtividade de grãos de centeio (*Secale cereale* L.), a partir de tamanho ótimo de parcela ($X_0 = 6,08 \text{ m}^2$) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela ($CV_{X_0} = 13,58\%$).

i	d (%)										
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
3	21,31	15,13	11,40	9,00	7,35	6,18	5,32	4,67	4,16	3,77	3,45
4	25,24	17,80	13,32	10,42	8,43	7,02	5,98	5,19	4,58	4,10	3,72
5	28,23	19,84	14,79	11,51	9,27	7,67	6,49	5,60	4,91	4,37	3,93
6	30,66	21,50	15,98	12,40	9,95	8,21	6,92	5,94	5,18	4,59	4,11
7	32,70	22,90	16,99	13,16	10,53	8,66	7,28	6,23	5,42	4,78	4,27
8	34,47	24,11	17,87	13,81	11,04	9,06	7,60	6,49	5,63	4,95	4,41
9	36,03	25,18	18,64	14,40	11,49	9,41	7,88	6,72	5,82	5,10	4,53
10	37,43	26,14	19,33	14,92	11,89	9,73	8,14	6,93	5,99	5,25	4,65
11	38,70	27,01	19,96	15,39	12,26	10,03	8,37	7,12	6,14	5,37	4,76
12	39,85	27,80	20,54	15,83	12,60	10,29	8,59	7,29	6,29	5,49	4,86
13	40,92	28,53	21,07	16,23	12,91	10,54	8,79	7,46	6,42	5,61	4,95
14	41,90	29,21	21,56	16,60	13,20	10,77	8,97	7,61	6,55	5,71	5,04
15	42,82	29,84	22,02	16,95	13,47	10,98	9,15	7,75	6,67	5,81	5,12
16	43,68	30,44	22,45	17,27	13,72	11,19	9,31	7,89	6,78	5,90	5,20
17	44,49	30,99	22,86	17,58	13,96	11,38	9,46	8,01	6,88	5,99	5,27
18	45,25	31,52	23,24	17,87	14,19	11,56	9,61	8,13	6,98	6,07	5,34

19	45,98	32,02	23,60	18,14	14,40	11,73	9,75	8,25	7,08	6,15	5,41
20	46,66	32,49	23,95	18,40	14,60	11,89	9,88	8,35	7,17	6,23	5,47
21	47,31	32,94	24,28	18,65	14,80	12,04	10,01	8,46	7,26	6,30	5,54
22	47,94	33,37	24,59	18,89	14,98	12,19	10,13	8,56	7,34	6,37	5,60
23	48,53	33,78	24,89	19,12	15,16	12,33	10,24	8,65	7,42	6,44	5,65
24	49,10	34,18	25,18	19,33	15,33	12,47	10,35	8,75	7,49	6,50	5,71
25	49,65	34,55	25,45	19,54	15,50	12,60	10,46	8,83	7,57	6,57	5,76
26	50,18	34,92	25,72	19,75	15,65	12,73	10,56	8,92	7,64	6,63	5,81
27	50,69	35,27	25,97	19,94	15,80	12,85	10,66	9,00	7,71	6,68	5,86
28	51,17	35,60	26,22	20,13	15,95	12,97	10,76	9,08	7,77	6,74	5,91
29	51,65	35,93	26,46	20,31	16,09	13,08	10,85	9,16	7,84	6,79	5,95
30	52,10	36,25	26,69	20,48	16,23	13,19	10,94	9,23	7,90	6,85	6,00
31	52,54	36,55	26,91	20,65	16,36	13,29	11,03	9,30	7,96	6,90	6,04
32	52,97	36,85	27,12	20,81	16,49	13,40	11,11	9,37	8,02	6,95	6,09
33	53,39	37,13	27,33	20,97	16,61	13,50	11,19	9,44	8,08	7,00	6,13
34	53,79	37,41	27,54	21,13	16,74	13,59	11,27	9,51	8,13	7,04	6,17
35	54,18	37,68	27,73	21,28	16,85	13,69	11,35	9,57	8,19	7,09	6,21
36	54,56	37,94	27,93	21,42	16,97	13,78	11,42	9,63	8,24	7,13	6,24
37	54,93	38,20	28,11	21,57	17,08	13,87	11,50	9,69	8,29	7,18	6,28
38	55,29	38,45	28,29	21,70	17,19	13,96	11,57	9,75	8,34	7,22	6,32
39	55,64	38,69	28,47	21,84	17,29	14,04	11,64	9,81	8,39	7,26	6,35
40	55,98	38,93	28,64	21,97	17,40	14,12	11,71	9,87	8,44	7,30	6,39
41	56,32	39,16	28,81	22,10	17,50	14,21	11,77	9,92	8,48	7,34	6,42
42	56,64	39,38	28,98	22,22	17,60	14,28	11,84	9,97	8,53	7,38	6,45
43	56,96	39,60	29,14	22,35	17,69	14,36	11,90	10,03	8,57	7,42	6,49
44	57,27	39,82	29,30	22,47	17,79	14,44	11,96	10,08	8,61	7,45	6,52
45	57,58	40,03	29,45	22,58	17,88	14,51	12,02	10,13	8,66	7,49	6,55
46	57,87	40,24	29,60	22,70	17,97	14,58	12,08	10,18	8,70	7,52	6,58
47	58,17	40,44	29,75	22,81	18,06	14,65	12,14	10,23	8,74	7,56	6,61
48	58,45	40,63	29,89	22,92	18,14	14,72	12,20	10,27	8,78	7,59	6,64
49	58,73	40,83	30,03	23,03	18,23	14,79	12,25	10,32	8,82	7,63	6,67
50	59,00	41,02	30,17	23,13	18,31	14,86	12,31	10,37	8,86	7,66	6,69

Tabela 10 - Número de repetições, para experimentos no delineamento blocos ao acaso, em cenários formados pelas combinações de i tratamentos ($i = 3, 4, \dots, 50$) e d diferenças mínimas entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, expressas em percentagem da média do experimento ($d = 10, 12, \dots, 30\%$), para avaliar a produtividade de grãos de centeio (*Secale cereale* L.), a partir de tamanho ótimo de parcela ($X_0 = 6,08 \text{ m}^2$) e coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela ($CV_{X_0} = 13,58\%$).

i	d (%)										
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
3	21,81	15,63	11,90	9,49	7,85	6,67	5,79	5,13	4,62	4,18	3,79
4	25,52	18,08	13,60	10,70	8,72	7,30	6,26	5,47	4,87	4,38	4,00
5	28,41	20,03	14,97	11,70	9,46	7,86	6,68	5,79	5,10	4,55	4,12
6	30,79	21,63	16,11	12,54	10,09	8,34	7,05	6,07	5,32	4,72	4,24
7	32,80	23,00	17,09	13,26	10,63	8,76	7,38	6,33	5,52	4,88	4,37
8	34,55	24,19	17,94	13,89	11,12	9,14	7,68	6,57	5,71	5,03	4,49
9	36,10	25,24	18,70	14,46	11,55	9,48	7,95	6,78	5,88	5,17	4,60
10	37,48	26,19	19,39	14,97	11,95	9,79	8,19	6,98	6,04	5,30	4,70

11	38,74	27,05	20,01	15,44	12,31	10,07	8,42	7,16	6,19	5,42	4,80
12	39,89	27,84	20,58	15,86	12,64	10,33	8,63	7,33	6,33	5,53	4,90
13	40,95	28,57	21,10	16,26	12,94	10,57	8,82	7,49	6,46	5,64	4,98
14	41,93	29,24	21,59	16,63	13,23	10,80	9,00	7,64	6,58	5,74	5,07
15	42,85	29,87	22,05	16,97	13,49	11,01	9,17	7,78	6,69	5,84	5,15
16	43,70	30,46	22,47	17,29	13,75	11,21	9,33	7,91	6,80	5,93	5,22
17	44,51	31,01	22,88	17,60	13,98	11,40	9,48	8,03	6,90	6,01	5,29
18	45,27	31,54	23,26	17,89	14,21	11,57	9,63	8,15	7,00	6,09	5,36
19	45,99	32,03	23,62	18,16	14,42	11,74	9,77	8,26	7,10	6,17	5,43
20	46,68	32,51	23,96	18,42	14,62	11,90	9,90	8,37	7,18	6,25	5,49
21	47,33	32,95	24,29	18,67	14,81	12,06	10,02	8,47	7,27	6,32	5,55
22	47,95	33,38	24,60	18,90	15,00	12,20	10,14	8,57	7,35	6,39	5,61
23	48,54	33,79	24,90	19,13	15,17	12,35	10,25	8,67	7,43	6,45	5,66
24	49,11	34,19	25,19	19,35	15,34	12,48	10,36	8,76	7,51	6,52	5,72
25	49,66	34,56	25,46	19,55	15,51	12,61	10,47	8,84	7,58	6,58	5,77
26	50,19	34,93	25,72	19,75	15,66	12,74	10,57	8,93	7,65	6,64	5,82
27	50,69	35,28	25,98	19,95	15,81	12,86	10,67	9,01	7,72	6,69	5,87
28	51,18	35,61	26,23	20,13	15,96	12,97	10,77	9,09	7,78	6,75	5,92
29	51,65	35,94	26,46	20,31	16,10	13,09	10,86	9,16	7,85	6,80	5,96
30	52,11	36,25	26,69	20,49	16,24	13,20	10,95	9,24	7,91	6,86	6,01
31	52,55	36,56	26,91	20,66	16,37	13,30	11,03	9,31	7,97	6,91	6,05
32	52,98	36,85	27,13	20,82	16,50	13,40	11,12	9,38	8,03	6,96	6,09
33	53,39	37,14	27,34	20,98	16,62	13,50	11,20	9,45	8,08	7,00	6,13
34	53,79	37,42	27,54	21,13	16,74	13,60	11,28	9,51	8,14	7,05	6,17
35	54,18	37,69	27,74	21,28	16,86	13,69	11,35	9,57	8,19	7,09	6,21
36	54,56	37,95	27,93	21,43	16,97	13,79	11,43	9,64	8,24	7,14	6,25
37	54,93	38,20	28,12	21,57	17,08	13,87	11,50	9,70	8,29	7,18	6,29
38	55,29	38,45	28,30	21,71	17,19	13,96	11,57	9,76	8,34	7,22	6,32
39	55,65	38,70	28,48	21,84	17,30	14,05	11,64	9,81	8,39	7,27	6,36
40	55,99	38,93	28,65	21,98	17,40	14,13	11,71	9,87	8,44	7,31	6,39
41	56,32	39,16	28,82	22,10	17,50	14,21	11,78	9,93	8,49	7,34	6,42
42	56,65	39,39	28,98	22,23	17,60	14,29	11,84	9,98	8,53	7,38	6,46
43	56,96	39,61	29,14	22,35	17,70	14,37	11,90	10,03	8,57	7,42	6,49
44	57,28	39,82	29,30	22,47	17,79	14,44	11,97	10,08	8,62	7,46	6,52
45	57,58	40,03	29,45	22,59	17,88	14,52	12,03	10,13	8,66	7,49	6,55
46	57,88	40,24	29,60	22,70	17,97	14,59	12,08	10,18	8,70	7,53	6,58
47	58,17	40,44	29,75	22,81	18,06	14,66	12,14	10,23	8,74	7,56	6,61
48	58,45	40,64	29,90	22,92	18,14	14,73	12,20	10,28	8,78	7,60	6,64
49	58,73	40,83	30,04	23,03	18,23	14,80	12,25	10,32	8,82	7,63	6,67
50	59,01	41,02	30,18	23,14	18,31	14,86	12,31	10,37	8,86	7,66	6,70

Em experimentos conduzidos nos delineamentos DIC ou DBA, com d fixo, há acréscimo no número de repetições necessárias com o aumento do número de tratamentos. A medida que aumenta-se o número de tratamentos, a diferença observada no número de repetições necessárias para experimentos em DIC e DBA é pouco expressiva, até o momento em que o número de repetições para experimentos utilizando os delineamentos inteiramente casualizados e blocos ao acaso praticamente se igualam. Esses resultados concordam com trabalhos nas culturas de aveia

preta (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014a), ervilha forrageira (CARGNELUTTI FILHO et al., 2015a), canola (CARGNELUTTI FILHO et al., 2015b), milho (BURIN et al., 2015) e feijão guandu (SANTOS et al., 2016).

Por fim, supondo-se um experimento com até 50 tratamentos, sete repetições são necessárias para avaliar a produtividade de grãos de centeio, e identificar como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, obtendo-se d igual a 29,65%, classificada como média por Lúcio et al. (1999) nos cereais de inverno: cevada, trigo e triticale, e com CV_{X_0} igual a 13,58%, classificado como médio por Pimentel-Gomes (1990). Cabe ao pesquisador a escolha do número de repetições com base na precisão desejada e na disponibilidade de recursos, como por exemplo: área, mão de obra e tempo. O mesmo poderá utilizar os dados da Tabela 3 e 4 para definir o número de repetições a ser utilizado conforme suas limitações.

CONCLUSÕES

Há variabilidade no tamanho ótimo de parcela para avaliar a produtividade de grãos entre as cultivares BRS Progresso e Temprano e entre épocas de semeadura na cultura de centeio.

O tamanho ótimo de parcela para avaliar a produtividade de grãos de centeio é 6,08 m².

Sete repetições são suficientes para avaliar a produtividade de grãos de centeio em experimentos com até 50 tratamentos, e identificar, como significativas a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, diferenças entre médias de tratamentos de 29,65% da média do experimento nos delineamentos inteiramente casualizado e blocos ao acaso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUINGER, H.; SCHÖNLEBEN, M.; LEHERMEIER, C.; SCHMIDT, M.; KORZUN, V.; GEIGER, H.H.; PIEPHO, H.; GORDILLO, A.; WILDE, P.; BAUER, E.; SCHÖN, C. Model training across multiple breeding cycles significantly improves genomic prediction accuracy in rye (*Secale cereale* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, v.129, n.11, p.2043-2053, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00122-016-2756-5>.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: Editora Funep, 2013. 237p.

BURIN, C.; CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B.M.; TOEBE, M.; KLEINPAUL, J.A.; NEU, I.M.M. Tamanho de parcela e número de repetições na cultura do milho em épocas de avaliação. **Bragantia**, v.74, n.3, p.261-269, 2015. <https://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0465>.

CARGNELUTTI FILHO, A. STORCK, L.; LÚCIO, A.D.; TOEBE, M.; ALVES, B.M. Tamanho de unidades experimentais básicas e tamanho ótimo de parcelas para nabo-forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.4, p.309-319, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2016000400003>.

CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B.M.; BURIN, C.; KLEINPAUL, J.A.; NEU, I.M.M.; SILVEIRA, D.L.; SIMÕES, F.M.; SPANHOLI, R.; MEDEIROS, L.B. Plot size and number of repetitions in forage pea. **Ciência Rural**, v.45, n.7, p.1174-1182, 2015a. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141043>.

CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B.M.; BURIN, C.; KLEINPAUL, J.A.; SILVEIRA, D.L.; SIMÕES, F.M. Tamanho de parcela e número de repetições em canola. **Bragantia**, v.74, n.2, p.176-183, 2015b. <https://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0420>.

CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B.M.; TOEBE, M.; BURIN, C.; SANTOS, G.O.; FACCO, G.; NEU, I.M.M.; STEFANELLO, R.B. Tamanho de parcela e número de repetições em aveia preta. **Ciência Rural**, v.44, n.10, p.1732-1739, 2014a. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131466>.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.1, p.17-24, 2007.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L.; TOEBE, M.; BURIN, C.; ALVES, B.M.; FACCO, G.; NEU, I.M.M. Precisão experimental relacionada a tamanhos de parcelas, números de tratamentos e repetições em nabo forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.6, p.428-439, 2014b. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000700007>.

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; FICK, A.L.; CASAROTTO, G. Tamanhos de parcela e de ensaio de uniformidade em nabo forrageiro. **Ciência Rural**, v.41, n.9, p.1517-1525, 2011.

ESTEFANEL, V.; PIGNATARO, I.A.B.; STORCK, L. Avaliação do coeficiente de variação de experimentos com algumas culturas agrícolas. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 2., Londrina, 1987. **Anais...** Londrina: DME/ CCE/Universidade Estadual de Londrina, 1987. p.115- 131.

FERRAZZA, J.M.; SOARES A.B.; MARTIN, T.N.; ASSMANN, A.L.; NICOLA, V. Produção de forrageiras anuais de inverno em diferentes épocas de semeadura. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.2, p.379-389, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-66902013000200022>.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.2, p.109-112, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.

HELDWEIN, A.B.; BURIOL, G.A.; STRECK, N.A. **O clima de Santa Maria**. Ciência e Ambiente, v.38, p.43-58, 2009.

HENRIQUES NETO, D.; SEDIYAMA, T.; SOUZA, M.A. de; LEITE, L.F.C.; BLANCO, F.F. Tamanho de parcela para avaliação da produção em trigo irrigado, sob dois sistemas de plantio. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.1, p.86-93, 2009.
<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/408/304>.

HOFFMANN, W.; MUDRA, A.; PLARRE, W. **Lehrbuch der Züchtung Landwirtschaftlicher Kulturpflanzen**. Berlin: Verlag Paul Parey, 1970. v.2, 442p.

HOVARY, C.; DANEHOWER, D.A.; MA, G.; REBERG-HORTON, C.; WILLIAMSON, J.D.; BAERSON, S.R.; BURTON, J.D. Phytotoxicity and benzoxazinone concentration in field grown cereal rye (*Secale cereale* L.). **International Journal of Agronomy**, v.2016, p.11, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/6463826>.

LAVEZO, A.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BEM, C.M. de; BURIN, C.; KLEINPAUL, J.A.; PEZZINI, R.V. Plot size and number of replications to evaluate the grain yield in oat cultivars. **Bragantia**, v.76, n.4, p.512-520, 2017. <https://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.2016.410>.

LEHMEN, R.I.; FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. Rendimento, valor nutritivo e características fermentativas de silagens de cereais de inverno. **Ciência Rural**, v.44, n.7, p.1180-1185, 2014. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130840>.

LOPES, S.J.; STORCK, L.; LÚCIO, A.D.; LORENTZ, L.H.; LOVATO, C.; DIAS, V. de O. Tamanho de parcela para produtividade de grãos de sorgo granífero em diferentes densidades de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.6, p.525-530, 2005.

LORENTZ, L.H.; MARTIN, T.N.; BOLIGON, A.A.; STORCK, L.; LÚCIO, A.D.; LOPES, S.J. Tamanho de parcela e precisão experimental em ensaios com trigo em plantio direto. Científica: **Revista de Ciências Agrárias**, v.35, n.2, p.129-135, 2007.
<http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2007v35n2p129+-+135>.

LÚCIO, A.D.; STORCK, L.; BANZATTO, D.A. Classificação dos experimentos de competição de cultivares quanto a sua precisão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.5, p.99-103, 1999.

MASOOD, M.A.; JAVED, M.A. Variability in field experiments in maize crop in Pakistan. **Pakistan Journal of Agricultural Research**, v.40, n.3-4, p.207-209, 2003.

MASOOD, M.A.; RAZA, I. Estimation of optimum field plot size and shape in paddy yield trial. **American-Eurasian Journal of Scientific Research**, v.7, n.6, p.264-269, 2012.
<https://doi.org/10.5829/idosi.aejsr.2012.7.6.1926>.

MORI, C. de; NASCIMENTO JUNIOR, A. do; MIRANDA, M.Z. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura do centeio no mundo e no Brasil**. Embrapa Trigo, Passo Fundo, 2013. 26p.

MUHAMMAD, F.; BAJMA, T. M.; AHMAD, S. Size and shape of plants for wheat yield trials in field experiments. **International Journal of Agriculture and Biology**, Pakistan, v. 3, n. 4, p. 397-402, 2001.

NASCIMENTO JUNIOR, A. do. **Cultivo de centeio**. 3.ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014.

NASCIMENTO JUNIOR, A. do.; CAIERÃO, E.; MORI, C. de. BRS Progresso - Rye cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.14, n.3, p.207-208, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332014v14n3a32>

PARANAÍBA, P.F.; FERREIRA, D.F.; MORAIS, A.R. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**, v.27, n.2, p.255-268, 2009. http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v27/v27_n2/Patricia.pdf.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

RESENDE, M.D.V.; SOUZA JÚNIOR, C.L. Número de repetições e tamanho de parcela para seleção de progênies de milho em solos sob cerrado e fértil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.8, p.781-788, 1997. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/94329>.

SANTOS, G.O. dos; CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B.M.; BURIN, C.; FACCO, G.; TOEBE, M.; KLEINPAUL, J.A.; NEU, I.M.M.; STEFANELLO, R.B. Tamanho de parcela e número de repetições em feijão guandu. **Ciência Rural**, v.46, n.1, p.44-52, 2016. <https://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20150124>.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2013. 353p.

SILVA, L.F.O. da; CAMPOS, K.A.; MORAIS, A.R. de; COGO, F.D; ZAMBON, C.R. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com rabanetes. **Revista Ceres**, v.59, n.5, p.624-629, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000500007>.

SINGH, V.P. Size and shape of plots and blocks on effective precision of field experiments with maize (a multivariate approach). **International Journal of Agricultural and Statistical Sciences**, v.11, n.2, p.497-502, 2015.

SOUZA, M.; COMIN, J.C.; LEGUIZAMÓN, E.S.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; JÚNIOR, V.M.; VENTURA, B.; CAMARGO, A.P. Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. **Ciência Rural**, v.43, n.1, p.21-27, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000150>.

STORCK, L.; GARCIA, D.C.; LOPES, S.J.; ESTEFANEL, V. **Experimentação vegetal**. 3.ed. Santa Maria: UFSM, 2016. 198p.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics**. 3.ed. Nova York: McGraw Hill, 1997. 666p.

ZOHARY, D.; HOPF, M. **Domestication of plants in the old world: The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley**. Oxford University Press Inc., New York, 2000.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo mostra que, de maneira geral, a cultura de centeio apresentou comportamento semelhante quanto a produção de massa fresca e seca entre as épocas de semeadura. Para esses caracteres, estatisticamente não houve variabilidade no tamanho ótimo de parcela entre as cultivares BRS Progresso e Temprano e entre as épocas de semeadura estudadas. Somente foi observado variabilidade no tamanho ótimo de parcela para avaliar a produtividade de grãos, o que pode estar diretamente relacionado ao fato da cultura apresentar desuniformidade quanto ao espigamento e maturação dos grãos.

Com a utilização de cultivares de propósitos distintos em diferentes épocas de semeadura, considera-se que estes resultados possam servir de referência para futuras pesquisas, conforme as particularidades dos caracteres estudados. Ressalta-se a importância da determinação do tamanho de parcela e número de repetições realizada no presente estudo, a fim de nortear o planejamento de experimentos futuros com a cultura de centeio. A fim de obter maior precisão experimental e qualidade nos resultados a serem obtidos, recomenda-se que o pesquisador utilize as informações geradas neste trabalho.

Diante disso, independentemente da cultivar utilizada e da época de semeadura, recomenda-se a utilização de tamanho de parcela de 3,43 e 3,82 m², com seis repetições, para avaliar respectivamente as massas de matéria fresca e seca de centeio nos delineamentos inteiramente casualizado e blocos ao acaso. Para avaliar a produtividade de grãos de centeio, o tamanho ótimo de parcela recomendado é 6,08 m² com sete repetições, em ambos os delineamentos.

Contudo, futuras pesquisas com a cultura do centeio devem ser realizadas, propondo utilizar outros métodos para a obtenção do tamanho ótimo de parcela e número de repetições. Embora não sendo o foco do presente estudo, a forma da parcela, aliada ao tamanho ótimo de parcela, assim como a influência do tamanho do ensaio de uniformidade nas estimativas do tamanho ótimo de parcela na cultura do centeio são informações importantes que podem ser investigados em futuros trabalhos. A utilização de novas cultivares e a semeadura da cultura em mais épocas assim como em locais distintos, possibilitaria contemplar diferentes condições climáticas, ampliando a inferência dos resultados da pesquisa.

O cultivo de centeio torna-se promissor devido as características da cultura e a necessidade de diversificação de cultivos no sistema de rotação de culturas. Estudos relacionados ao planejamento experimental se fazem importantes, visto que as pesquisas com esta cultura ainda são escassas. Assim, a geração de novas informações referentes ao

comportamento da cultura do centeio e o aprimoramento do conhecimento já existente por meio de novas pesquisas, poderá aumentar o interesse pela cultura e expandir o cultivo em outras regiões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-FEEL, M.A; ABDULLAH, S.K.M. The impact of plot-size on the estimation of wheat yield in Sudan: The Case of New-Halfa Agricultural Scheme. **Agricultural Economics Working Paper Series**, n.2, 2013.

BAIER, A.C. **Centeio**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1994. 29 p.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: Editora Funep, 2013. 237 p.

BARTOS, J.; PAUX, E.; KOFLER, R.; HAVRANKOVAA, M.; KOPECKY, D.; SUCHANKOVA, P.; SAFAR, J.; SIMKOVA, H.; TOWN, C.D.; LELLEY, T.; FEUILLET, C.; DOLEZEL, J. A first survey of the rye (*Secale cereale*) genome composition through BAC end sequencing of short arm of chromosome 1R. **BMC Plant Biology**, v.8, p.95-106, 2008. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-8-95>.

BASCHEA, A.D.; KASPAR, T.C.; ARCHONTOULIS, S.V.; JAYNES, D.B.; SAUER, T.J.; PARKIN, T.B.; MIGUEZA, F.E. Soil water improvements with the long-term use of a winter rye cover crop. **Agricultural Water Management**, v.172, p.40-50, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.04.006>.

BORTOLINI, P.C.; SANDINI, I.; CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A. Cereais de inverno submetidos ao corte no sistema duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.45-50, 2004. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000100007>.

BRUCKNER, P.L.; RAYMER P.L. Factors influencing species and cultivar choice of small grains for winter forage. **Journal of Production Agriculture**, v.3, p.349-355, 1990.

BURIN, C.; CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B.M.; TOEBE, M.; KLEINPAUL J.A. Plot size and number of replicates in times of sowing and cuts of millet. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.2, p.119-127, 2016. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n2p119-127>.

CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B.M.; TOEBE, M.; BURIN, C.; SANTOS, G.O.; FACCO, G.; NEU, I.M.M.; STEFANELLO, R.B. Tamanho de parcela e número de repetições em aveia preta. **Ciência Rural**, v.44, n.10, p.1732-1739, 2014a. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131466>.

CARGNELUTTI FILHO, A. STORCK, L.; LÚCIO, A.D.; TOEBE, M.; ALVES, B.M. Tamanho de unidades experimentais básicas e tamanho ótimo de parcelas para nabo-forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.4, p.309-319, 2016. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000400003>

CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B.M.; BURIN, C.; KLEINPAUL, J.A.; NEU, I.M.M.; SILVEIRA, D.L.; SIMÕES, F.M.; SPANHOLI, R.; MEDEIROS, L.B. Plot size and number of repetitions in forage pea. **Ciência Rural**, v.45, n. 7, p.1174-1182, 2015a. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141043>.

CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B.M.; BURIN, C.; KLEINPAUL, J.A.; SILVEIRA, D. L.; SIMÕES, F.M. Tamanho de parcela e número de repetições em canola. **Bragantia**, v.74, n.2, p.176-183, 2015b. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.0420>.

CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B.M.; FOLLMANN, D.N.; BEM, C.M. de; SCHABARUM, D.E.; STEFANELO, L.S.; WARTHA, C.A.; KLEINPAUL, J.A.; CHAVES, G.G.; ULIANA, D.B.; PEZZINI, R.V. Plot size and number of repetitions in vetch. **Bragantia**, v.76, n.2, p.178-188, 2017. <https://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.084>.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.1, p.17-24, 2007.

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; CASAROTTO, G.; ALVES, B.M. Planejamentos experimentais em nabo forrageiro semeado a lanço e em linha. **Bioscience Journal**, v.30, n.3, p.677-686, 2014b.

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; FICK, A.L.; CASAROTTO, G. Tamanhos de parcela e de ensaio de uniformidade em nabo forrageiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.9, p.1517-1525, 2011.

CASASSOLA, A.; BRAMMER, S.P. Translocações cromossômicas entre trigo e centeio: uma alternativa ao melhoramento. **Ciência Rural**, v.41, n.8, p.1307-1314, 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento - Acompanhamento da safra brasileira de grãos safra 2017/2018, v.5, n.8, p.1-145, Oitavo levantamento, 2018.

DONEDA, A.; AITA C.; GIACOMINI S.J.; MIOLA E.C.C.; GIACOMINI, D.A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. Biomass and decomposition of cover crop residues in monoculture and intercropping. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.6, p.1714-1723, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000600005>.

FACCO, G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B.M.; LAVEZO, A.; FOLLMANN, D.N.; BEM, C.M.; SCHABARUM, D.E.; KLEINPAUL, J.A.; CHAVES, G.G.; SILVEIRA, D.L.; SIMÕES, F.M.; ULIANA, D.B.; WARTHA, C.A. Basic experimental unit and plot sizes with the method of maximum curvature of the coefficient of variation in sunn hemp. **African Journal of Agricultural Research**, v.12, n.6, p.415-423, 2017. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11814>.

FERRAZZA, J.M.; SOARES A.B.; MARTIN, T.N.; ASSMANN, A.L.; MIGLIORINI, F.; NICOLA, V. Dinâmica de produção de forragem de gramíneas anuais de inverno em diferentes épocas de semeadura. **Ciência Rural**, v.43, n.7, p.1174-1181, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013005000086>.

FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; MINELLA, E.; CAIERÃO, E. Rendimento e valor nutritivo de cereais de inverno de duplo propósito: forragem verde e silagem ou grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2116-2120, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001100007>.

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

HACK, H.R. Components of error in field experiments with cotton, groundnuts, kenaf and sesame in the central Susan railands. I. Field and estatistical methods; increasing precision by replication and its cost. **Experimental Agriculture**, n.12, p.209-24, 1976.

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

HENRIQUES NETO, D.; SEDIYAMA, T.; SOUZA, M.A. de; LEITE, L.F.C.; BLANCO, F. F. Tamanho de parcela para avaliação da produção em trigo irrigado, sob dois sistemas de plantio. **Revista Ciência Agrônômica**, v.40, p.86-93, 2009.

HOFFMANN, W.; MUDRA, A.; PLARRE, W. **Lehrbuch der Züchtung Landwirtschaftlicher Kulturpflanzen**. Berlin: Verlag Paul Parey, 1970. v.2, 442p.

HOVARY, C.; DANEHOWER, D.A.; MA, G.; REBERG-HORTON, C.; WILLIAMSON, J.D.; BAERSON, S.R.; BURTON, J.D. Phytotoxicity and Benzoxazinone Concentration in Field Grown Cereal Rye (*Secale cereale* L.). **International Journal of Agronomy**, v.2016, p.11, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/6463826>.

KIM, W.; JOHNSON, J.W.; BAENZIGER, P.S.; LUKASZEWSKI, A.J.; GAINES, C.S. Agronomic effect of wheat-rye translocation carrying rye chromatin (1R) from different sources. **Crop Science**, v.44, n.4, p.1254-1258, 2004.

KORUCU, T.; SHIPITALO, M.J.; KASPAR, T.C. Rye cover crop increases earthworm populations and reduces losses of broadcast, fall-applied, fertilizers in surface runoff. **Soil and Tillage Research**, v.180, p.99-106, 2018.

LAVEZO, A.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BEM, C.M., BURIN, C.; KLEINPAUL, J.A.; PEZZINI, R.V. Plot size and number of replications to evaluate the grain yield in oat cultivars. **Bragantia**, v.76, n.4, p.512-520, 2017. <https://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.2016.410>.

LE CLERG, E.L. Significance of experimental design in plant breeding. In: FREY, K.J. **Plant breeding**. Ames: Iowa State University Press, 1967. 430 p.

LEHMEN, R.I.; FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. Rendimento, valor nutritivo e características fermentativas de silagens de cereais de inverno. **Ciência Rural**, v.44, n.7, p.1180-1185, 2014. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130840>.

LOHMOR, N.; KHAN, M.; KAPOOR, K.; BISHNOI, S. Estimation of Optimum Plot Size and Shape from a Uniformity Trial for Field Experiment with Sunflower (*Helianthus annuus*) Crop in Soil of Hisar. **International Journal of Plant & Soil Science**, v.15, n.5, p.1-5, 2017. <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2017/31613>.

LÚCIO, A.D.; MELLO, R.M.; STORCK, L.; CARPES, R.H.; BOLIGON, A.A.; ZANARDO, B. Estimativa de parâmetros para o planejamento de experimentos com a cultura do pimentão em área restrita. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.4, p.766-770, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000400020>

LÚCIO, A. D.; STORCK, L.; BANZATTO, D.A. Classificação dos experimentos de competição de cultivares quanto a sua precisão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.5, n.1, p.99-103, 1999.

MASOOD, M.A.; RAZA, I. Estimation of optimum field plot size and shape in paddy yield trial. **American-Eurasian Journal of Scientific Research**, v.7, n.6, p.264-269, 2012. <https://doi.org/10.5829/idosi.aejrs.2012.7.6.1926>.

MASOOD, M.A.; RAZA, I.; YASEEN, M. Estimation of optimum field plot size and shape in paddy yield trial. **Pakistan Journal of Agricultural Research**, v.25, n.4, p.280-287, 2012. <https://doi.org/10.5829/idosi.aejrs.2012.7.6.1926>.

MAYOR-DURÁN, V.M.; BLAIR, M.; MUÑOZ, J.E. Metodología para estimar el coeficiente de heterogeneidad del suelo, el número de repeticiones y el tamaño de parcela en investigaciones con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). **Acta Agronómica**, v.61, n.1, p.32-39, 2012.

MEINERZ, G.R.; OLIVO, C.J.; VIÉGAS, J.; NÖRNBERG, J.L.; AGNOLIN, C.A.; SCHEIBLER, R.B.; HORST, T.; FONTANELI, R.S. Silagem de cereais de inverno submetidos ao manejo de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.10, p.2097-2104, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001000005>.

MORI, C. de; NASCIMENTO JUNIOR, A.; MIRANDA, M.Z. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura do centeio no mundo e no Brasil**. Embrapa Trigo, Passo Fundo, 2013.

NASCIMENTO JUNIOR, A.; CAIERÃO, E.; MORI, C. de. BRS Progresso - Rye cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.14, n.3, p.207-208, 2014. <https://doi.org/10.1590/1984-70332014v14n3a32>.

NASCIMENTO JUNIOR, A.; BAIER, A.C. **Cultivo de centeio**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2.ed., 2006.

NIEMEYER, H.M. Hydroxamic acids derived from 2-hydroxy-2h-1,4-benzoxazin-3(4h) one: key defense chemicals of cereals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.57, n.5, p.1677-96, 2009. <https://doi.org/10.1021/jf8034034>.

NORO, G.; SCHEFFER-BASSO, S.M.; FONTANELI, R.S.; ANDREATTA, E. Gramíneas anuais de inverno para produção de forragem: avaliação preliminar de cultivares. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.7, n.1, p.35-40, 2003.

OLADEEBO, J.O.; OYETUNDE, O.T. Relationship between plot size and technical efficiency of cassava farms in oyo State of nigeria: a stochastic frontier analysis. **International Journal of Current Research**, v.5, n.10, p.2782-2786, 2013.

PANTOJA, J.L.; WOLI, K.P.; SAWYER, J.E.; BARKER, D.W. Winter rye cover crop biomass production, degradation, and nitrogen recycling. **Agronomy Journal**, v.108, n.2, p.841-853, 2016. <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0336>.

- PARANAÍBA, P.F.; FERREIRA, D.F.; MORAIS, A.R. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**, v.27, n.2, p.255-268, 2009.
- QI, Z.; HELMERS, M.J.; KALEITA, A.L. Soil water dynamics under various agricultural land covers on a subsurface drained field in north-central Iowa, USA. **Agricultural Water Management**, v.98, n.4, p.665-674, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.11.004>.
- QI, Z.; HELMERS, M.J. Soil water dynamics under winter rye cover crop in Central Iowa. **Vadose Zone Journal**, v.9, n.1, p.53-60, 2010. <https://doi.org/10.2136/vzj2008.0163>.
- RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F.; OLIVEIRA, A.C. de. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2012. 305 p.
- RESENDE, M.D.V.; SOUZA JÚNIOR, C.L. Número de repetições e tamanho de parcela para seleção de progênies de milho em solos sob cerrado e fértil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.8, p.781-788, 1997.
- ROSO, C.; RESTLE, J.; SOARES, A.B.; ANDREATTA, E. Aveia preta, triticale e centeio em mistura com azevém. Dinâmica, produção e qualidade de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.75-84, 2000.
- SANDHYA, V.; SANANSE, S.L. Estimation of optimum plot size and shape in agricultural experiments. **International Journal of Current Research**, v.8, n.3, p.27500-27504, 2016.
- SANTOS, D.; HAESBAERT, F.M.; LÚCIO, A.D.; STORCK, L.; CARGNELUTTI FILHO, A. Tamanho ótimo de parcela para a cultura do feijão-vagem. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.1, p.119-128, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000100015>.
- SANTOS, G.O. CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B.M.; BURIN, C.; FACCO, G.; TOEBE, M.; KLEINPAUL, J.A.; NEU, I.M.M.; STEFANELLO, R.B. Tamanho de parcela e número de repetições em feijão guandu. **Ciência Rural**, v.46, n.1, p.44-52, 2016. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150124>.
- SILVA, L.F.O. da; CAMPOS, K.A.; MORAIS, A.R. de; COGO, F.D.; ZAMBON, C.R. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com rabanetes. **Revista Ceres**, v.59, n.5, p.624-629, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000500007>.
- SINGH, V.P. Size and shape of plots and blocks on effective precision of field experiments with maize (a multivariate approach). **International Journal of Agricultural and Statistical Sciences**, v.11, n.2, p.497-502, 2015.
- SOUSA, R.P. de; SILVA, P.S.L.; ASSIS, J.P. de. Tamanho e forma de parcelas para experimentos com girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.4, p.683-690, 2016.
- SOUZA, M.; COMIN, J.C.; LEGUIZAMÓN, E.S.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; JÚNIOR, V. M.; VENTURA, B.; CAMARGO, A.P. Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. **Ciência Rural**, v.43, n.1, p.21-27, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000150>.

- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics**. 3. ed. Nova York: McGraw Hill, 1997. 666 p.
- STORCK, L.; GARCIA, D.C.; LOPES, S.J.; ESTEFANEL, V. **Experimentação vegetal**. 3. ed. Santa Maria: UFSM, 2016. 198 p.
- STORCK, L.; LOPES, S.J.; LÚCIO, A.D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Optimum plot size and number of replications related to selective precision. **Ciência Rural**, v.41, n.3, p.390-396, 2011.
- TABAGLIO, V.; MAROCCO, A.; SCHULZ, M. Allelopathic cover crop of rye for integrated weed control in sustainable agroecosystems. **Italian Journal of Agronomy**, v.8, n.1, p.35-40, 2013. <https://doi.org/10.4081/ija.2013.e5>
- VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Cultivo de centeio: Manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo, Embrapa Trigo, Sistema de produção, 2006.
- VELINI, E.D.; PALMA, V.; SOUZA, L.S.; MARTINS, D. Interferência de plantas daninhas na cultura do milho. I - Efeito do número de repetições sobre a precisão dos resultados obtidos. **Planta Daninha**, v.24, n.3, p.435-442, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582006000300003>.
- ZHANG, R.; WARRICK, A.W.; MYERS, D.E. Heterogeneity plot shape effect and optimum plot size. **Geoderma**, v.62, p.183-197, 1994.
- ZIECH, A.R.D.; CONCEIÇÃO, P.C.; LUCHESE, A.V.; BALIN, N.M.; CANDIOTTO, G.; GARMUS, T.G. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.5, p.374-382, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000500004>.
- ZOHARY, D.; HOPF, M. **Domestication of plants in the old world: The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley**. Oxford University Press Inc., New York, 2000.