

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

**TAMANHO DA UNIDADE EXPERIMENTAL BÁSICA E TAMANHO DE  
PARCELA PARA A MASSA VERDE DE CROTALÁRIA JUNCEA**

**TESE DE DOUTORADO**

**Giovani Facco**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2016**

**TAMANHO DA UNIDADE EXPERIMENTAL BÁSICA E TAMANHO DE  
PARCELA PARA A MASSA VERDE DE CROTALÁRIA JUNCEA**

**Giovani Facco**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa 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 grau de **Doutor em Agronomia.**

Orientador: Prof. Dr. Alberto Cargnelutti Filho

Santa Maria, RS, Brasil

2016

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado**

**TAMANHO DA UNIDADE EXPERIMENTAL BÁSICA E TAMANHO DE  
PARCELA PARA A MASSA VERDE DE CROTALÁRIA JUNCEA**

elaborada por  
**Giovani Facco**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Agronomia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Alberto Cargnelutti Filho, Dr. (UFSM)  
(Presidente/Orientador)**

---

**Leandro Homrich Lorentz, Dr. (UNIPAMPA)**

---

**Lindolfo Storck, Dr. (UTFPR)**

---

**Betania Brum, Dr. (UFTPR)**

---

**Sidinei José Lopes, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, 15 de julho de 2016.

## **DEDICATÓRIA**

Ao meu orientador, **Dr. Alberto Cargnelutti Filho**

Aos meus pais, Belmiro e Helena, minha irmã Beatriz, minha noiva Caroline, aos familiares e amigos, pelos constantes incentivos e a Deus pela saúde concedida.

**Dedico este trabalho!**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me concedido o dom da vida.

Aos meus pais por todo apoio em minha formação acadêmica.

À Universidade Federal de Santa Maria.

Ao professor Alberto Cargnelutti Filho pela orientação, dedicação e amizade.

À CAPES pela bolsa de doutorado concedida.

Aos demais professores dessa Instituição pelos ensinamentos indispensáveis e pela amizade.

Aos colegas do setor de Experimentação Agrícola pelo apoio incondicional, aos funcionários e amigos pela amizade, apoio, companheirismo e momentos de descontração.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta tese.

**Muito Obrigado!**

## RESUMO GERAL

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Universidade Federal de Santa Maria

### TAMANHO DA UNIDADE EXPERIMENTAL BÁSICA E TAMANHO DE PARCELA PARA A MASSA VERDE DE CROTALÁRIA JUNCEA

AUTOR: GIOVANI FACCO

ORIENTADOR: ALBERTO CARGNELUTTI FILHO

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 15 de julho de 2016.

O objetivo deste estudo foi verificar a influência do tamanho da unidade experimental básica na estimativa do tamanho de parcela, para avaliar a massa verde de parte aérea de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), por meio de três métodos de determinação de tamanho de parcela. Foram realizados dois ensaios de uniformidade em campo, na safra de 2014/2015. A semeadura dos ensaios foi em 22 de outubro de 2014 e em 03 de dezembro de 2014, na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, no Departamento de Fitotecnia, cada ensaio com área útil de 1152m<sup>2</sup>. Nas duas épocas de semeadura, foram avaliados os 48m×24m (1152m<sup>2</sup>) em unidades experimentais básicas (UEB) de 0,5m×0,5m (0,25m<sup>2</sup>), totalizando 4608UEB por época de semeadura. A colheita, em cada época de semeadura, foi realizada no florescimento da cultura. A partir da obtenção dos valores de massa verde de parte aérea das plantas de crotalária juncea de cada UEB, foram organizados distintos planos, com distintos tamanhos de UEB, para determinação do tamanho de parcela. Foi determinado o tamanho de parcela para cada tamanho de UEB planejado, por três distintos métodos: método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, método da máxima curvatura modificado e método de Hatheway. Para o método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, foram organizados 64 planos com UEB variando de 0,25m<sup>2</sup> a 64m<sup>2</sup>. Para o método da máxima curvatura modificado foram organizados 36 planos com UEB variando de 0,25m<sup>2</sup> a 16m<sup>2</sup> e para o método de Hatheway (1961), foram organizados 36 planos com UEB variando de 0,25m<sup>2</sup> a 16m<sup>2</sup>. A estimativa do tamanho ótimo de parcela para a avaliação da massa verde de crotalária juncea, depende do tamanho da unidade experimental básica, porém é independente do método utilizado para determinação do tamanho de parcela. É indicado avaliar a massa verde em unidades experimentais básicas de menor tamanho possível, para serem usadas na estimação do tamanho ótimo de parcela.

**Palavras chaves:** *Crotalaria juncea*, planejamento experimental, precisão experimental.

## **GENERAL ABSTRACT**

Doctoral Thesis  
Graduate Program in Agronomy  
Federal University of Santa Maria

### **BASIC EXPERIMENTAL UNIT SIZE AND PLOT SIZE TO EVALUATE THE FRESH MATTER OF BROWN HEMP**

**AUTHOR: GIOVANI FACCO**

**ADVISOR: ALBERTO CARGNELUTTI FILHO**

Place and Date of Defense: Santa Maria, July 15, 2016.

This study aimed to investigate the influence of the basic experimental unit size in the estimate of the plot size to evaluate the fresh matter of aerial part of brown hemp (*Crotalaria juncea* L.), using three different methods for determining the plot size. Two uniformity trials were carried out in the field during the 2014/2015 agricultural year. Uniformity trials with useful area of 1152m<sup>2</sup> were sown on October 22, 2014 and on December 03, 2014, in the experimental area of the Plant Science Department of the Federal University of Santa Maria. For both sowing dates, the 48m×24m (1152m<sup>2</sup>) area was evaluated in basic experimental units (BEU) of 0.5m×0.5m (0.25m<sup>2</sup>), totaling 4608 BEU for each sowing date. For each sowing date, the harvest was carried out during the crop flowering period. From the obtainment of fresh matter values of aerial part of brown hemp plants of each BEU, different plans were simulated with different sizes of BEU in order to determinate the plot size. Plot size was determined for each organized BEU size by three different methods: method of maximum curvature of the coefficient of variation model, the modified maximum curvature method and Hatheway method. For the method of maximum curvature of the coefficient of variation model, 64 plans were simulated with BEU ranging from 0.25m<sup>2</sup> to 64m<sup>2</sup>. For the modified maximum curvature method, 36 plans were simulated with BEU ranging from 0.25m<sup>2</sup> to 16m<sup>2</sup> and for the Hatheway method (1961), 36 plans were simulated with BEU ranging from 0.25m<sup>2</sup> to 16m<sup>2</sup>. The estimate of the optimum plot size to evaluate the fresh matter of brown hemp depends on the basic experimental unit size but it is independent of the method utilized to determine the plot size. Assessing the fresh matter in basic experimental units as small as possible is recommended in order to use it in the estimation of the optimum plot size.

**Keywords:** *Crotalaria juncea* L., experimental design, experimental precision.

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

Tabela 1 - Planos de unidades experimentais básicas (UEB) com tamanhos  $X=X_L \times X_C$ , em UEB e em  $m^2$ , e respectivas estimativas de coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem ( $\rho$ ), variância ( $s^2$ ), desvio padrão (s), média (m), coeficiente de variação do ensaio (CV, em %), tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ , em UEB) e tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ , em  $m^2$ ), para a massa verde de crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), em g  $0,25m^{-2}$ , avaliada aos 110 dias após a semeadura (DAS) (Época 1), em ensaio de uniformidade com 4608UEB de  $0,5m \times 0,5m$  ( $0,25m^2$ ). ..... 35

Tabela 2 - Planos de unidades experimentais básicas (UEB) com tamanhos  $X=X_L \times X_C$ , em UEB e em  $m^2$ , e respectivas estimativas de coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem ( $\rho$ ), variância ( $s^2$ ), desvio padrão (s), média (m), coeficiente de variação do ensaio (CV, em %), tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ , em UEB) e tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ , em  $m^2$ ), para a massa verde de crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), em g  $0,25m^{-2}$ , avaliada aos 97 dias após a semeadura (DAS) (Época 2), em ensaio de uniformidade com 4608UEB de  $0,5m \times 0,5m$  ( $0,25m^2$ ). ..... 36

### CAPÍTULO II

Tabela 1 - Formatação dos 36 planos (tamanhos de unidade experimental básica, em  $m^2$ ) planejados a partir de 4.608 unidades experimentais básicas de  $0,5m \times 0,5m$  ( $0,25m^2$ ) de uma matriz de 96 linhas e 48 colunas. Formatação dos 36 subplanos e relação dos subplanos usados em cada plano, para a determinação do tamanho de parcela pelo método de Meier & Lessman (1971) em cada plano.....49

Tabela 2 - Planos de unidades experimentais básicas (UEB) com tamanhos  $X=X_L \times X_C$ , em UEB e em  $m^2$ , e respectivas estimativas dos parâmetros das funções  $CV(x) = A/X^B$  e  $VU(x) = V1/X^b$ , coeficientes de determinação ( $R^2$ ), média de massa verde (g  $0,25m^{-2}$ ) nas parcelas de uma unidade básica (M1), coeficiente de variação do tamanho ótimo de parcela (CV  $X_o$ ), tamanho ótimo de parcela obtidos pelo método de Máxima curvatura modificado, em UEB ( $X_o$ ), e  $m^2(m^2)$ , para a massa verde de crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), em g  $0,25m^{-2}$ , avaliada aos 110 dias após a semeadura (DAS) (Época 1), em ensaio de uniformidade com 4608UEB de  $0,5m \times 0,5m$  ( $0,25m^2$ ).. ..... 50

Tabela 3 - Planos de unidades experimentais básicas (UEB) com tamanhos  $X=X_L \times X_C$ , em UEB e em  $m^2$ , e respectivas estimativas dos parâmetros das funções  $CV(x) = A/X^B$  e  $VU(x) = V1/X^b$ , coeficientes de determinação ( $R^2$ ), média de massa verde (g  $0,25m^{-2}$ ) nas parcelas de uma unidade básica (M1), coeficiente de variação do tamanho ótimo de parcela (CV  $X_o$ ), tamanho ótimo de parcela obtidos pelo método de Máxima curvatura modificado, em UEB ( $X_o$ ), e  $m^2(m^2)$ , para a massa verde de crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), em g  $0,25m^{-2}$ , avaliada aos 97 dias após a semeadura (DAS) (Época 2), em ensaio de uniformidade com 4608UEB de  $0,5m \times 0,5m$  ( $0,25m^2$ ).. ..... 51



### CAPÍTULO III

Tabela 1 - Planos de unidades experimentais básicas (UEB) com tamanhos  $X=X_L \times X_C$ , em UEB e em  $m^2$ , e respectivas estimativas dos parâmetros das funções  $CV_{(x)} = A/X^B$  e  $VU_{(x)} = V1/X^b$ , coeficientes de determinação ( $R^2$ ), média de massa verde (g  $0,25m^{-2}$ ) nas parcelas de uma unidade básica (M1), para a massa verde de crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), em g  $0,25m^{-2}$ , avaliada aos 110 e 97 dias após a semeadura (DAS) (Época 1 e 2), em ensaio de uniformidade com 4608UEB de  $0,5m \times 0,5m$  ( $0,25m^2$ )..... 65

Tabela 2 – Tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ ), em unidades experimentais básicas (UEB), estimado por meio da metodologia de Hatheway (1961), para planejamentos experimentais no delineamento blocos ao acaso, em cenários formados pelas combinações de tratamentos ( i ), repetições ( r ) e d diferenças entre médias (d%) de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, expressas em percentagem da média geral do experimento (precisão), para os dados de massa verde de crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), em g  $0,25m^{-2}$ , avaliada aos 110 dias após a semeadura (DAS) (Época 1), em ensaio de uniformidade com 4608UEB de  $0,5m \times 0,5m$  ( $0,25m^2$ )..... 66

Tabela 3 - Tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ ), em unidades experimentais básicas (UEB), estimado por meio da metodologia de Hatheway (1961), para planejamentos experimentais no delineamento blocos ao acaso, em cenários formados pelas combinações de i tratamentos, r repetições e d diferenças entre médias de tratamentos (d%) a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, expressas em percentagem da média geral do experimento (precisão), para os dados de massa verde de crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), em g  $0,25m^{-2}$ , avaliada aos 97 dias após a semeadura (DAS) (Época2), em ensaio de uniformidade com 4608UEB de  $0,5m \times 0,5m$  ( $0,25m^2$ )..... 67

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura 1 - Relações entre as variáveis dependentes - coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem ( $\rho$ ), desvio padrão ( $s$ ), média ( $m$ ), coeficiente de variação do ensaio (CV, em %), tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ , em UEB) e tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ , em  $m^2$ ) - com a variável independente tamanho de UEB ( $X$ , em UEB), para a massa verde de crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), em  $g\ 0,25m^{-2}$ , avaliada na primeira (Época 1) e na segunda (Época 2) época de semeadura.....37

### CAPÍTULO II

Figura 1 - Relações entre as variáveis dependentes - estimativa do CV para  $X$  igual a uma UB (A), índice de heterogeneidade do solo (b), estimativa de B ( $b/2$ ), estimativa da variância entre as parcelas de uma unidade básica (UB). (V1), tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ , em UEB) e tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ , em  $m^2$ ) com a variável independente tamanho de UEB ( $X$ , em UEB), para a massa verde de crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), em  $g\ 0,25m^{-2}$ , avaliada na primeira (Época 1) e na segunda (Época 2) época de semeadura.....52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Cfa – Clima temperado úmido com verão quente  
CV – Coeficiente de variação  
DAS – Dias após a semeadura  
GL – Graus de liberdade  
K<sub>2</sub>O – Óxido de Potássio  
Kg ha<sup>-1</sup> – Quilograma por hectare  
m<sup>2</sup> – Metros quadrados  
mm – Milímetro  
N – Nitrogênio  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – Pentóxido de Fósforo  
pH – Potencial hidrogeniônico  
UEB – Unidade experimental básica  
X<sub>C</sub> – Número de UEB adjacentes na coluna  
X<sub>L</sub> – Número de UEB adjacentes na linha  
X<sub>o</sub> – Tamanho de parcela

## SUMÁRIO

<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>18</b>
2.1 CULTURA DA CROTALÁRIA JUNCEA ( <i>Crotalaria juncea</i> L.) .....	18
2.2 TAMANHO DE PARCELA.....	20
2.3 INFLUÊNCIA DO TAMANHO DA UNIDADE EXPERIMENTAL BÁSICA NA DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DE PARCELA .....	22
<b>3 CAPÍTULO I: TAMANHOS DE UNIDADE EXPERIMENTAL BÁSICA E DE PARCELA EM <i>CROTALARIA JUNCEA</i> – MÉTODO DE PARANAÍBA (2009).....</b>	<b>24</b>
Resumo.....	24
Abstract.....	25
3.1 INTRODUÇÃO .....	26
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	27
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
3.4 CONCLUSÕES.....	31
3.5 AGRADECIMENTOS.....	31
3.6 REFERÊNCIAS.....	31
<b>4 CAPÍTULO II: TAMANHOS DE UNIDADE EXPERIMENTAL BÁSICA E DE PARCELA EM <i>CROTALARIA JUNCEA</i> – MÉTODO MEIER &amp; LESSMAN (1971) .....</b>	<b>38</b>
Resumo.....	38
Abstract.....	39
4.1 INTRODUÇÃO .....	40
4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	42
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	43
4.4 CONCLUSÕES.....	45
4.5 AGRADECIMENTOS.....	45
4.6 REFERÊNCIAS.....	45

<b>5 CAPÍTULO III: TAMANHOS DE UNIDADE EXPERIMENTAL BÁSICA E DE PARCELA EM CROTALÁRIA JUNCEA - MÉTODO DE HATHEWAY (1961).....</b>	<b>53</b>
Resumo.....	53
Abstract.....	54
<b>5.1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>55</b>
<b>5.2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>57</b>
<b>5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>59</b>
<b>5.4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>61</b>
<b>5.5 AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>61</b>
<b>5.6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>61</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>68</b>
<b>7 REFERÊNCIAS GERAIS .....</b>	<b>69</b>

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A crotalária juncea é uma leguminosa originária da Índia, com ampla adaptação as regiões tropicais, tem hábito de crescimento arbustivo ereto, atingindo 2 a 3 metros de altura. É, principalmente, utilizada como adubação verde e cobertura do solo, sendo capaz de produzir entre 40000 a 60000 kg ha<sup>-1</sup> de massa verde e entre 6000 a 8000 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca, podendo fixar de 180 (FAO, 2015) e 305 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (PERIN et al., 2004).

Inúmeros experimentos foram realizados com a cultura da crotalária juncea e os tamanhos de parcela utilizados foram distintos. Eiras & Coelho (2012) utilizaram parcelas de 12m<sup>2</sup>, Nascimento & Silva (2004) utilizaram parcelas de 20m<sup>2</sup>, César et al. (2011) utilizaram parcelas de 40m<sup>2</sup>. Na condução de experimentos agrícolas, é de grande relevância a redução do erro experimental e, conseqüentemente, o aumento da precisão. Uma melhor precisão experimental está aliada a obtenção de inferências precisas e pode ser alcançada, a partir do uso do tamanho de parcelas experimentais adequadas à cultura em estudo.

A fim da obtenção de inferências precisas, é necessário planejamento experimental adequado, para condução de experimentos a campo é necessário um correto dimensionamento do tamanho ótimo de parcela. Ensaio de uniformidade são ensaios sem tratamentos, com os tratamentos culturais homogêneos em toda área experimental. Desta forma, a área experimental é dividida em unidades experimentais básicas cuja produção é quantificada separadamente, de tal maneira que a produtividade de cada uma das unidades experimentais básicas pode ser somada para formar diferentes tamanhos e formas de parcelas. Esse método tem sido utilizado para a obtenção de dados a fim de estimar o tamanho ótimo de parcela (RAMALHO et al., 2012; STORCK et al., 2011).

O tamanho da unidade experimental básica (UEB), na estimativa do tamanho de parcela, não pode ser generalizado, pois é variável conforme o solo e a cultura em estudo, sendo assim, específico a cada cultura e condição, onde o ensaio for conduzido. Assim, é possível o tamanho da unidade experimental básica influenciar na estimativa do tamanho de parcela. O valor estimado do tamanho ótimo de parcela, por distintos métodos e com base em diferentes tamanhos de unidades experimentais básicas, deve ser o mesmo, independentemente do método ou então do tamanho da unidade experimental básica utilizados.

O tamanho da unidade experimental básica influencia na estimativa do tamanho de parcela para massa verde de tremço branco (*Lupinus albus* L.) em épocas de semeadura

(CARGNELUTTI FILHO et al., 2016).

O tamanho da unidade experimental básica, usado nos ensaios de uniformidade com a cultura batata, afeta a estimativa do tamanho ótimo de parcela pelo método da máxima curvatura modificado, independentemente do número de tratamentos, mantendo fixo o tamanho da área experimental (OLIVEIRA et al., 2005).

Para a cultura da crotalária juncea não se tem informações da influência do tamanho da unidade experimental básica na determinação de tamanho de parcela. A literatura consultada carece de informações sobre a influência do tamanho da unidade experimental básica na determinação do tamanho de parcela por diferentes métodos e em distintas épocas de semeadura. Considerando que cada método de determinação de tamanho e parcela, pode ser influenciado de forma distinta, quando varia a época de semeadura e o tamanho da unidade experimental básica.

Estudos que verificam a influência do tamanho da unidade experimental básica na estimativa do tamanho de parcela, entre diferentes métodos de determinação do tamanho de parcela e distintas épocas de semeadura, para avaliar a massa verde de parte aérea em experimentos de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.) não foram encontrados na literatura. Assim o objetivo deste estudo é verificar a influência do tamanho da unidade experimental básica na estimativa do tamanho de parcela, para distintos métodos de determinação do tamanho de parcela e distintas épocas de semeadura, para avaliar a massa verde de parte aérea em experimentos de crotalária juncea.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 CULTURA DA CROTALÁRIA JUNCEA (*Crotalaria juncea* L.)**

A crotalária juncea, originária da Índia, cultivada desde os tempos pré-históricos, é cultivada nos trópicos e subtropicais, especificamente, na Índia, Brasil e Paquistão Ocidental. Pertencente à família Leguminosae, subfamília Papilionoideae, tribo Crotalariaeae, a qual, atualmente, compreende 11 gêneros, que engloba mais de 600 espécies (VAN & SCHUTTE, 1995).

O principal uso da crotalária juncea é na adubação verde e cobertura do solo devido à cultura adaptar-se facilmente aos solos com pouca fertilidade e possuir grande potencial de fixação biológica de nitrogênio, sendo assim, destaca-se entre as diversas leguminosas cultivadas na região do cerrado (AMABILE et al., 2000). A crotalária juncea pode ser utilizada também na alimentação

animal como fonte proteica, sendo administrada como forma de pastejo, feno e silagem (FAO, 2015).

Dentre os principais adubos verdes, a crotalária juncea destaca-se pela precocidade, elevada produção de massa verde e pela produção de fibra de importância econômica (MOZAMBANI et al., 1993). Desenvolve-se melhor em pH entre 5,0 e 7,0, é naturalmente adaptada ao calor e às áreas semiáridas, sendo resistente à seca. Contribui com a qualidade do solo por sua habilidade em adicionar rapidamente nitrogênio e matéria orgânica ao solo (LEAL et al., 2012).

A adubação verde com crotalária juncea também pode interferir no manejo de plantas daninhas, suprimindo o desenvolvimento e evitando reinfestações, além de diminuir o banco de sementes devido aos efeitos alelopáticos e à competição por luz, água, oxigênio e nutrientes (SODRÉ FILHO et al., 2004; MONQUERO et al., 2009). A cultura da crotalária juncea promoveu maior controle sobre a vegetação espontânea quando comparada com amendoim forrageiro e guandu-anão, reduzindo, significativamente a infestação de plantas daninhas (SEVERINO & CHRISTOFFOLETI, 2001).

A crotalária juncea avaliada quanto ao potencial de supressão de plantas daninhas comparada à *Crotalaria spectabilis* e *Canavalia ensiformis* demonstrou ser mais eficiente, pois apresentou rápido crescimento, alto potencial competitivo por nutrientes e, principalmente, por luz (TIMOSSI et al., 2011). A adubação verde com crotalária, manejada na forma de consórcio com a cultura do quiabeiro, aumentou o número de frutos e a produtividade desta hortaliça (RIBAS et al., 2003).

O uso de crotalária juncea com o objetivo de controlar nematóides de solo em mudas de tomateiro foi eficiente, visto que, a planta tem efeito antagônico a fitonematóides e a incorporação da parte aérea da crotalária ao solo inibiu a infectividade do *Scutellonema bradys*. A semeadura de apenas crotalária ou então associada ao guandu demonstrou ser eficiente no controle de *Scutellonema bradys* e de *Rotylenchulus ensiformis*, sendo a crotalária uma alternativa de controle cultural destes fitonematóides (GARRIDO et al., 2008). Em camadas de solo compactadas, quando comparada com outras culturas como guandu, guandu anão, mucuna preta e labelabe, a crotalária juncea obteve o melhor desenvolvimento radicular (FOLONI et al., 2006).



## 2.2 TAMANHO DE PARCELA

A propósito da obtenção de inferências precisas sobre os tratamentos em avaliação, é necessário um correto dimensionamento do tamanho ótimo de parcela, a qual pode ser influenciada por fatores ambientais: tipo de solo, tipo de tratamento empregado, época de semeadura (STORCK et al., 2011). Com isso, é importante utilizar o tamanho correto de parcelas experimentais para que os fatores capazes de diminuir a precisão experimental possam ser minimizados, garantindo, conseqüentemente, a confiabilidade nos resultados obtidos.

Na condução de experimentos com a cultura da crotalária juncea, os tamanhos de parcela utilizados são diversos. EIRAS & COELHO (2012) na avaliação de diferentes espaçamentos de linhas de semeadura de crotalária juncea utilizaram parcelas de 12m<sup>2</sup>. Na avaliação do desempenho agrônomo de espécies leguminosas CÉSAR et al. (2011), utilizaram parcelas de 40m<sup>2</sup> e visando a avaliação quantitativa e qualitativa da fitomassa de leguminosas para uso como cobertura de solo, NASCIMENTO & SILVA (2004), utilizaram parcelas de 20m<sup>2</sup>. O tamanho ótimo de parcela pode ser determinado por distintas metodologias com base em diferentes princípios.

O tamanho ótimo de parcela pode ser estabelecido por métodos que se baseiam na lei da variância de Smith, que relaciona o tamanho de parcela e o número de repetições (SMITH, 1938), ou na identificação do ponto de forma visual (FEDERER, 1955), por métodos algébricos (LESSMAN & ATKINS, 1963; MÉIER & LESSMAN, 1971), com base em modelos de superfície de resposta (BARROS & TAVARES, 1995), a partir de experimentos com aplicação de tratamentos (ROSSETTI, 2002; ALVES & SERAPHIN, 2004), por uso do coeficiente de autocorrelação parcial de primeira ordem ou de regressão linear com resposta em *plateau* (PARANAÍBA et al., 2009a).

A lei da variância de Smith relaciona o tamanho de parcela e o número de repetições (SMITH, 1938) com o índice de heterogeneidade do solo (STORCK, 1979). Um estudo mais específico chamado de método da máxima curvatura modificado foi desenvolvido por LESSMAN & ATKINS (1963), que instituíram uma função do tipo  $Y = a/x^b$ , para explicar a relação entre coeficiente de variação (CV) e dimensão da parcela, admitindo que o ponto, o qual indica tamanho ótimo da parcela fosse apurado de forma algébrica, conferindo maior precisão aos resultados obtidos.

Segundo STORCK & UITDEWILLIGEN (1980), o método da máxima curvatura entre os coeficientes de variação e os respectivos tamanhos de parcelas, descrito por FEDERER (1955) pode

ser considerado como o precursor do método da máxima curvatura modificado (LESSMAN e ATKINS, 1963). Assim como o método da máxima curvatura entre os coeficientes de variação e tamanho da parcela de THOMAS (1974); o método da máxima curvatura entre a variância por unidade básica e do tamanho da parcela de THOMAS (1974) e o método da regressão múltipla, citado por LUGO (1977).

Métodos como o da Informação Relativa (KELLER, 1949), de HATHEWAY e WILLIAMS (1958), de HATHEWAY (1961), da máxima curvatura modificado (LESSMAN & ATKINS, 1963), da otimização (PABLOS & CASTILHO, 1966) e da correlação intraclassa (GOMES, 1984) também podem ser utilizados para a determinação do tamanho de parcelas experimentais.

O método de correlação intraclassa (GOMES, 1984) foi utilizado a fim de determinar o tamanho adequado de parcela para experimentação de campo com girassol (SOUSA et al., 2015), onde os autores concluíram que o aumento do número de repetições e do tamanho da parcela foram mais eficientes para aumentar a precisão experimental, que o incremento no número de cultivares.

A determinação do tamanho ótimo de parcela pode ser feita por diferentes métodos, dentre eles, destaca-se o método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, proposto por PARANAÍBA et al. (2009a) pelo benefício de não necessitar de agrupamento de unidades experimentais básicas adjacentes. Nesse método, a partir dos dados das unidades experimentais básicas de um ensaio de uniformidade, são estimados o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem, a variância e a média. Após, é determinado o tamanho ótimo de parcela. O método apresenta praticidade para determinação do tamanho ótimo de parcelas experimentais em arroz (PARANAÍBA et al., 2009a), em trigo e mandioca (PARANAÍBA et al., 2009b).

O método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação vem sendo utilizado para determinação do tamanho de parcela nas diversas culturas, como a avaliação da massa verde de aveia preta (*Avena strigosa Schreb*) (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014), massa verde de canola (*Brassica napus* L.) (CARGNELUTTI FILHO et al., 2015), massa de frutos de tomateiro, de feijão-vagem e de abobrinha italiana (SCHWERTNER et al., 2015), massa verde de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) (SANTOS et al., 2016).

Na avaliação do desempenho agrônômico de espécies leguminosas, com alta capacidade produtiva de massa verde e de sementes, em duas épocas de cultivo, CÉSAR et al., (2011) utilizaram o tamanho de parcela para cultura de crotalária juncea de 40m<sup>2</sup>, com linhas de 10,0m de

comprimento, espaçadas 0,5m e a área para avaliação de acúmulo de massa verde na parte aérea das plantas foi de 5m<sup>2</sup>.

Vários são os métodos para estimar o tamanho de parcela experimental com base em ensaios de uniformidade, possibilitando o cálculo das variâncias e dos coeficientes de variação das diferentes dimensões de parcelas (VIANA, 1999). O tamanho e a forma das parcelas não podem ser generalizados, pois variam com o solo e com a cultura em estudo, sendo que a determinação do tamanho de parcela deve ser feita para cada cultura em estudo e em cada local que possua condições climáticas e solo diferentes (VIANA et al., 2002).

Os tamanhos de parcela variam conforme o método utilizado na sua estimativa. A determinação do tamanho de parcela realizado com mais de um método, em um mesmo conjunto de dados, para uma mesma variável estudada, pode ter resultados distintos de tamanho de parcela, segundo o que ocorreu em ensaio de uniformidade com a cultura da batata (OLIVEIRA, 1994). Na cultura do milho, CARGNELUTTI FILHO et al. (2011a) compararam dois métodos de estimação do tamanho ótimo de parcela. Nesse estudo, as estimativas do tamanho ótimo de parcela obtida por meio do método da curvatura máxima modificada foram concordantes, mas maiores em relação às obtidas pelo método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação.

O tamanho ótimo de parcela, assim como a influência do tamanho da unidade experimental básica na determinação do tamanho de parcela para a cultura da crotalária juncea ainda carece de informações.

### 2.3 INFLUÊNCIA DO TAMANHO DA UNIDADE EXPERIMENTAL BÁSICA NA DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DE PARCELA

A influência do tamanho de parcela na precisão experimental foi estudada por alguns autores (HATHEWAY, 1961; LE CLERG, 1967; STEEL et al., 1997), a maioria demonstra que quanto maior o tamanho da parcela a ser utilizado, menor o erro experimental (VALLEJO & MENDOZA, 1992; ZHANG et al., 1994; ORTIZ, 1995). O tamanho ótimo de parcela obtido em ensaios de uniformidade, com a cultura da batata é mais influenciado pelo valor do coeficiente de variação entre as parcelas de uma unidade básica do que pelo índice de heterogeneidade da produtividade (OLIVEIRA et al., 2006).

O tamanho da unidade experimental básica na estimativa do tamanho de parcela não pode ser generalizado, pois é variável com o tipo de solo e com a cultura em estudo. O tamanho da

unidade experimental básica, usada nos ensaios de uniformidade com a cultura batata, afeta a estimativa do tamanho ótimo de parcela, independentemente do número de tratamentos, mantendo fixa a área do ensaio (OLIVEIRA et al., 2005).

Estudos sobre tamanho ótimo de parcela e o tamanho de ensaio de uniformidade para a estimação do tamanho ótimo de parcela, a fim de avaliar a massa verde de nabo forrageiro, concluíram que, com a intenção de avaliar a massa verde de nabo forrageiro, o tamanho ótimo de parcela é de 4,82 unidades experimentais básicas (UEB) de  $0,25\text{m}^2$  ( $1,20\text{m}^2$ ), e que ensaios de uniformidade com 225 unidades experimentais básicas de  $0,25\text{m}^2$  ( $56,25\text{m}^2$ ) são suficientes para a estimação do tamanho ótimo de parcela, para uma amplitude do intervalo de confiança de *bootstrap* de 95%, igual a uma unidade experimental básica (CARGNELUTTI FILHO, et al. 2011b).

A influência do tamanho da unidade experimental básica na estimativa do tamanho de parcela na cultura do tremoço branco (*Lupinus albus* L.), foi estudada por CARGNELUTTI FILHO et al., (2016), onde foi avaliada a massa verde aos 123, 137 e 150 dias após a semeadura. Em cada época de semeadura, foram avaliadas 432UEB de  $1\text{m}\times 1\text{m}$  ( $1\text{m}^2$ ) e formaram-se 16 planos de UEB com tamanhos entre 1 e  $16\text{m}^2$ . Os autores concluíram que o tamanho da unidade experimental básica influencia na estimativa do tamanho de parcela, sendo indicado avaliar a massa verde em unidades experimentais básicas de menor tamanho possível, para serem usadas na estimação do tamanho ótimo de parcela.

Até o momento, não foram encontradas informações sobre a influência da unidade experimental básica na determinação de tamanho de parcela para a cultura da crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.). A literatura consultada carece de informações sobre a influência do tamanho da unidade experimental básica na determinação do tamanho de parcela por diferentes métodos, e entre épocas de semeadura para a cultura da crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.). Sendo que cada método de determinação do tamanho de parcela, em cada época de semeadura da cultura da crotalária juncea, pode ser influenciado de forma diferente pela alteração no tamanho da unidade experimental básica.

### **3 CAPÍTULO I: TAMANHOS DE UNIDADE EXPERIMENTAL BÁSICA E DE PARCELA EM *Crotalaria juncea* – MÉTODO DE PARANAÍBA (2009)**

#### **Resumo**

O objetivo deste trabalho é verificar a influência do tamanho da unidade experimental básica (UEB) na estimativa do tamanho ótimo de parcela obtida pelo método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, para a avaliação da massa verde de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.). Avaliou-se a massa verde de crotalária juncea em ensaios de uniformidade em duas épocas de semeadura: aos 110 e 97 dias após a semeadura no momento do florescimento da cultura. Em cada época, foram avaliadas 4608UEB de 0,5m×0,5m (0,25m<sup>2</sup>) e formaram-se 64 planos de UEB com tamanhos entre 0,25 e 64m<sup>2</sup>. Em cada período de avaliação para cada plano de UEB, com os dados de massa verde, determinou-se o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem, a variância, o desvio padrão, a média, o coeficiente de variação do ensaio e o tamanho de parcela. A cada plano de UEB foi determinado o tamanho ótimo de parcela pelo método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação (Paranaíba et al., 2009a). A estimativa do tamanho ótimo de parcela depende do tamanho da unidade experimental básica. Com isso, é indicado avaliar a massa verde em UEB de menor tamanho possível, para serem usadas na estimação do tamanho ótimo de parcela.

**Palavras-chave:** *Crotalaria juncea* L., planejamento experimental, unidade experimental básica.

## Abstract

This study aimed to verify the influence of the basic experimental unit (BEU) size in the estimate of the optimum plot size obtained by the method of maximum curvature of the coefficient of variation model for the evaluation of fresh matter of brown hemp (*Crotalaria juncea* L.). Fresh matter of brown hemp was evaluated in uniformity trials in two sowing dates at 110 and 97 days after sowing, at the crop flowering time. In each sowing date, 4608 BEU of 0.5m×0.5m (0.25m<sup>2</sup>) were evaluated and 64 BEU plans were formed with sizes from 0.25m<sup>2</sup> to 64m<sup>2</sup>. In each evaluation period for each BEU plan, the first order spatial autocorrelation coefficient, variance, standard deviation, mean, coefficient of variation of the trial, and the plot size were determined with the fresh matter data. For each BEU plan, the optimum plot size was determined by the method of maximum curvature of the coefficient of variation model (Paranaíba et al., 2009a). The estimate of optimum plot size depends on the basic experimental unit size. Assessing the fresh matter in BEU as small as possible is recommended in order to use it in the estimation of the optimum plot size.

**Key words:** *Crotalaria juncea* L., experimental design, basic experimental unit.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A cultura da crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.) é uma opção para cobertura e proteção do solo devido a sua rusticidade, elevada produção de matéria seca e fixação de nitrogênio (SILVA & MENEZES, 2007), melhorando e mantendo a qualidade do solo, elevando a níveis consideráveis os teores de matéria orgânica e nutrientes (LEITE et al., 2010). O rápido desenvolvimento da cultura viabiliza o uso da crotalária juncea em sistemas de cultivo com rotação e sucessão de culturas, sendo a leguminosa com maior produção de matéria seca, quando comparada com mucuna cinza, feijão de porco, mucuna preta, lab-lab, crotalária spectabilis e guandu anão (TEODORO et al., 2011). Em estudo conduzido por ANDRADE NETO et al. (2010), os valores de massa fresca de parte aérea de crotalária juncea foram de 13,9 t ha<sup>-1</sup>.

Um dos aspectos a ser considerado, para que inferências realizadas em pesquisas agrícolas retratem a realidade experimental, é a utilização de um adequado tamanho ótimo de parcela, a fim de minimizar o erro experimental. É possível calcular o tamanho ótimo de parcela, a partir de dados obtidos em ensaios de uniformidade, nos quais não são aplicados tratamentos (STORCK et al., 2011; RAMALHO et al., 2012). Para avaliação de caracteres da cultura em estudo, a área experimental é dividida em unidades experimentais básicas (UEB) de menor tamanho possível, e com base nessas informações é determinado o tamanho de parcela.

A influência do tamanho da unidade experimental básica na estimativa do tamanho ótimo de parcela ainda é um ponto pouco estudado, porém OLIVEIRA et al. (2005) verificaram na cultura de batata (*Solanum tuberosum* L.), o efeito do tamanho da unidade experimental básica sobre o tamanho ótimo de parcela, estimado pelo método da curvatura máxima modificada (MEIER & LESSMAN, 1971), e concluíram que o tamanho da unidade experimental básica interfere na estimativa do tamanho ótimo de parcela. Na cultura do milho (*Zea mays* L.) STORCK et al. (2006a) identificaram as causas da variação nas estimativas do tamanho ótimo de parcelas, obtidas por diferentes métodos e concluíram que estimativa da variância entre parcelas de uma unidade básica e o índice de heterogeneidade interferem no tamanho ótimo de parcela, conseqüentemente, o tamanho ótimo de parcela depende do tamanho da unidade básica.

Na cultura do tremoço branco (*Lupinus albus* L.), o tamanho da unidade experimental básica influencia na estimativa do tamanho de parcela, sendo indicado avaliar a massa verde em unidades

experimentais básicas de menor tamanho possível, para serem usadas na estimação do tamanho ótimo de parcela (CARGNELUTTI FILHO et al., 2016).

Inúmeras metodologias são utilizadas para a estimação do tamanho ótimo de parcelas experimentais, como o método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação (PARANAÍBA et al., 2009a), sendo considerado adequado para a obtenção do tamanho ótimo de parcelas em trigo e mandioca (PARANAÍBA et al., 2009b). Este método possui uma vantagem sobre os demais que é dispensar o agrupamento de unidades experimentais básicas (UEB) adjacentes, ou seja, o pesquisador deve, apenas, obter estimativas da autocorrelação espacial de primeira ordem, da variância e da média, com base na parcela de tamanho igual a uma UEB.

Estimativas do tamanho de parcela através do método de Paranaíba et al. (2009a) foram realizadas para diversas culturas agrícolas, como massa verde de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) (CARGNELUTTI FILHO et al., 2011), avaliação da massa verde de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014a), massa verde de vagens, massa verde de parte aérea sem vagens e massa verde de parte aérea de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014b), massa verde de canola (*Brassica napus* L.) (CARGNELUTTI FILHO et al., 2015), massa verde de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) (CARGNELUTTI FILHO et al., 2016), fitomassa fresca de plantas de alface (*Lactuca sativa*) e a massa de frutos de pimentão (*Capsicum annuum*) (SCHWERTNER et al., 2015).

Estudos de tamanho ótimo de parcela, obtidas pelo método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação (PARANAÍBA et al., 2009a), com verificação na influência do tamanho da unidade experimental básica na cultura da crotalária juncea, não foram encontrados na literatura pesquisada. Assim, o objetivo deste trabalho é verificar a influência do tamanho da unidade experimental básica na estimativa do tamanho ótimo de parcela, para a avaliação da massa verde de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.).

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois ensaios de uniformidade com a cultura de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), em uma área experimental de 50m×52m do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul. Conforme classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido, com verões quentes e



sem estação seca definida (HELDWEIN et al., 2009). O solo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (SANTOS et al., 2013).

O experimento foi conduzido em um ano agrícola (2014/15), em duas épocas de semeadura: a primeira época foi realizada no dia 22 de outubro de 2014 e a segunda realizada no dia 03 de dezembro de 2014. A semeadura de ambos períodos realizados em fileiras de 0,50 m, com a densidade de 20 plantas por metro linear em uma área útil de 50m×26m (1300m<sup>2</sup>). A adubação de base foi de 15kg ha<sup>-1</sup> de N, 60kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Os ensaios de uniformidade conduzidos com tratamentos culturais realizados de forma homogênea em toda a área experimental, conforme sugerido por STORCK et al. (2011).

Em cada época de semeadura, na parte central do ensaio de uniformidade, foi demarcada uma área de 48m×24m (1152m<sup>2</sup>). A área de cada época foi dividida em 4608 unidades experimentais básicas (UEB) de 0,5m×0,5m (0,25m<sup>2</sup>) e formou uma matriz de 96 linhas e 48 colunas. Na primeira época de semeadura, aos 110 dias após a semeadura (DAS), e na segunda época de semeadura, aos 97 DAS, no momento do florescimento da cultura em cada UEB, as plantas foram cortadas rente ao solo e realizada a pesagem da massa verde, em gramas.

A cada período de semeadura, com os dados de massa verde das 4608UEB, foram formados 64 planos de UEB com tamanhos  $X=X_L \times X_C$  ( $X=0,25, 0,50, 0,75, 1, 1,5, 2, 2,25, 3, 4, 4,5, 6, 8, 9, 12, 16, 18, 24, 32, 36, 48, 64m^2$ ) (Tabelas 1 e 2). As siglas  $X_L$ ,  $X_C$  e  $X$ , significam, respectivamente, número de UEB adjacentes à linha, número de UEB adjacentes à coluna e tamanho de UEB, em número de UEB ou em metros quadrados. Assim, os 64 planos de UEB foram formados entre 0,5m×0,5m (1UEB=0,25m<sup>2</sup>) e 16×16 (256UEB=64m<sup>2</sup>) e, para a sua composição, foram somados os valores de massa verde de  $X_L$  UEB adjacentes à linha e de  $X_C$  UEB adjacentes à coluna.

Para cada plano de UEB, com os dados de massa verde, determinou-se o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem ( $\rho$ ), a variância ( $s^2$ ), o desvio padrão ( $s$ ), a média ( $m$ ) e o coeficiente de variação do ensaio ( $CV=100s/m$ , em %). A estimativa de  $\rho$  foi obtida no sentido das linhas, conforme metodologia de PARANAÍBA et al. (2009a). Com base no método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, proposto por Paranaíba et al. (2009a), foi determinado o tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ ), em UEB, por  $X_o = \left(10^3 \sqrt{2(1-\rho^2)s^2m}\right)/m$ . Determinou-se o tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ ), em m<sup>2</sup>, pelo produto de  $X_o$ , em UEB, pela área da UEB, em m<sup>2</sup>. As análises estatísticas foram realizadas no aplicativo Microsoft Office Excel<sup>®</sup>.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados de massa verde de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), houve variabilidade nas estimativas de autocorrelação espacial de primeira ordem ( $\rho$ ), do desvio padrão ( $s$ ), da média ( $m$ ), do coeficiente de variação do ensaio (CV), dos valores do tamanho ótimo de parcela  $X_o$  (UEB) e  $X_o$  ( $m^2$ ) (Figura 1), entre os distintos tamanhos de unidade experimental básica (UEB) planejados, e entre as duas épocas de semeadura. De maneira geral, o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem ( $\rho$ ) oscilou entre 0,01 e 0,60, aos 110DAS (época 1), entre 0,13 e 0,52, aos 97DAS (época 2). Esta pequena variabilidade dos valores de  $\rho$  entre os 64 planos de UEB com tamanhos  $X=X_L \times X_C$  ( $X=0,25, 0,50, 0,75, 1, 1,5, 2, 2,25, 3, 4, 4,5, 6, 8, 9, 12, 16, 18, 24, 32, 36, 48, 64m^2$ ), demonstra uma possível dependência do  $\rho$  em relação aos tamanhos de UEB (Tabelas 1 e 2). Os valores de  $\rho$  indicam se uma UEB é independente ( $\rho=0$ ) ou dependente ( $\rho=|1|$ ) da UEB adjacente, ou seja, ausência de correlação, ou presença de autocorrelação positiva ou negativa perfeita, respectivamente. O  $X_o$ , calculado pela expressão:  $X_o = \left(10^3 \sqrt{2(1-\rho^2)s^2m}\right)/m$ , PARANAÍBA et al. (2009a), com valores fixos de variância ( $s^2$ ) e média ( $m$ ), será máximo, quando houver independência entre as UEB adjacentes.

Nas duas épocas de avaliação da massa verde de crotalária juncea, houve aumento linear do desvio padrão ( $s$ ) e da média ( $m$ ), com o aumento dos tamanhos de UEB ( $X$ , em UEB) (Tabelas 1 e 2 e Figura 1). Os valores de desvio padrão ( $s$ ) aumentam em menor proporção que a média ( $m$ ), e os valores do coeficiente de variação do ensaio ( $CV=100s/m$ , em %), decrescem com padrão de modelo potência. No entanto, ocorreu oscilação de  $\rho$ , entre os 64 planos de UEB, sendo possível, que o tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ ) seja influenciado pelo tamanho da UEB, devido à variação do desvio padrão ( $s$ ) e da média ( $m$ ).

Os valores do coeficiente de variação (CV) oscilaram entre 8,76 a 52,30% para a época 1, e de 7,56 a 44,65% para época 2 (Tabelas 1 e 2), decrescendo com padrão modelo potência a medida que ocorre o aumento dos tamanhos de UEB ( $X$ , em UEB). Comportamento semelhante ao encontrado por LORENTZ et al. (2007), na cultura do trigo, onde os coeficientes de variação reduziram com o aumento do tamanho das parcelas planejadas. À medida que os valores do CV decrescem, ocorre decréscimo do mesmo padrão modelo potência para os valores do tamanho de parcela em UEB.

Em parcelas maiores, devido ao acréscimo dos tamanhos de UEB ( $X$ , em UEB), ocorre decréscimo dos valores do coeficiente de variação (CV), e, conseqüentemente, melhoria da precisão experimental, considerando que com pequenos incrementos no tamanho de UEB ( $X$ , em UEB), ocorre ganhos expressivos em precisão, ou seja, redução do CV e tendência a estabilização desses ganhos com o aumento das dimensões da UEB (Figura 1). Na cultura da batata, o  $X_o$  obtido em ensaios de uniformidade é mais influenciado pelo valor do coeficiente de variação entre as parcelas de uma unidade básica do que pelo índice de heterogeneidade da produtividade (OLIVEIRA et al., 2006).

Com o acréscimo dos tamanhos de UEB ( $X$ , em UEB), houve redução do tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ , em UEB), com padrão de modelo potência (Figura 1), oscilando entre 8,16 e 2,37UEB, para época 1 e, entre 7,31 e 2,06UEB, para época 2 (Tabelas 1 e 2). Contudo, o tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ , em  $m^2$ ) aumentou linearmente com o acréscimo dos tamanhos de UEB ( $X$ , em UEB) (Figura 1), oscilando entre 5,30 e 18,24 $m^2$ , para época 1 e entre 4,60 e 16,34 $m^2$ , para época 2 (Tabelas 1 e 2).

Assim, pode-se concluir que o tamanho ótimo de parcela, para a avaliação da massa verde de crotalária juncea, depende do tamanho da unidade experimental básica, concordando com o estudo de OLIVEIRA et al. (2005), que verificaram o efeito do tamanho da unidade experimental básica (1, 2, 3, 4, 6, 8 e 12 covas) sobre o tamanho ótimo de parcela, estimado pelo método da curvatura máxima modificada (MEIER & LESSMAN, 1971).

Para a cultura do tremoço branco (*Lupinus albus* L.), a massa verde foi avaliada em três épocas de semeadura, em 432 unidades experimentais básicas de 1 $m^2$  cada época de semeadura, formaram-se 16 planos, com tamanhos de unidades experimentais básicas variando de 1 a 16 $m^2$ . Sendo assim, os autores concluíram que a estimativa do tamanho ótimo de parcela depende do tamanho da unidade experimental básica, indicando a avaliação da massa verde em unidades experimentais básicas de menor tamanho possível, a fim de serem usadas na estimação do tamanho ótimo de parcela (CARGNELUTTI FILHO et al., 2016).

Nesses estudos, os autores concluíram que o tamanho da unidade experimental básica afeta a estimativa do tamanho ótimo de parcela. Desta forma, podemos concluir que o tamanho da unidade experimental básica deve ser o menor possível, para não superestimar o tamanho ótimo de parcela, visto que o tamanho ótimo de parcela é influenciado pelo tamanho de ensaio de uniformidade (STORCK et al., 2006b). Porém, o tamanho dos ensaios de uniformidade com a cultura de batata,

medido em número de covas, não influencia na estimativa do tamanho ótimo de parcela (STORCK et al., 2006b).

Tanto o tamanho da unidade experimental básica, quanto à variação entre as parcelas e a heterogeneidade da área experimental são fatores determinantes na estimativa do tamanho ótimo de parcela pelo método de PARANAÍBA et al. (2009a). Portanto, ao planejar o experimento, é importante considerar conjuntamente esses fatores, além de possíveis limitações da área experimental, custos financeiros para as avaliações, e a definição do tamanho de parcela em X UEB para o planejamento de experimentos com a cultura da crotalária juncea.

### 3.4 CONCLUSÕES

A estimativa do tamanho ótimo de parcela, para a avaliação da massa verde de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), considerado pelo método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, depende do tamanho da unidade experimental básica. É indicado avaliar a massa verde em unidades experimentais básicas de menor tamanho possível, com a intenção de serem usadas na estimação do tamanho ótimo de parcela.

### 3.5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsas aos autores. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo auxílio financeiro. E aos alunos que auxiliaram na coleta de dados.

### 3.6 REFERÊNCIAS

ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GOES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.14, p.124–130, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n2/v14n02a02.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015. doi: 10.1590/S1415-43662010000200002.

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, p.176-183, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v74n2/0006-8705-brag-167844990420.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015. doi: 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, p.1732-1739, 2014a. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v44n10/0103-8478-cr-44-10-01732.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015. doi: 10.1590/0103-8478cr20131466.

CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B. M.; TOEBE, M.; FACCO, G. Tamanhos de unidades experimentais básicas e de parcelas em tremoço branco. **Ciência Rural**, v. 46, p. 610-618, 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/cr/v46n4/1678-4596-cr-0103\\_8478cr20150756.pdf](http://www.scielo.br/pdf/cr/v46n4/1678-4596-cr-0103_8478cr20150756.pdf)>. Acesso em: 19 fev. 2016. doi: 10.1590/0103-8478cr20150756.

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, p.428-439, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v49n6/0100-204X-pab-49-06-00428.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015. doi: 10.1590/S0100-204X2013000700007.

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; ALVES, B. M.; NEU, I. M. M.; CASAROTTO, G.; FACCO, G. Tamanho de parcela e número de repetições em feijão de porco. **Ciência Rural**, v.44, p.2142-2150, 2014b. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v44n12/0103-8478-cr-44-12-02142.pdf.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015. doi: 10.1590/0103-8478cr20140317.

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

LEITE, L. F. C.; FREITAS, R. C. A.; SAGRILO, E.; GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.29-35, 2010. Disponível em: <<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/434/403>>. Acesso em: 10 set. 2015.

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**, v.35, p.129 - 135, 2007. Disponível em: <<http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/191>>. Acesso em: 10 set. 2015. doi: 10.15361/1984-5529.2007v35n2p129+-+135.

MEIER, V. D.; LESSMAN, K. J. Estimation of Optimum Field Plot Shape and Size for Testing Yield in *Crambe abyssinica* Hochst. **Crop Science**, Madison, v.11, p.648-650, 1971. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/11/5/CS0110050648?access=0&view=pdf>>. Acesso em: 15 set. 2015. doi: 10.2135/cropsci1971.0011183X001100050013x.

OLIVEIRA, S. J. R. de; STORCK, L., LUCIO, D. A.; LOPES, S. J.; MARTINI, L. F. D. Índice de heterogeneidade, coeficiente de variação e tamanho ótimo de parcela em batata. **Ciência Rural**, v.36, p.1710-1716, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v36n6/a07v36n6.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015. doi: 10.1590/S0103-84782006000600007.

OLIVEIRA, S. J. R.; STORCK, L.; LOPES, S. J.; LUCIO, A. D.; FEIJÓ, S.; DAMO, H. P. Plot size and experimental unit relationship in exploratory experiments. **Scientia Agricola**, v.62, p.585-589, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v62n6/a12v62n6.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015. doi: 10.1590/S0103-90162005000600012.

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, p.255-268, 2009a. Disponível em: <[http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v27/v27\\_n2/Patricia.pdf](http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v27/v27_n2/Patricia.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2015.

PARANAÍBA, P. F.; MORAIS, A. R. de.; FERREIRA, D. F. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: comparação de métodos em experimentos de trigo e mandioca. **Revista Brasileira de Biometria**, v.27, p.81-90, 2009b. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/RME>>. Acesso em: 10 set. 2015.

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

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. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

SCHWERTNER, D. V.; LUCIO, A. D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Uniformity trial size in estimates of plot size in restrict áreas. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, p.597-606, 2015. Disponível em: <<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/3554/1160>>. Acesso em: 10 set. 2015.

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C. Adubação orgânica de batata com esterco e, ou Crotalária juncea, disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.51-61, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n1/06.pdf>> Acesso em: 10 set. 2015. doi: 10.1590/S0100-06832007000100006.

STORCK, L.; GARCIA, D. C.; LOPES, S. J.; ESTEFANEL, V. **Experimentação vegetal**. (3.ed.). Santa Maria: UFSM. 200 p.2011.

STORCK, L.; BISOGNIN, D. A.; OLIVEIRA, S. J. R. Dimensões dos ensaios e estimativas do tamanho ótimo de parcela em batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.903-909, 2006b. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v41n6/30853.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015. doi: 10.1590/S0100-204X2006000600002.

STORCK, L.; MARTIN, T. N.; LUCIO, A. D.; LOPES, S. J.; SANTOS, P. M.; CARVALHO, M. P. Tamanho ótimo de parcela em experimentos com milho relacionado a metodologias. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, p.48-57, 2006a. Disponível em: <<http://www.abms.org.br/revista>>. Acesso em: 03 jul. 2015.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FAVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 35: 635-643, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n2/v35n2a32.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015.

Tabela 1 - Planos de unidades experimentais básicas (UEB) com tamanhos  $X=X_L \times X_C$ , em UEB e em  $m^2$ , e respectivas estimativas de coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem ( $\rho$ ), desvio padrão (s), média (m), coeficiente de variação do ensaio (CV, em %), tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ , em UEB) e tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ , em  $m^2$ ), para a massa verde de crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), em g  $0,25m^2$ , avaliada aos 110 dias após a semeadura (DAS) (Época 1), em ensaio de uniformidade com 4608 UEB de  $0,5m \times 0,5m$  ( $0,25m^2$ ).

Plano	$X_L$	$X_C$	X(UEB)	$X(m^2)$	n	$\rho$	s	m	CV(%)	$X_o$ (UEB)	$X_o(m^2)$
1	1	1	1	0,25	4608	0,08	563,98	1078,28	52,30	8,16	2,04
2	1	2	2	0,5	2304	0,16	838,63	2156,55	38,89	6,65	3,33
3	1	3	3	0,75	1536	0,22	1070,26	3234,83	33,09	5,93	4,45
4	1	4	4	1	1152	0,26	1294,33	4313,11	30,01	5,51	5,51
5	1	6	6	1,5	768	0,32	1700,47	6469,66	26,28	4,99	7,48
6	1	8	8	2	576	0,34	2080,39	8626,22	24,12	4,68	9,37
7	1	12	12	3	384	0,28	2846,89	12939,33	22,00	4,46	13,39
8	1	16	16	4	288	0,23	3519,46	17252,43	20,40	4,28	17,14
9	2	1	2	0,5	2304	0,11	812,48	2156,55	37,68	6,54	3,27
10	2	2	4	1	1152	0,17	1220,70	4313,11	28,30	5,38	5,38
11	2	3	6	1,5	768	0,25	1588,39	6469,66	24,55	4,83	7,25
12	2	4	8	2	576	0,37	1892,96	8626,22	21,94	4,36	8,72
13	2	6	12	3	384	0,42	2530,72	12939,33	19,56	3,98	11,94
14	2	8	16	4	288	0,43	3159,73	17252,43	18,31	3,79	15,17
15	2	12	24	6	192	0,36	4357,29	25878,65	16,84	3,67	22,00
16	2	16	32	8	144	0,25	5591,30	34504,87	16,20	3,66	29,30
17	3	1	3	0,75	1536	0,08	993,40	3234,83	30,71	5,72	4,29
18	3	2	6	1,5	768	0,18	1458,78	6469,66	22,55	4,61	6,92
19	3	3	9	2,25	512	0,29	1871,87	9704,49	19,29	4,08	9,19
20	3	4	12	3	384	0,36	2281,10	12939,33	17,63	3,78	11,35
21	3	6	18	4,5	256	0,43	3012,91	19408,99	15,52	3,40	15,28
22	3	8	24	6	192	0,44	3746,90	25878,65	14,48	3,23	19,38
23	3	12	36	9	128	0,40	5102,66	38817,98	13,15	3,07	27,64
24	3	16	48	12	96	0,19	6695,72	51757,30	12,94	3,18	38,19
25	4	1	4	1	1152	0,09	1150,86	4313,11	26,68	5,21	5,21
26	4	2	8	2	576	0,11	1709,72	8626,22	19,82	4,27	8,53
27	4	3	12	3	384	0,18	2186,02	12939,33	16,89	3,81	11,42
28	4	4	16	4	288	0,35	2553,33	17252,43	14,80	3,37	13,49
29	4	6	24	6	192	0,42	3359,00	25878,65	12,98	3,03	18,20
30	4	8	32	8	144	0,41	4184,31	34504,87	12,13	2,91	23,25
31	4	12	48	12	96	0,32	5661,62	51757,30	10,94	2,78	33,34
32	4	16	64	16	72	0,16	7358,50	69009,74	10,66	2,81	44,93
33	6	1	6	1,5	768	0,14	1462,01	6469,66	22,60	4,65	6,97
34	6	2	12	3	384	0,21	2215,26	12939,33	17,12	3,83	11,48
35	6	3	18	4,5	256	0,31	2867,25	19408,99	14,77	3,40	15,30
36	6	4	24	6	192	0,41	3486,74	25878,65	13,47	3,12	18,71
37	6	6	36	9	128	0,48	4625,00	38817,98	11,91	2,80	25,18
38	6	8	48	12	96	0,47	5781,85	51757,30	11,17	2,69	32,32
39	6	12	72	18	64	0,40	7823,62	77635,95	10,08	2,58	46,36
40	6	16	96	24	48	0,12	10571,02	103514,60	10,21	2,74	65,74
41	8	1	8	2	576	0,16	1757,76	8626,22	20,38	4,33	8,65
42	8	2	16	4	288	0,20	2685,52	17252,43	15,57	3,60	14,38
43	8	3	24	6	192	0,30	3486,13	25878,65	13,47	3,21	19,26
44	8	4	32	8	144	0,45	4196,65	34504,87	12,16	2,86	22,91
45	8	6	48	12	96	0,51	5569,15	51757,30	10,76	2,58	30,91
46	8	8	64	16	72	0,45	7196,78	69009,74	10,43	2,59	41,38
47	8	12	96	24	48	0,38	9668,45	103514,60	9,34	2,46	59,13
48	8	16	128	32	36	0,11	13027,99	138019,47	9,44	2,60	83,27
49	12	1	12	3	384	0,22	2339,03	12939,33	18,08	3,96	11,89
50	12	2	24	6	192	0,30	3640,53	25878,65	14,07	3,30	19,82
51	12	3	36	9	128	0,41	4824,25	38817,98	12,43	2,95	26,59
52	12	4	48	12	96	0,55	5902,92	51757,30	11,41	2,62	31,48
53	12	6	72	18	64	0,56	8009,48	77635,95	10,32	2,45	44,08
54	12	8	96	24	48	0,51	10249,21	103514,60	9,90	2,44	58,62
55	12	12	144	36	32	0,39	14060,29	155271,91	9,06	2,40	86,44
56	12	16	192	48	24	0,11	19133,25	207029,21	9,24	2,56	123,10
57	16	1	16	4	288	0,26	2797,68	17252,43	16,22	3,66	14,64
58	16	2	32	8	144	0,39	4386,11	34504,87	12,71	3,02	24,13
59	16	3	48	12	96	0,35	6178,69	51757,30	11,94	2,92	35,08
60	16	4	64	16	72	0,60	7328,79	69009,74	10,62	2,44	38,98
61	16	6	96	24	48	0,55	10099,39	103514,60	9,76	2,37	56,86
62	16	8	128	32	36	0,47	13047,54	138019,47	9,45	2,41	76,97
63	16	12	192	48	24	0,30	18143,33	207029,21	8,76	2,41	115,64
64	16	16	256	64	18	0,01	24560,49	276038,94	8,90	2,51	160,70

$X_L$ : UEB adjacentes à linha;  $X_C$ : UEB adjacentes à coluna; n, número de UEB com X UEB de tamanho ( $n=4608/X$ ).



Tabela 2 - Planos de unidades experimentais básicas (UEB) com tamanhos  $X=X_L \times X_C$ , em UEB e em  $m^2$ , e respectivas estimativas de coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem ( $\rho$ ), desvio padrão ( $s$ ), média ( $m$ ), coeficiente de variação do ensaio (CV, em %), tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ , em UEB) e tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ , em  $m^2$ ), para a massa verde de crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), em g  $0,25m^{-2}$ , avaliada aos 97 dias após a semeadura (DAS) (Época 2), em ensaio de uniformidade com 4608UEB de  $0,5m \times 0,5m$  ( $0,25m^2$ ).

Plano	$X_L$	$X_C$	X(UEB)	$X(m^2)$	N	$\rho$	s	m	CV(%)	$X_o$ (UEB)	$X_o(m^2)$
1	1	1	1	0,25	4608	0,15	394,74	884,11	44,65	7,31	1,83
2	1	2	2	0,5	2304	0,22	593,63	1768,22	33,57	5,99	2,99
3	1	3	3	0,75	1536	0,29	769,51	2652,33	29,01	5,37	4,03
4	1	4	4	1	1152	0,33	935,98	3536,44	26,47	5,00	5,00
5	1	6	6	1,5	768	0,32	1247,38	5304,66	23,51	4,63	6,95
6	1	8	8	2	576	0,33	1544,63	7072,88	21,84	4,40	8,80
7	1	12	12	3	384	0,33	2086,03	10609,32	19,66	4,10	12,29
8	1	16	16	4	288	0,29	2599,53	14145,76	18,38	3,96	15,83
9	2	1	2	0,5	2304	0,13	586,84	1768,22	33,19	6,01	3,00
10	2	2	4	1	1152	0,20	875,10	3536,44	24,75	4,90	4,90
11	2	3	6	1,5	768	0,27	1126,76	5304,66	21,24	4,38	6,56
12	2	4	8	2	576	0,28	1374,23	7072,88	19,43	4,11	8,23
13	2	6	12	3	384	0,31	1817,25	10609,32	17,13	3,76	11,27
14	2	8	16	4	288	0,29	2213,82	14145,76	15,65	3,55	14,21
15	2	12	24	6	192	0,31	2984,44	21218,64	14,07	3,29	19,75
16	2	16	32	8	144	0,30	3700,17	28291,51	13,08	3,14	25,15
17	3	1	3	0,75	1536	0,17	759,08	2652,33	28,62	5,42	4,06
18	3	2	6	1,5	768	0,19	1150,51	5304,66	21,69	4,49	6,74
19	3	3	9	2,25	512	0,27	1492,18	7956,99	18,75	4,02	9,05
20	3	4	12	3	384	0,29	1810,00	10609,32	17,06	3,76	11,28
21	3	6	18	4,5	256	0,29	2406,52	15913,98	15,12	3,47	15,64
22	3	8	24	6	192	0,33	2924,16	21218,64	13,78	3,23	19,39
23	3	12	36	9	128	0,38	3997,96	31827,95	12,56	3,00	27,01
24	3	16	48	12	96	0,40	4953,57	42437,27	11,67	2,84	34,10
25	4	1	4	1	1152	0,15	870,34	3536,44	24,61	4,91	4,91
26	4	2	8	2	576	0,15	1285,78	7072,88	18,18	4,01	8,02
27	4	3	12	3	384	0,23	1642,98	10609,32	15,49	3,57	10,70
28	4	4	16	4	288	0,27	1979,54	14145,76	13,99	3,31	13,24
29	4	6	24	6	192	0,31	2607,00	21218,64	12,29	3,01	18,05
30	4	8	32	8	144	0,45	3062,59	28291,51	10,83	2,66	21,26
31	4	12	48	12	96	0,40	4266,97	42437,27	10,05	2,57	30,86
32	4	16	64	16	72	0,44	5245,03	56583,03	9,27	2,40	38,46
33	6	1	6	1,5	768	0,19	1160,61	5304,66	21,88	4,52	6,78
34	6	2	12	3	384	0,18	1757,91	10609,32	16,57	3,76	11,28
35	6	3	18	4,5	256	0,30	2239,05	15913,98	14,07	3,30	14,85
36	6	4	24	6	192	0,28	2755,40	21218,64	12,99	3,15	18,88
37	6	6	36	9	128	0,35	3592,20	31827,95	11,29	2,82	25,37
38	6	8	48	12	96	0,45	4313,68	42437,27	10,16	2,54	30,50
39	6	12	72	18	64	0,41	5948,10	63655,91	9,34	2,44	43,97
40	6	16	96	24	48	0,49	7316,55	84874,54	8,62	2,25	53,92
41	8	1	8	2	576	0,22	1421,07	7072,88	20,09	4,25	8,51
42	8	2	16	4	288	0,18	2120,38	14145,76	14,99	3,51	14,06
43	8	3	24	6	192	0,27	2749,93	21218,64	12,96	3,15	18,89
44	8	4	32	8	144	0,27	3357,60	28291,51	11,87	2,97	23,74
45	8	6	48	12	96	0,35	4351,73	42437,27	10,25	2,64	31,72
46	8	8	64	16	72	0,48	5197,48	56583,03	9,19	2,35	37,65
47	8	12	96	24	48	0,43	7196,32	84874,54	8,48	2,27	54,56
48	8	16	128	32	36	0,46	8959,49	113166,06	7,92	2,15	68,68
49	12	1	12	3	384	0,27	1907,57	10609,32	17,98	3,91	11,74
50	12	2	24	6	192	0,23	2923,34	21218,64	13,78	3,30	19,82
51	12	3	36	9	128	0,38	3754,72	31827,95	11,80	2,88	25,88
52	12	4	48	12	96	0,28	4787,48	42437,27	11,28	2,86	34,33
53	12	6	72	18	64	0,36	6196,34	63655,91	9,73	2,54	45,77
54	12	8	96	24	48	0,51	7436,41	84874,54	8,76	2,25	53,97
55	12	12	144	36	32	0,45	10270,23	127311,81	8,07	2,18	78,65
56	12	16	192	48	24	0,49	12840,42	169749,08	7,56	2,06	98,66
57	16	1	16	4	288	0,30	2441,42	14145,76	17,26	3,79	15,15
58	16	2	32	8	144	0,28	3757,95	28291,51	13,28	3,19	25,56
59	16	3	48	12	96	0,39	4939,36	42437,27	11,64	2,85	34,14
60	16	4	64	16	72	0,31	6293,07	56583,03	11,12	2,82	45,06
61	16	6	96	24	48	0,38	8277,47	84874,54	9,75	2,53	60,75
62	16	8	128	32	36	0,52	9980,21	113166,06	8,82	2,25	72,05
63	16	12	192	48	24	0,47	13943,53	169749,08	8,21	2,19	105,10
64	16	16	256	64	18	0,48	17523,77	226332,11	7,74	2,10	134,21

$X_L$ : UEB adjacentes à linha;  $X_C$ : UEB adjacentes à coluna; n, número de UEB com X UEB de tamanho ( $n=4608/X$ ).

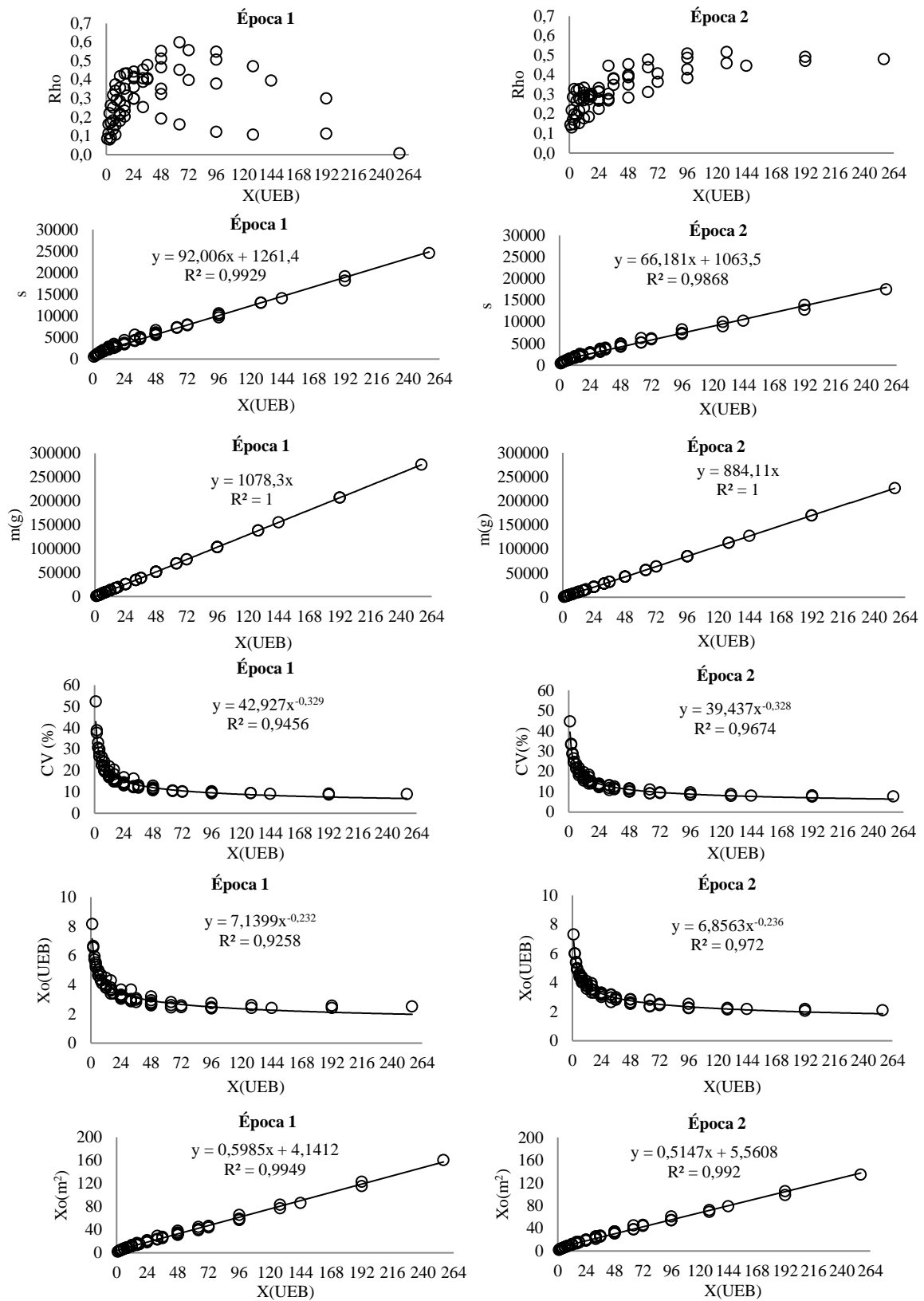


Figura 1 - Relações entre as variáveis dependentes, coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem ( $\rho$ ), desvio padrão ( $s$ ), média ( $m$ ), coeficiente de variação do ensaio ( $CV$ , em %), tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ , em UEB) e tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ , em  $m^2$ ) - com a variável independente tamanho de UEB ( $X$ , em UEB), para a massa verde de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), em  $g/0,25m^2$ , avaliada na primeira (Época 1) de semeadura e segunda (Época 2) época de semeadura.

#### 4 CAPÍTULO II: TAMANHOS DE UNIDADE EXPERIMENTAL BÁSICA E DE PARCELA EM *Crotalaria juncea* – MÉTODO MEIER & LESSMAN (1971)

##### Resumo

O objetivo deste trabalho é verificar a influência do tamanho da unidade experimental básica (UEB) na estimativa do tamanho ótimo de parcela, para a avaliação da massa verde de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.) pelo método da máxima curvatura modificado. Avaliou-se a massa verde de crotalária juncea, no momento do florescimento da cultura, em ensaios de uniformidade conduzidos em duas épocas de semeadura. Em cada época, foram avaliadas 4608UEB de 0,5m×0,5m (0,25m<sup>2</sup>) e formaram-se 36 planos de UEB com tamanhos entre 0,25 e 16m<sup>2</sup>. Em cada período de avaliação, a cada plano de UEB, com os dados de massa verde, realizou-se a estimativa do CV para X igual a uma UEB (A), estimativa de B (b/2), a variância da parcela de uma UEB (V1), o índice de heterogeneidade do solo (b), a média da parcela de uma UEB (M1), coeficiente de variação do tamanho de parcela, os coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e as estimativas de tamanhos ótimos de parcelas (Xo) pelo método da máxima curvatura modificado. A estimativa do tamanho ótimo de parcela pelo método da máxima curvatura modificado depende do tamanho da unidade experimental básica. É indicado avaliar a massa verde em UEB de menor tamanho possível, a fim de serem usadas na estimação do tamanho ótimo de parcela.

**Palavras-chave:** *Crotalaria juncea* L., planejamento experimental, unidade experimental básica.

## Abstract

This study aimed to verify the influence of the basic experimental unit (BEU) size in the estimate of the optimum plot size for the evaluation of fresh matter of brown hemp (*Crotalaria juncea* L.) by the modified maximum curvature method. Fresh matter of brown hemp was evaluated at the crop flowering time in uniformity trials carried out in two sowing dates. In each sowing date, 4608 BEU of 0.5m×0.5m (0.25m<sup>2</sup>) were evaluated and 36 BEU plans were formed with sizes from 0.25 to 16m<sup>2</sup>. In each evaluation period for each BEU plan, with the fresh matter data, estimate for CV for X equals to one BEU (A), estimate of B (b/2), variance of the plot of one BEU (V1), soil heterogeneity index (b), plot mean of one BEU (M1), coefficient of variation of the plot size, coefficients of determination (R<sup>2</sup>), and estimates of optimal plot size (X<sub>o</sub>) were performed through the modified maximum curvature method. The estimate of the optimum plot size by the modified maximum curvature method depends on the basic experimental unit size. Assessing the fresh matter in BEU as small as possible is recommended in order to use it in the estimation of the optimum plot size.

**Key words:** *Crotalaria juncea* L., experimental design, basic experimental unit.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

A cultura da crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), pertencente à família das Fabaceas, é uma planta de ciclo anual, ereta, arbustiva, de crescimento determinado, utilizada como adubação verde devido sua alta produção de matéria verde e simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio. A massa verde, uma vez, decomposta, libera rapidamente nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio para a cultura subsequente (PERIN et al., 2004), dentre as contribuições junto aos sistemas de produção, observa-se melhorias referente aos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (PUIATTI et al., 2015). O rápido desenvolvimento inicial da crotalária juncea promove sombreamento completo das plantas daninhas (DOURADO et al., 2001), com alto potencial de produção de massa verde em curto espaço de tempo, possui sistema radicular capaz de reestruturar camadas compactadas do solo, características desejáveis para culturas que são utilizadas como adubos verdes (ROSOLEM et al., 2002).

Objetivando que as pesquisas agrícolas retratem a realidade experimental, é necessário dimensionar o planejamento experimental do ensaio a fim de contemplar toda variabilidade existente no cultivo da crotalária juncea. Uma das formas de retratar a realidade experimental é a utilização de um adequado tamanho ótimo de parcela, que pode ser obtido a partir de ensaios de uniformidade, ensaios sem aplicação de tratamentos (STORCK et al., 2011; RAMALHO et al., 2012). Para avaliação do tamanho ótimo de parcela de caracteres de uma determinada cultura, o ensaio de uniformidade é dividido em unidades experimentais básicas (UEB) de menor tamanho possível, para obtenção das estimativas necessárias para determinação do tamanho ótimo de parcela.

O tamanho da unidade experimental básica é determinado pelo pesquisador podendo variar, conforme o objeto de estudo, não havendo um tamanho ideal para cada cultura, porém faz-se o uso do menor tamanho possível. A influência do tamanho da unidade experimental básica na estimativa do tamanho ótimo de parcela ainda é pouco estudada em culturas de cobertura de solo como a crotalária juncea. OLIVEIRA et al. (2005) verificaram o efeito do tamanho da unidade experimental básica sobre o tamanho ótimo de parcela na cultura de batata (*Solanum tuberosum* L.) e concluíram que o tamanho da unidade experimental básica influencia a estimativa do tamanho ótimo de parcela. Entre as causas da variação nas estimativas do tamanho ótimo de parcela, o índice de heterogeneidade do solo e do material experimental são fatores que podem alterar o tamanho ótimo

de parcela (STEEL et al., 1997), no entanto o tamanho e a heterogeneidade da unidade experimental básica pode alterar a variância e o índice de heterogeneidade do solo, alterando assim o tamanho ótimo de parcela.

Dentre os métodos estatísticos de estimação do tamanho ótimo de parcela, alguns são oriundos da relação empírica descrita por SMITH (1938), a qual estima o índice de heterogeneidade do solo (b) que visa descrever a correlação entre as parcelas adjacentes. Dentre os métodos derivados de SMITH (1938), destaca-se o método da curvatura máxima modificada de MEIER & LESSMAN (1971), que estima o tamanho de parcela com base no valor do índice de heterogeneidade do solo (b), este que, por sua vez, não compreende apenas a variação real do solo, mas sim as variações ocorridas na coleta dos dados experimentais e ainda as variações naturais da produção das plantas como o clima, o manejo, entre outros fatores (SMITH, 1938).

Os valores do índice heterogeneidade do solo próximo a um (1) indicam alta heterogeneidade do solo, ou seja, possui baixa correlação entre as parcelas adjacentes (GOMEZ & GOMEZ, 1984), inflacionando assim o tamanho ótimo de parcela. Não foi encontrado na literatura pesquisada, se o tamanho da unidade experimental básica influencia a estimativa do tamanho ótimo de parcela pelo método de MEIER & LESSMAN (1971), para a cultura da crotalária juncea, visto que, alterando o tamanho da unidade experimental básica, altera as estimativas de variância e o índice de heterogeneidade do solo, e conseqüentemente a estimativa do tamanho ótimo de parcela.

Estimativas do tamanho de parcela pelo do método de MEIER & LESSMAN (1971) tem sido realizado para as mais diversas culturas agrícolas, como avaliação do número de espigas, peso de espigas e a produtividade de grãos na cultura do trigo em plantio direto (*Triticum aestivum*) (LORENTZ et al., 2007), na avaliação do rendimento de grãos de sorgo, em duas épocas de semeadura (BRUM et al., 2008), na avaliação de híbridos de milho simples, triplo e duplo (*Zea mays* L.) (CARGNELUTTI FILHO et al., 2011). Há estimativas do tamanho de parcela pelo método de MEIER & LESSMAN (1971) nas diversas culturas, destacando a importância deste método e sua ampla utilização por pesquisadores da área.

Estudos de tamanho ótimo de parcela, obtidas pelo método da curvatura máxima modificada MEIER & LESSMAN (1971), que verificam a influência do tamanho da unidade experimental básica na cultura da crotalária juncea, não foram encontrados na literatura. Assim, o objetivo deste trabalho é verificar a influência do tamanho da unidade experimental básica na estimativa do tamanho ótimo de parcela, para a avaliação da massa verde de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.).

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois ensaios de uniformidade com a cultura de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), em uma área experimental de 50m×52m do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul. Pela classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido, com verões quentes e sem estação seca definida (HELDWEIN et al., 2009). O solo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (SANTOS et al., 2013).

O experimento foi conduzido durante um ano agrícola (2014/2015), em duas épocas de semeadura: na primeira época, a semeadura foi realizada no dia 22 de outubro de 2014, e na segunda, a semeadura foi realizada no dia 03 de dezembro de 2014. A semeadura de ambos períodos foi realizada em fileiras de 0,50m, com a densidade de 20 plantas por metro linear em uma área útil de 50m×26m (1.300m<sup>2</sup>). A adubação de base foi de 15kg ha<sup>-1</sup> de N, 60kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Os tratos culturais no ensaio de uniformidade foram os mesmos em toda a área experimental, conforme sugerido por (STORCK et al., 2011).

Em cada época de semeadura, na parte central do ensaio de uniformidade, foi demarcada uma área de 48m×24m (1152m<sup>2</sup>). A área de cada época foi dividida em 4608 unidades experimentais básicas (UEB) de 0,5m×0,5m (0,25m<sup>2</sup>) e formou-se uma matriz de 96 linhas e 48 colunas. Na primeira época de semeadura, aos 110 dias após a semeadura (DAS), e na segunda época, aos 97 DAS, no momento do florescimento da cultura, em cada UEB, as plantas foram cortadas rente ao solo e realizado a pesagem da massa verde, em gramas.

Em cada época de semeadura, com os dados de massa verde das 4608UEB, foram planejados 36 tamanhos (planos), com distintos números de subplanos (Tabela 1), de UEB com tamanhos  $X=X_L \times X_C$  ( $X=0,25, 0,50, 0,75, 1, 1,5, 2, 2,25, 3, 4, 4,5, 6, 8, 9, 12, 16m^2$ ) (Tabelas 2 e 3). As siglas  $X_L$ ,  $X_C$  e  $X$ , significam, respectivamente, número de UEB adjacentes à linha, número de UEB adjacentes à coluna e tamanho de UEB, em número de UEB ou em metros quadrados. Assim, os 36 planos de UEB foram formados entre 0,5m×0,5m (1UEB=0,25m<sup>2</sup>) e 8×8 (64UEB=16m<sup>2</sup>) e para a sua composição foram somados os valores de massa verde de  $X_L$  UEB adjacentes à linha e de  $X_C$  UEB adjacentes à coluna, dos quais foram obtidos os valores do número de parcelas ( $n=4608/X$ ).

A cada um dos 36 planos, determinou-se para o caractere massa verde:  $n$  = número de parcelas (UEB) com  $X$  UEB de tamanho,  $X$  = tamanho da UEB em  $m^2$ , estimativa do CV para  $X$  igual a uma UEB ( $A$ ), estimativa de  $B$  ( $b/2$ ), da função  $CV(x)=A/X^B$  (1), a variância da parcela de uma UEB ( $V1$ ), o índice de heterogeneidade do solo ( $b$ ) e a partir da relação de Smith, (1938),  $VU(x)=V1/X^b$  (2), determinou-se a média da parcela de uma UEB ( $M1$ ), o coeficiente de variação do tamanho de parcela, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e as estimativas de tamanhos ótimos de parcelas ( $X_o$ ) pelo método da máxima curvatura modificado (MEIER & LESSMAN, 1971) (Tabelas 2 e 3).

Os parâmetros  $V1$  e  $b$  foram estimados mediante a transformação logarítmica da função e da ponderação pelos graus de liberdade (STEEL et al., 1997). De forma semelhante, procedeu-se a estimação dos parâmetros  $A$  e  $B$  da função  $CV(x)=A/X^B$  (1) e o coeficiente de variação do tamanho de parcela. Além das estimativas já definidas, também foram determinados os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e as estimativas de tamanhos ótimos de parcelas ( $X_o$ ). A estimativa do tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ ) foi realizada pelo método da máxima curvatura modificado MEIER & LESSMAN (1971):  $X_o = \left[ \frac{A^2 B^2 (2B+1)}{B+2} \right]^{\frac{1}{2B+2}}$ . Determinou-se o tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ ), em  $m^2$ , pelo produto de  $X_o$ , em UEB, pela área da UEB, em  $m^2$ . Os cálculos foram realizados com o auxílio do aplicativo Microsoft Office Excel®.

#### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados de massa verde de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), houve variabilidade das estimativas do índice de heterogeneidade do solo, das estimativas dos parâmetros  $A$  e  $B$  da função  $CV(x)=A/X^B$ , das médias das parcelas de uma unidade básica ( $M1$ ), e dos tamanhos ótimos de parcela ( $X_o$ ) e ( $m^2$ ), entre as épocas de semeadura (Tabelas 2 e 3). A variabilidade entre as épocas de semeadura provavelmente é atribuída as variações nas condições ambientais, devido aos ensaios serem implantados em épocas de semeadura diferentes. As variações entre as médias de uma mesma época de semeadura são decorrentes do tamanho variável do ensaio em  $X_L$  (número de UEB adjacentes à linha)  $X_C$  (número de UEB adjacentes à coluna).

As estimativas do índice de heterogeneidade do solo para época 1 oscilaram entre 0,36 a 0,84, para época 2 foram encontrados valores menores, oscilando entre 0,27 a 0,78, sendo que, para a época 1, 19,44% dos valores do índice de heterogeneidade do solo são maiores que 0,7, e para a



época 2, 13,88% dos valores da heterogeneidade do solo são maiores que 0,7, indicando a existência de baixa correlação entre parcelas adjacentes, entre as duas épocas de avaliação, o valor mínimo do índice de heterogeneidade do solo foi de 0,27. Segundo HALLAUER (1964), as estimativas de  $b$  variam menos entre locais do que entre anos, e conforme interpretação de LIN & BINNS (1986), casos de índice de heterogeneidade do solo com valores próximos a zero deve-se usar maior número de repetições e parcelas de menor tamanho, a fim de maximizar a precisão experimental.

A metodologia de MEIER & LESSMAN (1971) determina o tamanho ótimo de parcela com base nas estimativas dos parâmetros  $A$  e  $B$ , que são variáveis e dependentes de outros parâmetros, como a variância do índice de heterogeneidade do solo, que, por sua vez, são dependentes do tamanho da unidade experimental básica e de maneira geral, com o aumento do tamanho da unidade experimental básica, diminui as estimativas de  $A$  e  $B$ , diminuindo também o tamanho ótimo de parcela em unidades experimentais básicas  $X_o$  (UEB) (Figura 1). Na cultura da batata, quanto maior for a largura do ensaio, menores serão as estimativas de  $A$ ,  $B$ ,  $b$  e  $X_o$  e quanto maior o comprimento da área do ensaio, maior a precisão do experimento (STORCK et al., 2006).

As estimativas das equações (1) e (2) para as duas épocas de semeadura são confiáveis, considerando que os coeficientes de determinação ( $r^2$ ) para época 1 oscilaram entre 0,73 e 0,99 e para época 2, entre 0,77 e 0,99 (Tabelas 2 e 3), nota-se que com o aumento do tamanho das unidades experimentais básicas ocorre um pequeno decréscimo nos valores do  $R^2$ . Para a equação (2), valor semelhante de  $r^2$  foi encontrado para massa verde total de parte aérea para a cultura de mucuna cinza ( $r^2=0,9288$ ) (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014).

As estimativas dos valores de  $V1$  tiveram crescimento do tipo padrão linear em relação ao aumento do tamanho da unidade experimental básica, sendo que para a época 2, obteve-se menores escores quando comparados com a época 1. Variabilidade das estimativas de  $V1$  foram encontradas entre anos agrícolas e entre locais no mesmo ano para a cultura de trigo em plantio direto (LORENTZ et al., 2007).

Os valores do tamanho ótimo de parcela em UEB ( $X_o$ , em UEB) decrescem em formato do tipo potência, à medida que aumenta o tamanho da unidade experimental básica, diferindo do comportamento do tamanho ótimo de parcela em  $m^2$  ( $X_o$ , em  $m^2$ ). Em relação ao aumento do tamanho da unidade experimental básica, no qual, à proporção que aumenta o tamanho da unidade experimental básica, acrescenta o tamanho de parcela ( $X_o$ , em  $m^2$ ) de forma linear.

Pode-se concluir que o tamanho ótimo de parcela, para a avaliação da massa verde de crotalária juncea, depende do tamanho da unidade experimental básica. OLIVEIRA et al. (2005)

verificaram o efeito do tamanho da unidade experimental básica (1, 2, 3, 4, 6, 8 e 12 covas) sobre o tamanho ótimo de parcela, considerado pelo método da curvatura máxima modificada (MEIER & LESSMAN, 1971) e concluíram que o tamanho da unidade experimental básica afeta a estimativa do tamanho ótimo de parcela, sem alterar a precisão experimental. O tamanho da unidade experimental básica deve ser o menor possível, para não superestimar o tamanho ótimo de parcela, visto que o tamanho ótimo de parcela é influenciado pelo tamanho de ensaio de uniformidade (STORCK et al., 2006).

A dimensão da unidade experimental básica é fator determinante na estimativa do tamanho ótimo de parcela pelo método de MEIER & LESSMAN (1971). Portanto, ao planejar o experimento, é importante considerar o dimensionamento da unidade experimental básica, além de possíveis limitações de área experimental, custos financeiros e a definição do tamanho de parcela em X UEB, para o planejamento de experimentos com a cultura da crotalária juncea, com base nos critérios do pesquisador.

#### 4.4 CONCLUSÕES

A estimativa do tamanho ótimo de parcela, a fim da avaliação da massa verde de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), realizada pelo método de MEIER & LESSMAN (1971), depende do tamanho da unidade experimental básica. É indicado avaliar a massa verde em unidades experimentais básicas de menor tamanho possível, para serem usadas na estimação do tamanho ótimo de parcela.

#### 4.5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsas aos autores. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo auxílio financeiro. E aos alunos que auxiliaram na coleta de dados.

#### 4.6 REFERÊNCIAS

BRUM, B.; LOPES, S. J.; STORCK, L.; SANTOS, V. J.; BENS, V.; LOVATO, C. Tamanho ótimo de parcela para ensaios com sorgo granífero em duas épocas de semeadura. **Ciência Rural**, v.38, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v38n2/a03v38n2.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2015. doi: 10.1590/S0103-84782008000200003.

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; ALVES, B. M.; BURIN, C.; NEU, I. M. M.; FACCO, G. Tamanho de parcela para avaliar a massa de plantas de mucuna cinza. **Comunicata Scientiae**, v.5, p.196-204, 2014. Disponível em: <<http://comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/328/245f>>. Acesso em: 15 set. 2015.

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; CASAROTTO, G.; FICK, A. L. Tamanho ótimo de parcela em milho com comparação de dois métodos. **Ciência Rural**, v.41, p. 1890-1898, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v41n11/a18011cr5620.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2015. doi:10.1590/S0103-84782011001100007.

DOURADO, M. C.; SILVA, T. R. B. da.; BOLONHEZI, A. C. Matéria seca e produção de grãos de Crotalaria juncea L. submetida à poda e adubação fosfatada. **Scientia Agricola**, Piracicaba. v.58, p.287-293, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v58n2/4419.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2015. doi: 10.1590/S0103-90162001000200011.

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

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

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

LIN, C. S.; BINNS, M. R. Relative efficiency of two randomized block designs having different plot size and numbers of replications and of plots per block. **Agronomy Journal**, v.78, p.531-534, 1986. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/78/3/AJ0780030531>>. Acesso em: 15 set. 2015. doi: 10.2134 /agronj1986.00021962007800030029x.

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**, v.35, p.129 - 135, 2007. Disponível em: <<http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/191>>. Acesso em: 10 set. 2015. doi: 10.15361/1984-5529.2007v35n2p129+-+135.

MEIER, V. D.; LESSMAN, K. J. Estimation of Optimum Field Plot Shape and Size for Testing Yield in Crambe abyssinica Hochst. **Crop Science**, Madison, p.648-650, 1971. Disponível em:

<<https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/11/5/CS0110050648?access=0&view=pdf>>. Acesso em: 15 set. 2015. doi: 10.2135/cropsci1971.0011183X001100050013x.

OLIVEIRA, S. J. R.; STORCK, L.; LOPES, S. J.; LUCIO, A. D.; FEIJÓ, S.; DAMO, H. P. Plot size and experimental unit relationship in exploratory experiments. **Scientia Agricola**, v.62, p.585-589, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v62n6/a12v62n6.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2015. doi: 10.1590/S0103-90162005000600012.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 35-40, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v39n1/19581.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2015.

PUIATTI, M.; OLIVEIRA, N. L. C.; CECON, P. R.; BHERING, A. da S. Consorciação de taro e crotalária manejada com corte rente ao solo e poda na altura do dossel. **Revista Ceres**. v.62, p.275-283, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rceres/v62n3/0034-737X-rceres-62-03-00275.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2015. doi: 10.1590/0034-737X201562030007.

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

ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S. Root growth and nutrient accumulation in cover crops as affected by soil compaction. **Soil Tillage Research**, v.65, p.109-115, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198701002860>>. Acesso em: 15 set. 2015. doi: 10.1016/S0167-1987(01)00286-0.

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. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

SMITH, H. F. An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. **The Journal Agricultural Science**, Cambridge, v.28, p.1-23, 1938. Disponível em: <<http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=4689276&fileId=S0021859600050516>>. Acesso em: 15 set. 2015. doi: 10.1017/S0021859600050516.

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

STORCK, L.; GARCIA, D. C.; LOPES, S. J.; ESTEFANEL, V. **Experimentação vegetal**. (3.ed.). Santa Maria: UFSM. 200 p.2011.

STORCK, L.; BISOGNIN, D. A.; OLIVEIRA, S. J. R. de. Dimensões dos ensaios e estimativas do tamanho ótimo de parcela em batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.903-909, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v41n6/30853.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2015. doi: 10.1590/S0100-204X2006000600002.

Tabela 1 - Formatação dos 36 planos (tamanhos de unidade experimental básica, em m<sup>2</sup>) planejados a partir de 4.608 unidades experimentais básicas de 0,5m×0,5m (0,25m<sup>2</sup>) de uma matriz de 96 linhas e 48 colunas. Formatação dos 36 subplanos e relação dos subplanos usados em cada plano, para a determinação do tamanho de parcela pelo método de Meier & Lessman (1971) em cada plano.

Planos		Subplanos		Subplanos usados em cada plano
Nº	X <sub>L</sub> X <sub>C</sub> m <sup>2</sup>	Nº	X <sub>L</sub> X <sub>C</sub>	
1	1 1	0,25	1 1 1	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35 e 36
2	1 2	0,50	2 1 2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35 e 36
3	1 3	0,75	3 1 3	1,2,4,6,7,8,10,12,13,14,16,18,19,20,22,24,25,26,28,30,31,32,34 e 36
4	1 4	1,00	4 1 4	1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,13,14,15,16,17,19,20,21,22,23,25,26,27,28,29,31,32,33,34 e 35
5	1 6	1,50	5 1 6	1,2,4,6,7,8,10,12,13,14,16,18,19,20,22,24,25,26,28,30,31,32,34 e 36
6	1 8	2,00	6 1 8	1,2,3,5,7,8,9,11,13,14,15,17,19,20,21,23,25,26,27,29,31,32,33 e 35
7	2 1	0,50	7 2 1	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35 e 36
8	2 2	1,00	8 2 2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35 e 36
9	2 3	1,50	9 2 3	1,2,4,6,7,8,10,12,13,14,16,18,19,20,22,24,25,26,28,30,31,32,34 e 36
10	2 4	2,00	10 2 4	1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,13,14,15,16,17,19,20,21,22,23,25,26,27,28,29,31,32,33,34 e 35
11	2 6	3,00	11 2 6	1,2,4,6,7,8,10,12,13,14,16,18,19,20,22,24,25,26,28,30,31,32,34 e 36
12	2 8	4,00	12 2 8	1,2,3,5,7,8,9,11,13,14,15,17,19,20,21,23,25,26,27,29,31,32,33 e 35
13	3 1	0,75	13 3 1	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,19,20,21,22,23,24,31,32,33,34,35 e 36
14	3 2	1,50	14 3 2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,19,20,21,22,23,24,31,32,33,34,35 e 36
15	3 3	2,25	15 3 3	1,2,4,6,7,8,10,12,19,20,22,24,31,32,34 e 36
16	3 4	3,00	16 3 4	1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,19,20,21,22,23,31,32,33,34 e 35
17	3 6	4,50	17 3 6	1,2,4,6,7,8,10,12,19,20,22,24,31,32,34 e 36
18	3 8	6,00	18 3 8	1,2,3,5,7,8,9,11,19,20,21,23,31,32,33 e 35
19	4 1	1,00	19 4 1	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35 e 36
20	4 2	2,00	20 4 2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35 e 36
21	4 3	3,00	21 4 3	1,2,4,6,7,8,10,12,13,14,16,18,19,20,22,24,25,26,28,30,31,32,34 e 36
22	4 4	4,00	22 4 4	1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,13,14,15,16,17,19,20,21,22,23,25,26,27,28,29,31,32,33,34 e 35
23	4 6	6,00	23 4 6	1,2,4,6,7,8,10,12,13,14,16,18,19,20,22,24,25,26,28,30,31,32,34 e 36
24	4 8	8,00	24 4 8	1,2,3,5,7,8,9,11,13,14,15,17,19,20,21,23,25,26,27,29,31,32,33 e 35
25	6 1	1,50	25 6 1	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,19,20,21,22,23,24,31,32,33,34,35 e 36
26	6 2	3,00	26 6 2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,19,20,21,22,23,24,31,32,33,34,35 e 36
27	6 3	4,50	27 6 3	1,2,4,6,7,8,10,12,19,20,22,24,31,32,34 e 36
28	6 4	6,00	28 6 4	1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,19,20,21,22,23,31,32,33,34 e 35
29	6 6	9,00	29 6 6	1,2,4,6,7,8,10,12,19,20,22,24,31,32,34 e 36
30	6 8	12,00	30 6 8	1,2,3,5,7,8,9,11,19,20,21,23,31,32,33 e 35
31	8 1	2,00	31 8 1	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29 e 30
32	8 2	4,00	32 8 2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29 e 30
33	8 3	6,00	33 8 3	1,2,4,6,7,8,10,12,13,14,16,18,19,20,22,24,25,26,28 e 30
34	8 4	8,00	34 8 4	1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,13,14,15,16,17,19,20,21,22,23,25,26,27,28 e 29
35	8 6	12,00	35 8 6	1,2,4,6,7,8,10,12,13,14,16,18,19,20,22,24,25,26,28 e 30
36	8 8	16,00	36 8 8	1,2,3,5,7,8,9,11,13,14,15,17,19,20,21,23,25,26,27 e 29

X<sub>L</sub>= número de UEB adjacentes à linha e X<sub>C</sub>=número de UEB adjacentes à coluna

Tabela 2 - Planos de unidades experimentais básicas (UEB) com tamanhos  $X=X_L \times X_C$ , em UEB e em  $m^2$ , e respectivas estimativas dos parâmetros das funções  $CV(x) = A/XB$  e  $VU(x) = VI/X^b$ , coeficientes de determinação ( $R^2$ ), média de massa verde (g  $0,25m^{-2}$ ) nas parcelas de uma unidade básica (M1), coeficiente de variação do tamanho ótimo de parcela (CV  $X_o$ ), tamanho ótimo de parcela obtidos pelo método de Máxima curvatura modificado, em UEB ( $X_o$ ), e  $m^2(m^2)$ , para a massa verde de crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), em gramas  $0,25m^{-2}$ , avaliada aos 110 dias após a semeadura (DAS) (Época 1), em ensaio de uniformidade com 4608UEB de  $0,5m \times 0,5m$  ( $0,25m^2$ ).

Plano	$X_L$	$X_C$	X	$X(m^2)$	n	A	B	$R^2$	VI	b	$R^2$	M1	CV( $X_o$ )	$X_o$	$m^2$
1	1	1	1	0,25	4608	51,40	0,42	0,99	307164,17	0,84	0,99	1078,28	21,46	7,91	1,98
2	1	2	2	0,5	2304	37,98	0,38	0,96	670893,64	0,77	0,96	2156,55	18,83	6,22	3,11
3	1	3	3	0,75	1536	32,47	0,38	0,94	1103572,94	0,75	0,94	3234,83	17,09	5,52	4,14
4	1	4	4	1	1152	29,67	0,36	0,93	1637994,44	0,73	0,93	4313,11	16,39	5,10	5,10
5	1	6	6	1,5	768	26,13	0,37	0,91	2858065,66	0,73	0,91	6469,66	14,89	4,66	6,99
6	1	8	8	2	576	24,43	0,36	0,91	4440524,47	0,73	0,91	8626,22	14,19	4,43	8,86
7	2	1	2	0,5	2304	36,27	0,39	0,98	611863,77	0,77	0,98	2156,55	18,17	6,03	3,01
8	2	2	4	1	1152	26,88	0,34	0,94	1344445,95	0,68	0,94	4313,11	15,98	4,61	4,61
9	2	3	6	1,5	768	23,42	0,34	0,93	2295049,12	0,68	0,93	6469,66	14,48	4,14	6,22
10	2	4	8	2	576	21,12	0,32	0,89	3319810,07	0,63	0,89	8626,22	13,98	3,70	7,40
11	2	6	12	3	384	18,98	0,33	0,89	6032868,25	0,67	0,89	12939,33	12,47	3,52	10,56
12	2	8	16	4	288	18,05	0,34	0,87	9699229,86	0,67	0,87	17252,43	11,95	3,40	13,62
13	3	1	3	0,75	1536	29,35	0,35	0,98	901419,70	0,70	0,98	3234,83	16,78	4,97	3,73
14	3	2	6	1,5	768	21,66	0,29	0,97	1964566,66	0,58	0,97	6469,66	14,92	3,60	5,41
15	3	3	9	2,25	512	18,81	0,28	0,98	3331196,20	0,56	0,98	9704,49	13,63	3,16	7,10
16	3	4	12	3	384	17,18	0,26	0,95	4938793,23	0,52	0,95	12939,33	13,15	2,80	8,40
17	3	6	18	4,5	256	15,41	0,28	0,96	8940137,27	0,55	0,96	19408,99	11,73	2,68	12,05
18	3	8	24	6	192	14,56	0,27	0,92	14198743,66	0,54	0,92	25878,65	11,35	2,52	15,12
19	4	1	4	1	1152	25,30	0,32	0,97	1190482,16	0,64	0,97	4313,11	15,91	4,27	4,27
20	4	2	8	2	576	18,55	0,26	0,95	2560076,87	0,52	0,95	8626,22	13,97	2,98	5,95
21	4	3	12	3	384	16,29	0,25	0,96	4440234,53	0,50	0,96	12939,33	12,80	2,62	7,86
22	4	4	16	4	288	14,33	0,21	0,95	6110593,87	0,42	0,95	17252,43	12,26	2,09	8,34
23	4	6	24	6	192	12,99	0,24	0,91	11305122,13	0,48	0,91	25878,65	10,86	2,11	12,68
24	4	8	32	8	144	12,26	0,23	0,82	17907086,47	0,46	0,82	34504,87	10,52	1,95	15,61
25	6	1	6	1,5	768	21,74	0,30	0,97	1978072,51	0,59	0,97	6469,66	14,79	3,66	5,49
26	6	2	12	3	384	16,44	0,24	0,96	4527196,18	0,48	0,96	12939,33	13,10	2,57	7,70
27	6	3	18	4,5	256	14,54	0,23	0,97	7959478,23	0,47	0,97	19408,99	12,00	2,27	10,23
28	6	4	24	6	192	13,18	0,20	0,95	11639559,67	0,41	0,95	25878,65	11,57	1,89	11,35
29	6	6	36	9	128	11,99	0,24	0,92	21650301,07	0,47	0,92	38817,98	10,22	1,96	17,67
30	6	8	48	12	96	11,38	0,23	0,81	34716602,70	0,45	0,81	51757,30	9,96	1,81	21,73
31	8	1	8	2	576	19,51	0,28	0,97	2832197,11	0,56	0,97	8626,22	14,07	3,24	6,47
32	8	2	16	4	288	14,81	0,22	0,95	6530409,78	0,44	0,95	17252,43	12,45	2,20	8,82
33	8	3	24	6	192	13,36	0,22	0,95	11954897,80	0,44	0,95	25878,65	11,48	2,01	12,05
34	8	4	32	8	144	11,99	0,18	0,92	17126143,68	0,36	0,92	34504,87	11,03	1,59	12,70
35	8	6	48	12	96	11,02	0,22	0,84	32536358,75	0,44	0,84	51757,30	9,76	1,73	20,82
36	8	8	64	16	72	10,70	0,22	0,73	54567511,67	0,44	0,73	69009,74	9,52	1,70	27,20

$X_L$ : UEB adjacentes à linha;  $X_C$ : UEB adjacentes à coluna; n, número de UEB com X UEB de tamanho ( $n=4608/X$ ).

Tabela 3 - Planos de unidades experimentais básicas (UEB) com tamanhos  $X=X_L \times X_C$ , em UEB e em  $m^2$ , e respectivas estimativas dos parâmetros das funções  $CV(x) = A/XB$  e  $VU(x) = V1/Xb$ , coeficientes de determinação ( $R^2$ ), média de massa verde (g  $0,25m^{-2}$ ) nas parcelas de uma unidade básica (M1), coeficiente de variação do tamanho ótimo de parcela ( $CV X_o$ ), tamanho ótimo de parcela obtidos pelo método de Máxima curvatura modificado, em UEB ( $X_o$ ), e  $m^2(m^2)$ , para a massa verde de crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), em gramas  $0,25m^{-2}$ , avaliada aos 97 dias após a semeadura (DAS) (Época 2), em ensaio de uniformidade com 4608UEB de  $0,5m \times 0,5m$  ( $0,25m^2$ ).

Plano	$X_L$	$X_C$	X	$X(m^2)$	n	A	B	$R^2$	V1	B	$R^2$	M1	$CV(X_o)$	$X_o$	$m^2$
1	1	1	1	0,25	4608	44,10	0,39	0,99	151998,96	0,78	0,99	884,11	20,74	6,96	1,74
2	1	2	2	0,5	2304	33,29	0,36	0,97	346507,13	0,73	0,97	1768,22	17,85	5,55	2,78
3	1	3	3	0,75	1536	28,55	0,35	0,96	573468,66	0,71	0,96	2652,33	16,30	4,90	3,67
4	1	4	4	1	1152	26,46	0,36	0,95	875625,54	0,71	0,95	3536,44	15,31	4,65	4,65
5	1	6	6	1,5	768	23,06	0,34	0,93	1496130,72	0,68	0,93	5304,66	14,30	4,10	6,15
6	1	8	8	2	576	21,53	0,35	0,91	2318682,05	0,70	0,91	7072,88	13,33	3,95	7,90
7	2	1	2	0,5	2304	32,09	0,36	0,98	321974,63	0,71	0,98	1768,22	17,69	5,35	2,68
8	2	2	4	1	1152	23,94	0,32	0,97	716750,03	0,65	0,97	3536,44	15,14	4,12	4,12
9	2	3	6	1,5	768	20,49	0,31	0,96	1180959,77	0,61	0,96	5304,66	13,88	3,56	5,34
10	2	4	8	2	576	18,70	0,30	0,95	1750165,95	0,61	0,95	7072,88	13,03	3,30	6,60
11	2	6	12	3	384	16,33	0,28	0,94	3000212,26	0,57	0,94	10609,32	12,13	2,85	8,55
12	2	8	16	4	288	14,84	0,28	0,91	4406605,15	0,56	0,91	14145,76	11,37	2,61	10,44
13	3	1	3	0,75	1536	27,83	0,34	0,98	544847,62	0,67	0,98	2652,33	16,50	4,71	3,53
14	3	2	6	1,5	768	21,11	0,31	0,98	1253527,48	0,61	0,98	5304,66	14,24	3,63	5,45
15	3	3	9	2,25	512	18,21	0,29	0,97	2099054,36	0,58	0,97	7956,99	13,11	3,13	7,04
16	3	4	12	3	384	16,63	0,28	0,96	3111475,67	0,56	0,96	10609,32	12,39	2,86	8,59
17	3	6	18	4,5	256	14,64	0,26	0,94	5424470,09	0,51	0,94	15913,98	11,62	2,45	11,02
18	3	8	24	6	192	13,36	0,25	0,91	8040135,49	0,50	0,91	21218,64	10,95	2,22	13,34
19	4	1	4	1	1152	23,67	0,30	0,93	700506,72	0,60	0,93	3536,44	15,77	3,91	3,91
20	4	2	8	2	576	17,47	0,25	0,92	1527237,84	0,51	0,92	7072,88	13,48	2,79	5,58
21	4	3	12	3	384	15,06	0,23	0,94	2552233,93	0,46	0,94	10609,32	12,42	2,31	6,93
22	4	4	16	4	288	13,46	0,21	0,89	3627807,26	0,42	0,89	14145,76	11,65	1,98	7,92
23	4	6	24	6	192	11,87	0,19	0,90	6348929,67	0,38	0,90	21218,64	10,82	1,63	9,80
24	4	8	32	8	144	10,47	0,16	0,89	8777026,91	0,32	0,89	28291,51	10,09	1,26	10,11
25	6	1	6	1,5	768	21,23	0,30	0,96	1268098,55	0,60	0,96	5304,66	14,46	3,61	5,41
26	6	2	12	3	384	16,14	0,26	0,95	2933900,95	0,53	0,95	10609,32	12,42	2,70	8,09
27	6	3	18	4,5	256	13,81	0,24	0,97	4831672,58	0,47	0,97	15913,98	11,45	2,20	9,92
28	6	4	24	6	192	12,71	0,23	0,93	7273479,26	0,46	0,93	21218,64	10,79	2,03	12,17
29	6	6	36	9	128	11,11	0,20	0,96	12501275,67	0,40	0,96	31827,95	10,10	1,61	14,49
30	6	8	48	12	96	10,02	0,18	0,95	18074138,46	0,36	0,95	42437,27	9,47	1,36	16,37
31	8	1	8	2	576	19,59	0,28	0,93	1920508,04	0,56	0,93	7072,88	14,05	3,27	6,53
32	8	2	16	4	288	14,78	0,24	0,90	4370570,80	0,47	0,90	14145,76	12,11	2,32	9,29
33	8	3	24	6	192	12,80	0,21	0,91	7380395,85	0,42	0,91	21218,64	11,19	1,89	11,35
34	8	4	32	8	144	11,73	0,20	0,83	11021388,03	0,40	0,83	28291,51	10,56	1,69	13,55
35	8	6	48	12	96	10,23	0,16	0,83	18848345,24	0,32	0,83	42437,27	9,87	1,25	14,98
36	8	8	64	16	72	9,17	0,14	0,77	26934403,39	0,27	0,77	56583,03	9,20	0,97	15,59

$X_L$ : UEB adjacentes à linha;  $X_C$ : UEB adjacentes à coluna; n, número de UEB com X UEB de tamanho ( $n=4608/X$ ).



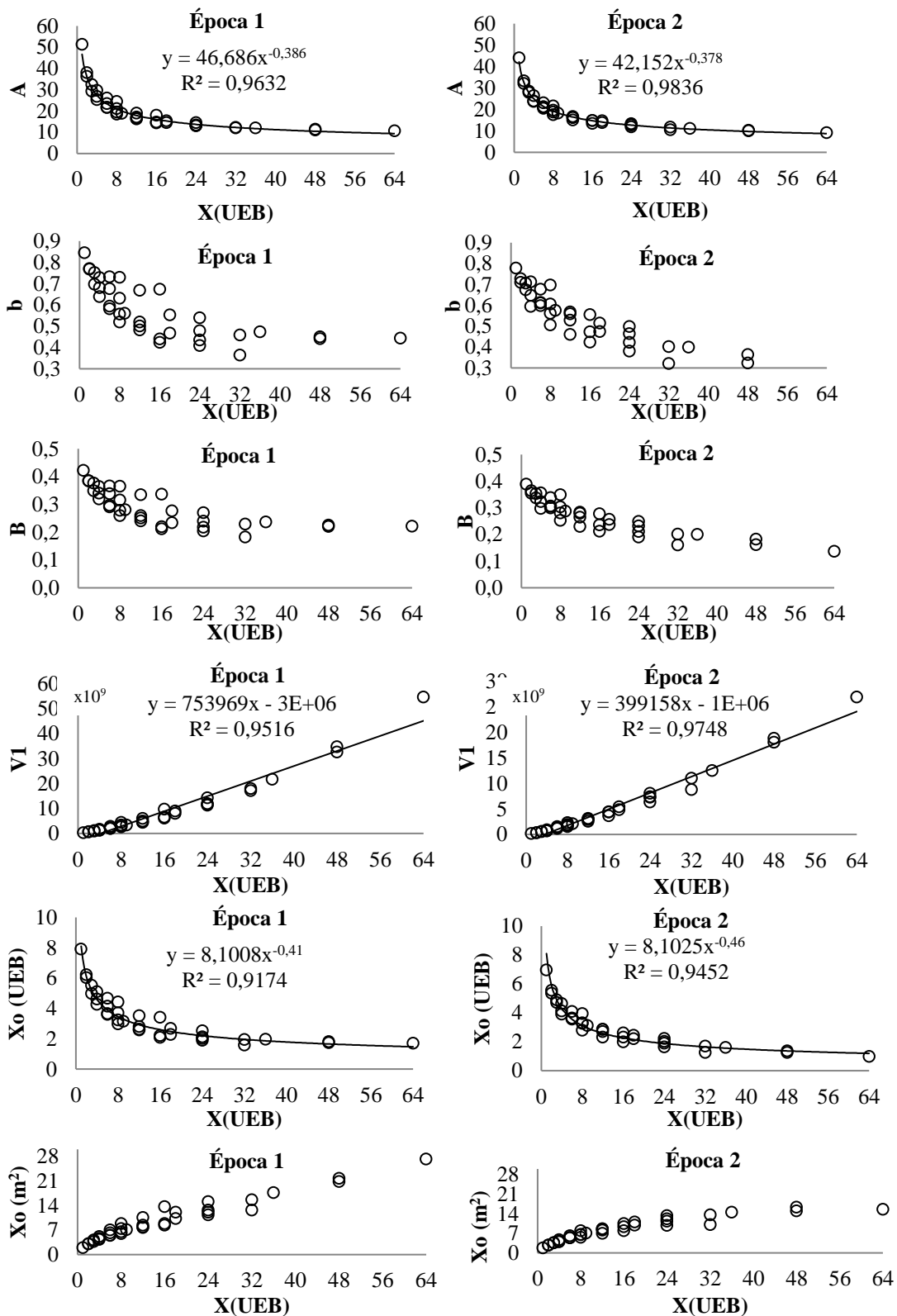


Figura 1 - Relações entre as variáveis dependentes - estimativa do CV para X igual a uma UB (A), índice de heterogeneidade do solo (b), estimativa de B (b/2), estimativa da variância entre as parcelas de uma unidade básica (UB). (V1), tamanho ótimo de parcela (Xo, em UEB) e tamanho ótimo de parcela (Xo, em m<sup>2</sup>) - com a variável independente tamanho de UEB (X, em UEB), para a massa verde de crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), em gramas 0,25m<sup>2</sup>, avaliada na primeira época de semeadura (Época 1) e segunda (Época 2) época de semeadura.

## 5 CAPÍTULO III: TAMANHOS DE UNIDADE EXPERIMENTAL BÁSICA E DE PARCELA EM CROTALÁRIA JUNCEA - MÉTODO DE HATHEWAY (1961)

### Resumo

O objetivo deste trabalho é verificar a influência do tamanho da unidade experimental básica (UEB) na estimativa do tamanho ótimo de parcela, para a avaliação da massa verde de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.). Avaliou-se a massa verde de crotalária juncea em ensaios de uniformidade durante duas épocas de semeadura: aos 110 e 97 dias, após a semeadura, no momento do florescimento da cultura. Em cada época de semeadura, foram avaliadas 4608UEB de  $0,5\text{m}\times 0,5\text{m}$  ( $0,25\text{m}^2$ ) e formaram-se 36 planos de UEB com tamanhos entre  $0,25\text{m}^2$  e  $16\text{m}^2$ . Para cada plano de UEB foi determinado o índice de heterogeneidade do solo de Smith (1938) e determinado o tamanho ótimo de parcela por meio do método de Hatheway (1961). A estimativa do tamanho ótimo de parcela depende do tamanho da unidade experimental básica. É indicado avaliar a massa verde em UEB de menor tamanho possível, a fim de serem usadas na estimação do tamanho ótimo de parcela.

**Palavras-chave:** *Crotalaria juncea* L., unidade experimental básica, planejamento experimental.

## **Abstract**

This study aimed to verify the influence of the basic experimental unit (BEU) size in the estimate of the optimum plot size obtained for the evaluation of fresh matter of brown hemp (*Crotalaria juncea* L.). Fresh matter of brown hemp was evaluated in uniformity trials in two sowing dates at 110 and 97 days after sowing, at the crop flowering time. In each sowing date, 4608 BEU of 0.5m×0.5m (0.25m<sup>2</sup>) were evaluated and 36 BEU plans were formed with sizes from 0.25 to 16m<sup>2</sup>. For each UEB plan, the soil heterogeneity index of Smith (1938) was determined and the optimum plot size was calculated through the Hatheway method (1961). The estimate of the optimum plot size depends on the basic experimental unit size. Assessing the fresh matter in BEU as small as possible is recommended in order to use it in the estimation of the optimum plot size.

**Key words:** *Crotalaria juncea* L., basic experimental unit, experimental design.

## 5.1 INTRODUÇÃO

A crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.) desempenha o papel de uma das mais importantes culturas de cobertura de solo e adubação verde, podendo ser incorporada ao solo com a finalidade de preservar e melhorar a fertilidade das áreas agrícolas, possuindo alta capacidade produtiva de massa fresca de parte aérea, podendo atingir 39100 kg ha<sup>-1</sup> (PEREIRA et al., 2012).

O uso da adubação verde com plantas de cobertura, tal como a crotalária juncea atribui ao solo características desejáveis, como reduzir a presença de plantas invasoras pelo efeito físico do sombreamento e abafamento (SOARES et al., 2012), fixar nitrogênio atmosférico por bactérias, principalmente do gênero *Rhizobium*, que vivem em simbiose com suas raízes (PERIN et al., 2004) e melhorias na fertilidade do solo, devido à palhada criar um ambiente favorável as condições físicas, químicas e biológicas, mantendo a qualidade do solo (MENEZES et al., 2009).

Para que avaliações da massa verde de crotalária juncea tenham credibilidade e os resultados retratem a realidade experimental, é preciso um dimensionamento ideal do tamanho ótimo de parcela, pois distintos tamanhos de parcela estão sendo usados para a cultura da Crotalária juncea. Avaliando desempenho agrônômico das linhagens crotalária spectabilis e crotalária juncea em função da adubação nitrogenada, RODRIGUES et al. (2014) utilizaram parcelas de 10m<sup>2</sup> (4 fileiras de plantas com 5 metros de comprimento espaçadas 0,5 metros entre si). CARDOSO et al. (2013) avaliando índice de cobertura do solo e produtividade de massa verde e matéria seca, no cultivo de crotalária juncea, feijão de porco e milho, utilizaram parcelas de 48m<sup>2</sup> (4m×12m), sendo as avaliações de massa verde realizadas nas parcelas em três pontos de 1m<sup>2</sup>. Esses estudos demonstram a variabilidade do tamanho ótimo de parcela utilizado para a cultura da crotalária juncea.

A estimativa do tamanho ótimo de parcela é realizada com base em dados coletados em unidades experimentais básicas (UEB), obtidas a partir de ensaios de uniformidade, experimentos sem tratamentos, onde os tratamentos culturais são homogêneos em toda área experimental. A área experimental é dividida em unidades experimentais básicas, a produção de cada UEB é quantificada separadamente, de tal maneira que pode ser somada a UEB adjacentes para formar diferentes tamanhos e formas de parcelas. Esse método tem sido utilizado para a obtenção de dados a fim de estimar o tamanho ótimo de parcela (RAMALHO et al., 2012; STORCK et al., 2011).

A determinação do tamanho ótimo de parcela poder ser realizada por diferentes metodologias, entre elas, a expressão de HATHEWAY (1961), a qual estima o tamanho ótimo de

parcela, o número de tratamentos, o número de repetições e a precisão desejada, de acordo com o delineamento experimental.

O tamanho da unidade experimental básica utilizada nos ensaios de uniformidade, para obter informações utilizadas no cálculo do tamanho de parcela, não possuem um tamanho fixo, podendo ser variável conforme a cultura em estudo e a variável analisada, sendo recomendado o uso do menor tamanho possível. Porém não foram encontrados estudos que comprovam a independência do tamanho da UEB, na estimativa do tamanho ótimo de parcela de crotalaria juncea, possivelmente o tamanho ótimo de parcela é influenciado pelo tamanho da UEB. Segundo OLIVEIRA & ESTEFANEL (1995), o tamanho da unidade experimental não pode ser generalizado, pois varia com o solo e com a cultura, necessitando ser determinado para cada cultura e condições edafoclimáticas.

Na cultura de batata (*Solanum tuberosum* L.), a influência do tamanho da unidade experimental básica (1, 2, 3, 4, 6, 8 e 12 covas) sobre o tamanho ótimo de parcela foi estudado e os autores concluíram que o tamanho da unidade experimental básica afeta a estimativa do tamanho ótimo de parcela, sem alterar a precisão experimental, independentemente, do número de tratamentos, mantendo a mesma área total do experimento (OLIVEIRA et al., 2005).

A influência do tamanho da unidade experimental básica na estimativa do tamanho de parcela na cultura do tremoço branco (*Lupinus albus* L.) foi estudada por CARGNELUTTI FILHO et al. (2016), os quais concluíram que o tamanho da unidade experimental básica influencia na estimativa do tamanho de parcela, sendo indicado avaliar a massa verde em unidades experimentais básicas de menor tamanho possível, a fim de serem usadas na estimação do tamanho ótimo de parcela.

As estimativas do tamanho de parcela podem ser obtidas, a partir de dados de ensaios de uniformidade com distintos tamanhos de unidades experimentais básicas, podendo fornecer informações interessantes para os planejamentos experimentais e verificar a influência do tamanho da unidade experimental básica na determinação do tamanho de parcela. A determinação do tamanho ótimo de parcela pelo método de HATHEWAY (1961) para diferentes tamanhos de unidades experimentais básicas, na cultura de crotalaria juncea, não foram encontradas na literatura. Assim, o objetivo deste trabalho é verificar a influência do tamanho da unidade experimental básica na estimativa do tamanho ótimo de parcela, para a avaliação da massa verde de crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.).

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois ensaios de uniformidade (experimentos em branco) com a cultura de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), em uma área experimental de 50m×52m do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul. Pela classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido, com verões quentes e sem estação seca definida (HELDWEIN et al., 2009). O solo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (SANTOS et al., 2013).

O experimento foi conduzido em um ano agrícola (2014/2015), em duas épocas de semeadura, na primeira época (época 1), a semeadura foi realizada no dia 22 de outubro de 2014 e na segunda época (época 2), a semeadura foi realizada no dia 03 de dezembro de 2014, a semeadura de ambas épocas foi realizada em fileiras de 0,50m de largura, com a densidade de 20 plantas por metro linear em uma área útil de 50m×26m (1.300m<sup>2</sup>). A adubação de base foi de 15kg ha<sup>-1</sup> de N, 60kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Os tratos culturais no ensaio de uniformidade foram os mesmos em toda a área experimental, conforme sugerido por STORCK et al. (2011).

Em cada época de semeadura, na parte central do ensaio de uniformidade foi demarcada uma área de 48m×24m (1152m<sup>2</sup>). A área de cada época foi dividida em 4608 unidades experimentais básicas (UEB) de 0,5m×0,5m (0,25m<sup>2</sup>) e formou uma matriz de 96 linhas e 48 colunas. Na época 1, aos 110 dias, após a semeadura (DAS), e na época 2, aos 97 DAS, no momento do florescimento da cultura em cada UEB, as plantas foram cortadas rente ao solo e realizado a pesagem da massa verde, em gramas.

Em cada época de semeadura, com os dados de massa verde das 4608UEB, formaram 36 planos de UEB com tamanhos  $X=X_L \times X_C$  ( $X=0,25, 0,50, 0,75, 1, 1,5, 2, 2,25, 3, 4, 4,5, 6, 8, 9, 12, 16m^2$ ) (Tabela 1). As siglas  $X_L$ ,  $X_C$  e  $X$  significam, respectivamente, número de UEB adjacentes à linha, número de UEB adjacentes à coluna e tamanho de UEB, em número de UEB ou em metros quadrados.

Assim, os 36 planos de UEB foram formados entre 1×1 (1UEB=0,25m<sup>2</sup>) e 8×8 (64UEB=16m<sup>2</sup>) e para a sua composição foram somados os valores de massa verde de  $X_L$  UEB adjacentes à linha e de  $X_C$  UEB adjacentes à coluna, dos quais foram obtidos os valores do número de parcelas ( $n=4608/X$ ).

A cada um dos 36 planos, determinou-se para o caractere massa verde:  $n$  = número de parcelas (UEB) com  $X$  UEB de tamanho,  $X$  = tamanho da UEB em  $m^2$ , estimativa do CV para  $X$  igual a uma UEB ( $A$ ), estimativa de  $B$  ( $b/2$ ), da função  $CV(x)=A/X^B$ , variância da parcela de uma UEB ( $V1$ ), índice de heterogeneidade do solo ( $b$ ), a partir da relação de SMITH (1938),  $VU(x)=V1/X^b$ , média da parcela de uma UEB ( $M1$ ) e os coeficientes de determinação ( $R^2$ ). Os parâmetros foram estimados mediante à transformação logarítmica e conseqüentemente a linearização da função  $VU(x)=V1/X^b$  (SMITH, 1938), ou seja,  $\log VU(x)=\log V1-b \log X$ , cuja estimação foi ponderada pelos graus de liberdade ( $GL=n-1$ ), associados a cada um dos tamanhos de parcela (STEEL et al., 1997).

Para a variável massa verde foram simulados planejamentos experimentais no delineamento blocos ao acaso (comumente utilizado em experimentos em campo) para os cenários formados pelas combinações de  $i$  tratamentos ( $i=5$  e  $10$ ),  $r$  repetições ( $r=3, 5$  e  $10$ ) e  $d$  diferenças entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, expressa em percentagem da média geral do experimento, ou seja, diferentes níveis de precisão ( $d=5$  e  $10\%$ ). Percentuais menores de  $d$  indicam maior precisão, ou seja, diferenças menores entre médias de tratamentos serão consideradas significativas, enquanto que percentuais maiores de  $d$  indicam menor precisão experimental.

Para a variável massa verde, em cada planejamento experimental, foi calculado o tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ ), em número de UEB (arredondado para o número inteiro superior), por meio da expressão  $X_o = \sqrt[2]{2(t_1+t_2)^2 CV^2 / rd^2}$  (HATHEWAY, 1961). Nessa expressão,  $b$  é a estimativa do índice de heterogeneidade do solo,  $t_1$  é o valor crítico da distribuição  $t$  de *Student* para o nível de significância do teste (erro tipo I) de  $\alpha=5\%$  (teste bilateral a 5%), com  $GL$  graus de liberdade,  $t_2$  é o valor crítico da distribuição  $t$  de *Student*, correspondente a  $2(1-P)$  (teste bilateral), onde  $P$  é a probabilidade de obter resultado significativo, ou seja, o poder do teste ( $P=0,80$ , nesse estudo), com  $GL$  graus de liberdade,  $CV$  é a estimativa do coeficiente de variação entre as parcelas de uma UEB de tamanho, em percentagem;  $r$  é o número de repetições e  $d$  é a diferença entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, expressa em percentagem da média geral do experimento (precisão). Os graus de liberdade ( $GL$ ) para obtenção dos valores críticos (tabelados) da distribuição de  $t$  de *Student* foram obtidos pela expressão  $GL=(i-1)(r-1)$ , onde  $i$  é o número de tratamentos e  $r$  é o número de repetições. Os valores de  $t_1$  e de  $t_2$ , nesse estudo, foram obtidos com o aplicativo Microsoft Office Excel®, por meio das funções

$t_1 = \text{INVT}(0,05;GL)$  e  $t_2 = \text{INVT}(0,40;GL)$ , respectivamente. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do aplicativo Microsoft Office Excel®.

### 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a variável massa verde de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), o coeficiente de determinação das funções  $CV_{(x)} = A/X^B$  e  $VU_{(x)} = V1/X^b$  foi elevado, revelando um bom ajuste das funções e estimativas confiáveis dos parâmetros. Observa-se ainda pouca variação do índice de heterogeneidade do solo (b) entre as épocas de semeadura, sendo que de maneira geral o índice de heterogeneidade decresce, à medida que aumenta o tamanho da unidade experimental básica (UEB). Os valores de b foram altos, próximo da unidade, quando o tamanho da unidade experimental básica assumia pequenos valores. Com acréscimo no tamanho da UEB, de maneira geral, o b tende a decrescer. Comportamento de b semelhante para ambas épocas de semeadura (Tabela 1). Conforme estudos de LIN & BINNS (1986), em casos de valores de b próximos a unidade, os experimentos devem ser estruturados com parcelas maiores e menor número de repetições.

As estimativas dos parâmetros (A e B) da função  $CV_{(x)} = A/X^B$ , com a qual se estima o tamanho ótimo de parcela pelo método de HATHEWAY (1961), possuem pouca variabilidade entre as duas épocas de semeadura, comportamento semelhante ao encontrado na cultura do sorgo granífero (BRUM et al., 2008). Maior variabilidade nos parâmetros A e B são identificados com o aumento da UEB, então, é previsível que o tamanho de parcela ( $X_o$ ) também tenha pouca variabilidade entre as épocas de semeadura, e tenha maior variabilidade entre distintos tamanhos de UEB, para a variável massa verde de crotalária juncea.

Os valores da média da massa verde de crotalária juncea são semelhantes entre as épocas de semeadura, porém, na proporção que aumenta o tamanho da UEB, ocorre um aumento na média, devido ser obtida através da soma X UEB de tamanho (Tabela 1).

Os valores do tamanho de parcela ( $X_o$ ) estimado pelo método de HATHEWAY (1961), com número fixo de tratamentos (i) e repetições (r), aumentam com acréscimo da precisão (d), desejada (Tabelas 2 e 3). De maneira geral, à medida que ocorre o aumento do tamanho da UEB, ocorre um decréscimo nos valores de  $X_o$ , para uma mesma precisão experimental. Esses resultados condizem aos obtidos na cultura da batata, em que o tamanho da unidade básica afeta a estimativa do tamanho



ótimo de parcela, sem alterar a precisão experimental, independentemente, do número de tratamentos (OLIVEIRA et al., 2005).

Na cultura do tremoço branco (*Lupinus albus* L.), para o caractere massa verde, CARGNELUTTI FILHO et al. (2016), concluíram que, à medida que ocorre acréscimos nos tamanhos de UEB, ocorre redução no tamanho de parcela ( $X_o$  em UEB), com padrão de modelo potência. E o tamanho ótimo de parcela aumentou linearmente com o acréscimo dos tamanhos de UEB ( $x$ , em UEB), comportamento semelhante aos resultados encontrados para massa verde de crotalária juncea (Tabelas 2 e 3).

Fixando o número de tratamentos ( $i$ ) e a precisão ( $d$ ), o tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ ) diminui com o acréscimo do número de repetições ( $r$ ). Além disso, com valores fixos de repetições ( $r$ ) e precisão ( $d$ ), decresce o tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ ) com o acréscimo do número de tratamentos ( $i$ ) (Tabelas 2 e 3). Sendo que o maior decréscimo nos valores de  $X_o$  é quando há um aumento no número de repetições, comportamento semelhante foi encontrado na cultura da mucuna cinza (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014). Em experimento conduzido no delineamento blocos ao acaso com cultura da ervilha forrageira para o caractere massa verde, o aumento do número de tratamentos de 3 para 6 ocasiona um aumento de 38,3 % no número de repetições para uma precisão experimental de 10 % ( $d=10\%$ ) (CARGNELUTTI FILHO et al., 2015)

Na cultura do trigo em plantio direto e convencional, ocorreram reduções acentuadas nos tamanhos de parcela com o aumento do número de repetições, mantidos constantes valores de ( $d$ ), valores de ( $t$ ) e valores de ( $CV$ ) et al., 2004), considerações que vão ao encontro a LE CLERG (1967) e (1994), e confirmam o efeito do número de repetições na precisão experimental. Na condição de mesma precisão experimental parcelas menores e maior número de repetições são mais eficientes (STORCK et al., 2011).

Caso o pesquisador queira avaliar a massa verde de crotalária juncea em um experimento com 5 tratamentos e 10 repetições, e deseja diferenças entre tratamentos de  $d=10\%$  da média geral do experimento (menor precisão) sejam detectadas como significativas a 5% de probabilidade, o tamanho de parcela deverá ser de 88UEB de  $0,25m^2$  (Tabela 2). Nessas mesmas condições, para  $d=5\%$  (maior precisão), precisaria de uma parcela com 517UEB de  $0,25m^2$ . Esses resultados demonstram que altas precisões experimentais (baixos valores de  $d$ ) são difíceis de serem alcançadas na prática, em função da necessidade de um elevado tamanho de parcela.

Na metodologia de HATHEWAY (1961), o tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ ) é dependente do número de tratamentos ( $i$ ), do número de repetições ( $r$ ) e da precisão ( $d$ ). Todavia ocorre influência

do tamanho da UEB, na determinação do tamanho ótimo de parcela. Para a massa verde em um experimento com 5 tratamentos e 10 repetições, e  $d=5\%$  da média geral do experimento, as estimativas de  $X_o$  variam de 491UEB de  $8m^2$ , a 97UEB de  $4m^2$ , para época 1 e de 530UEB de  $16m^2$ , a 126UEB de  $4m^2$ , para época 2 (Tabelas 2 e 3). Logo, há variabilidade na estimativa do tamanho de parcela para uma mesma precisão experimental estimado por distintos tamanhos de UEB, sendo o  $X_o$  determinado pela metodologia de HATHEWAY (1961), influenciado pelo tamanho da UEB.

As combinações de tamanhos de parcela, números de tratamentos, repetições e épocas de avaliação geraram distintas precisões experimentais, sendo assim o pesquisador, com o uso dos dados das tabelas 2 e 3, pode configurar experimentos mais adequados quanto à precisão, não esquecendo as limitações de área experimental, de recursos humanos, materiais e recursos financeiros disponíveis. Portanto, a definição do tamanho de parcela e do número de repetições, para o planejamento de experimentos com a cultura da crotalária juncea, fica a critério do pesquisador.

#### 5.4 CONCLUSÕES

A estimativa do tamanho ótimo de parcela, a fim da avaliação da massa verde de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), depende do tamanho da unidade experimental básica. É indicado avaliar a massa verde em unidades experimentais básicas de menor tamanho possível, para serem usadas na estimação do tamanho ótimo de parcela.

#### 5.5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsas aos autores. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo auxílio financeiro. E aos alunos que auxiliaram na coleta de dados.

#### 5.6 REFERÊNCIAS

BRUM, B.; LOPES, S. J.; STORCK, L.; SANTOS, V. J.; BENS, V.; LOVATTO, C. Tamanho ótimo de parcela para ensaios com sorgo granífero em duas épocas de semeadura. **Ciência Rural**, v.38, n.2, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v38n2/a03v38n2.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2015. doi: 10.1590/S0103-84782008000200003.

CARDOSO, D. P.; CARVALHO, G. J.; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F.; AVANZI, J. C. Atributos fitotécnicos de plantas de cobertura para a proteção do solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.8, p.19-24, 2013. Disponível em: <[http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/viewFile/1798/pdf\\_433](http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/viewFile/1798/pdf_433)>. Acesso em: 20 set. 2015.

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. Tamanho de parcela e número de repetições em ervilha forrageira. **Ciência Rural**, v.45, n.7, p.1174-1182, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v45n7/0103-8478-cr-45-07-01174.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2015. doi:10.1590/0103-8478cr20141043.

CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B. M.; TOEBE, M.; FACCO, G. Tamanhos de unidades experimentais básicas e de parcelas em tremoço branco. **Ciência Rural**, v.46, p.610-618, 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/cr/v46n4/1678-4596-cr-0103\\_8478cr20150756.pdf](http://www.scielo.br/pdf/cr/v46n4/1678-4596-cr-0103_8478cr20150756.pdf)>. Acesso em: 19 fev. 2016. doi: 10.1590/0103-8478cr20150756.

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; ALVES, B. M.; BURIN, C.; NEU, I. M. M.; FACCO, G. Tamanho de parcela para avaliar a massa de plantas de mucuna cinza. **Comunicata Scientiae**, v.5, p.196-204, 2014. Disponível em: <<http://comunicata.ufpi.br/index.php/comunicata/article/view/328/245>>. Acesso em: 20 set. 2015.

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

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

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

LIN, C. S.; BINNS, M. R. Relative efficiency of two randomized block designs having different plot size and numbers of replications and of plots per block. **Agronomy Journal**, v.78, p.531-534, 1986. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/78/3/AJ0780030531>>. Acesso em: 20 set. 2015. doi:10.2134/agronj1986.00021962007800030029x.

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M.; JUNIOR, J. P. de O.; FERREIRA, A. C. B.; SANTANA, J. G.; BARROS, R. G. Produção de fitomassa de diferentes espécies, isoladas e consorciadas, com potencial de utilização para cobertura do solo. **Bioscience Journal**. v.25, p.7-12, 2009. Disponível

em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6657>>. Acesso em: 20 set. 2015.

OLIVEIRA, P. H.; ESTEFANEL, V. Tamanho e forma ótimos da parcela para avaliação do rendimento em experimentos com batata. **Ciência Rural**, v.25, p.205-208, 1995. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v25n2/a04v25n2.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2015. Doi:10.1590/S0103-84781995000200004.

OLIVEIRA, S. J. R.; STORCK, L.; LOPES, S. J.; LUCIO, A. D.; FEIJO, S.; DAMO, H. P. Plot size and experimental unit relationship in exploratory experiments. **Scientia Agricola**, v.62, p.585-589, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v62n6/a12v62n6.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2015. doi: 10.1590/S0103-90162005000600012.

PEREIRA, G. A. M.; SILVA, D. V.; BRAGA, R. R.; CARVALHO, F. P.; FERREIRA, E. A.; SANTOS, J. B. Fitomassa de adubos verdes e cobertura do solo na região do Alto Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais. **Revista Agroambiente**. v.6, p.110-116, 2012. Disponível em: <<http://revista.ufr.br/index.php/agroambiente/article/view/696>>. Acesso em: 20 set. 2015. doi: 10.18227/1982-8470ragro.v6i2.696.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 35-40, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v39n1/19581.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2015. doi: 10.1590/S0100-204X2004000100005.

PETERSEN, R.G. **Agricultural field experiments: design and analysis**. New York: M. Dekker, 1994. 409p.

RAMALHO, M. A. P., FERREIRA, D. F., OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras, UFLA, 2012. 322p.

RODRIGUES, A. C. C.; KIKUT, H.; ECCO, M.; LIMA, P. R.; INAGAKI, A. M.; CRISTALDO, C. M. Desempenho de linhagens de duas espécies de crotalaria em função da aplicação de nitrogênio. **Acta Iguazu**, v.3, p. 44-56, 2014. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/10327>>. Acesso em: 20 set. 2015.

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. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

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

SOARES, M. B. B.; FINOTO, E. L.; BOLONHEZI, D.; CARREGA, W. C.; ALBUQUERQUE, J. A. A. de. Plantas daninhas em área de reforma de cana crua com diferentes manejos do solo e adubos verdes em sucessão. **Revista Agroambiente**. v.6, p.25-33, 2012. Disponível em:<<http://revista.ufr.br/index.php/agroambiente/article/view/683>>. Acesso em: 20 set. 2015. doi: 10.18227/1982-8470ragro.v6i1.683.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. 1997. **Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach**. McGraw-Hill, Nova York, USA. 666 p.

STORCK, L.; GARCIA, D. C.; LOPES, S. J.; ESTEFANEL, V. **Experimentação vegetal**. 3.ed. Santa Maria: UFSM, 2011. 200p.

Tabela 1 - Planos de unidades experimentais básicas (UEB) com tamanhos  $X=X_L \times X_C$ , em UEB e em  $m^2$ , e respectivas estimativas dos parâmetros das funções  $CV_{(x)} = A/X^B$  e  $VU_{(x)} = VI/X^b$ , coeficientes de determinação ( $R^2$ ), média de massa verde (g  $0,25m^2$ ) nas parcelas de uma unidade básica (M1), para a massa verde de crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), em gramas  $0,25m^2$ , avaliada aos 110 e 97 dias após a semeadura (DAS) (Épocas 1 e 2), em ensaio de uniformidade com 4608UEB de  $0,5m \times 0,5m$  ( $0,25m^2$ ).

Plano	$X_L$	$X_C$	X	$m^2$	n	Época 1					Época 2						
						A	B	VI	b	$r^2$	M1	A	B	VI	b	$r^2$	M1
1	1	1	1	0,25	4608	51,40	0,42	307164,17	0,84	0,99	1078,28	44,10	0,39	151998,96	0,78	0,99	884,11
2	1	2	2	0,5	2304	37,98	0,38	670893,64	0,77	0,96	2156,55	33,29	0,36	346507,13	0,73	0,97	1768,22
3	1	3	3	0,75	1536	32,47	0,38	1103572,94	0,75	0,94	3234,83	28,55	0,35	573468,66	0,71	0,96	2652,33
4	1	4	4	1	1152	29,67	0,36	1637994,44	0,73	0,93	4313,11	26,46	0,36	875625,54	0,71	0,95	3536,44
5	1	6	6	1,5	768	26,13	0,37	2858065,66	0,73	0,91	6469,66	23,06	0,34	1496130,72	0,68	0,93	5304,66
6	1	8	8	2	576	24,43	0,36	4440524,47	0,73	0,91	8626,22	21,53	0,35	2318682,05	0,70	0,91	7072,88
7	2	1	2	0,5	2304	36,27	0,39	611863,77	0,77	0,98	2156,55	32,09	0,36	321974,63	0,71	0,98	1768,22
8	2	2	4	1	1152	26,88	0,34	1344445,95	0,68	0,94	4313,11	23,94	0,32	716750,03	0,65	0,97	3536,44
9	2	3	6	1,5	768	23,42	0,34	2295049,12	0,68	0,93	6469,66	20,49	0,31	1180959,77	0,61	0,96	5304,66
10	2	4	8	2	576	21,12	0,32	3319810,07	0,63	0,89	8626,22	18,70	0,30	1750165,95	0,61	0,95	7072,88
11	2	6	12	3	384	18,98	0,33	6032868,25	0,67	0,89	12939,33	16,33	0,28	3002122,26	0,57	0,94	10609,32
12	2	8	16	4	288	18,05	0,34	9699229,86	0,67	0,87	17252,43	14,84	0,28	4406605,15	0,56	0,91	14145,76
13	3	1	3	0,75	1536	29,35	0,35	901419,70	0,70	0,98	3234,83	27,83	0,34	544847,62	0,67	0,98	2652,33
14	3	2	6	1,5	768	21,66	0,29	1964566,66	0,58	0,97	6469,66	21,11	0,31	1253527,48	0,61	0,98	5304,66
15	3	3	9	2,25	512	18,81	0,28	3331196,20	0,56	0,98	9704,49	18,21	0,29	2099054,36	0,58	0,97	7956,99
16	3	4	12	3	384	17,18	0,26	4938793,23	0,52	0,95	12939,33	16,63	0,28	3111475,67	0,56	0,96	10609,32
17	3	6	18	4,5	256	15,41	0,28	8940137,27	0,55	0,96	19408,99	14,64	0,26	5424470,09	0,51	0,94	15913,98
18	3	8	24	6	192	14,56	0,27	14198743,66	0,54	0,92	25878,65	13,36	0,25	8040135,49	0,50	0,91	21218,64
19	4	1	4	1	1152	25,30	0,32	1190482,16	0,64	0,97	4313,11	23,67	0,30	700506,72	0,60	0,93	3536,44
20	4	2	8	2	576	18,55	0,26	2560076,87	0,52	0,95	8626,22	17,47	0,25	1527237,84	0,51	0,92	7072,88
21	4	3	12	3	384	16,29	0,25	4440234,53	0,50	0,96	12939,33	15,06	0,23	2552233,93	0,46	0,94	10609,32
22	4	4	16	4	288	14,33	0,21	6110593,87	0,42	0,95	17252,43	13,46	0,21	3627807,26	0,42	0,89	14145,76
23	4	6	24	6	192	12,99	0,24	11305122,13	0,48	0,91	25878,65	11,87	0,19	6348929,67	0,38	0,90	21218,64
24	4	8	32	8	144	12,26	0,23	17907086,47	0,46	0,82	34504,87	10,47	0,16	8777026,91	0,32	0,89	28291,51
25	6	1	6	1,5	768	21,74	0,30	1978072,51	0,59	0,97	6469,66	21,23	0,30	1268098,55	0,60	0,96	5304,66
26	6	2	12	3	384	16,44	0,24	4527196,18	0,48	0,96	12939,33	16,14	0,26	2933900,95	0,53	0,95	10609,32
27	6	3	18	4,5	256	14,54	0,23	7959478,23	0,47	0,97	19408,99	13,81	0,24	4831672,58	0,47	0,97	15913,98
28	6	4	24	6	192	13,18	0,20	11639559,67	0,41	0,95	25878,65	12,71	0,23	7273479,26	0,46	0,93	21218,64
29	6	6	36	9	128	11,99	0,24	21650301,07	0,47	0,92	38817,98	11,11	0,20	12501275,67	0,40	0,96	31827,95
30	6	8	48	12	96	11,38	0,23	34716602,70	0,45	0,81	51757,30	10,02	0,18	18074138,46	0,36	0,95	42437,27
31	8	1	8	2	576	19,51	0,28	2832197,11	0,56	0,97	8626,22	19,59	0,28	1920508,04	0,56	0,93	7072,88
32	8	2	16	4	288	14,81	0,22	6530409,78	0,44	0,95	17252,43	14,78	0,24	4370570,80	0,47	0,90	14145,76
33	8	3	24	6	192	13,36	0,22	11954897,80	0,44	0,95	25878,65	12,80	0,21	7380395,85	0,42	0,91	21218,64
34	8	4	32	8	144	11,99	0,18	17126143,68	0,36	0,92	34504,87	11,73	0,20	11021388,03	0,40	0,83	28291,51
35	8	6	48	12	96	11,02	0,22	32536358,75	0,44	0,84	51757,30	10,23	0,16	18848345,24	0,32	0,83	42437,27
36	8	8	64	16	72	10,70	0,22	54567511,67	0,44	0,73	69009,74	9,17	0,14	26934403,39	0,27	0,77	56583,03

$X_L$ : UEB adjacentes à linha;  $X_C$ : UEB adjacentes à coluna; n, número de UEB com X UEB de tamanho ( $n=4608/X$ ).

Tabela 2 – Tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ ), em unidades experimentais básicas (UEB), estimado por meio da metodologia de HATHEWAY (1961), para planejamentos experimentais no delineamento blocos ao acaso, em cenários formados pelas combinações de tratamentos ( $i$ ), repetições ( $r$ ) e  $d$  diferenças entre médias ( $d\%$ ) de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, expressas em percentagem da média geral do experimento (precisão), para os dados de massa verde de crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), em gramas  $0,25m^{-2}$ , avaliada aos 110 dias após a semeadura (DAS) (Época 1), em ensaio de uniformidade com 4608UEB de  $0,5m \times 0,5m$  ( $0,25m^2$ ).

Plano	$X_L$	$X_C$	X	$X(m^2)$	d(%)=5						d(%)=10					
					i=5			i=10			i=5			i=10		
					r=3	r=5	r=10	r=3	r=5	r=10	r=3	r=5	r=10	r=3	r=5	r=10
1	1	1	1	0,25	2410	1120	454	2016	1030	437	467	218	88	391	200	85
2	1	2	2	0,5	2393	1031	381	1967	939	366	394	170	63	324	155	61
3	1	3	3	0,75	1855	785	284	1518	714	273	294	125	45	241	113	44
4	1	4	4	1	1846	760	266	1501	689	255	276	114	40	224	103	39
5	1	6	6	1,5	1267	524	184	1032	475	177	191	79	28	155	72	27
6	1	8	8	2	1072	442	155	872	401	149	161	67	24	131	60	23
7	2	1	2	0,5	2074	895	332	1705	816	319	343	148	55	282	135	53
8	2	2	4	1	2346	907	295	1880	817	282	306	119	39	246	107	37
9	2	3	6	1,5	1648	633	205	1319	570	195	212	82	27	170	74	26
10	2	4	8	2	2019	724	216	1590	647	205	225	81	24	177	72	23
11	2	6	12	3	957	364	116	764	327	111	121	46	15	96	41	14
12	2	8	16	4	782	299	97	625	269	92	100	39	13	80	35	12
13	3	1	3	0,75	2508	992	332	2020	895	317	344	136	46	277	123	44
14	3	2	6	1,5	4200	1380	371	3241	1221	352	387	128	35	299	113	33
15	3	3	9	2,25	3489	1099	281	2666	967	266	294	93	24	225	82	23
16	3	4	12	3	4655	1339	308	3482	1167	290	323	93	22	242	81	21
17	3	6	18	4,5	1888	586	147	1438	515	139	154	48	12	117	42	12
18	3	8	24	6	1845	556	135	1395	487	128	142	43	11	107	38	10
19	4	1	4	1	3214	1168	353	2539	1044	337	368	134	41	290	120	39
20	4	2	8	2	6233	1794	412	4664	1564	389	433	125	29	324	109	27
21	4	3	12	3	5112	1406	306	3784	1219	288	322	89	20	238	77	19
22	4	4	16	4	13187	2868	473	9243	2423	440	502	110	18	352	93	17
23	4	6	24	6	2963	767	156	2163	661	146	164	43	9	120	37	9
24	4	8	32	8	3274	799	151	2357	684	141	160	39	8	115	34	7
25	6	1	6	1,5	3569	1201	332	2769	1065	315	346	117	33	269	104	31
26	6	2	12	3	7503	1959	401	5487	1689	376	423	111	23	309	96	22
27	6	3	18	4,5	5787	1451	283	4193	1246	265	299	75	15	217	65	14
28	6	4	24	6	12511	2570	396	8653	2158	368	422	87	14	292	73	13
29	6	6	36	9	2302	587	117	1674	505	110	124	32	7	90	28	6
30	6	8	48	12	2732	650	119	1955	555	111	126	30	6	90	26	6
31	8	1	8	2	4167	1304	331	3179	1147	313	346	109	28	264	96	26
32	8	2	16	4	10908	2506	441	7744	2130	411	467	108	19	332	92	18
33	8	3	24	6	7529	1702	294	5325	1444	274	312	71	13	220	60	12
34	8	4	32	8	23673	4005	491	15649	3291	451	526	89	11	348	74	11
35	8	6	48	12	2773	640	114	1971	545	106	120	28	5	86	24	5
36	8	8	64	16	2344	545	98	1668	464	91	103	24	5	74	21	4

<sup>(1)</sup>Combinações de 36 tamanhos ótimos de parcela ( $X_o$ , em UEB),  $i$  tratamentos ( $i=5$  e  $10$ ) e  $r$  repetições ( $r=3, 5$  e  $10$ ).  $X_L$ : UEB adjacentes à linha;  $X_C$ : UEB adjacentes à coluna.

Tabela 3 - Tamanho ótimo de parcela ( $X_o$ ), em unidades experimentais básicas (UEB), estimado por meio da metodologia de Hatheway (1961), para planejamentos experimentais no delineamento blocos ao acaso, em cenários formados pelas combinações de  $i$  tratamentos,  $r$  repetições e  $d$  diferenças entre médias de tratamentos ( $d\%$ ) a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, expressas em percentagem da média geral do experimento (precisão), para os dados de massa verde de crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), em gramas  $0,25m^2$ , avaliada aos 97 dias após a semeadura (DAS) (Época 2), em ensaio de uniformidade com 4608UEB de  $0,5m \times 0,5m$  ( $0,25m^2$ ).

Plano	$X_L$	$X_C$	$X$	$X(m^2)$	d(%)=5						d(%)=10					
					i=5			i=10			i=5			i=10		
					r=3	r=5	r=10	r=3	r=5	r=10	r=3	r=5	r=10	r=3	r=5	r=10
1	1	1	1	0,25	3173	1382	517	2614	1260	497	534	233	87	440	212	84
2	1	2	2	0,5	2557	1051	368	2079	953	353	381	157	55	310	142	53
3	1	3	3	0,75	2113	845	286	1707	764	274	297	119	41	240	108	39
4	1	4	4	1	1587	640	219	1284	579	210	227	92	32	184	83	30
5	1	6	6	1,5	1550	597	193	1241	537	185	201	77	25	161	70	24
6	1	8	8	2	1030	407	136	830	368	131	141	56	19	114	51	18
7	2	1	2	0,5	2799	1126	384	2264	1018	368	398	160	55	322	145	53
8	2	2	4	1	2453	903	277	1943	808	264	288	106	33	228	95	31
9	2	3	6	1,5	2260	787	227	1768	701	216	236	83	24	185	74	23
10	2	4	8	2	1839	633	180	1434	562	171	187	65	19	146	58	18
11	2	6	12	3	1900	608	158	1457	536	150	166	53	14	127	47	13
12	2	8	16	4	1589	496	126	1212	436	119	131	41	11	100	36	10
13	3	1	3	0,75	2788	1069	344	2230	961	329	357	137	45	286	124	43
14	3	2	6	1,5	2597	900	257	2028	800	245	268	93	27	210	83	26
15	3	3	9	2,25	2498	812	215	1923	717	204	225	73	20	173	65	19
16	3	4	12	3	2273	715	182	1736	629	173	191	60	16	146	53	15
17	3	6	18	4,5	2707	770	175	2020	670	164	183	52	12	137	46	12
18	3	8	24	6	2456	669	144	1814	580	136	152	42	9	112	36	9
19	4	1	4	1	4669	1574	436	3624	1396	414	455	154	43	353	136	41
20	4	2	8	2	6215	1731	382	4614	1503	360	402	112	25	299	98	24
21	4	3	12	3	7831	1918	364	5643	1642	340	385	95	18	277	81	17
22	4	4	16	4	9867	2145	354	6915	1812	329	375	82	14	263	69	13
23	4	6	24	6	14582	2663	357	9812	2207	330	382	70	10	257	58	9
24	4	8	32	8	39973	5310	489	24977	4249	444	529	71	7	331	57	6
25	6	1	6	1,5	3080	1046	292	2394	928	277	305	104	29	237	92	28
26	6	2	12	3	3161	931	220	2378	813	207	230	68	16	173	60	16
27	6	3	18	4,5	4144	1059	212	3016	911	198	223	57	12	163	49	11
28	6	4	24	6	3468	861	166	2506	738	156	175	44	9	127	38	8
29	6	6	36	9	6610	1309	194	4533	1095	179	206	41	7	142	35	6
30	6	8	48	12	8757	1483	182	5791	1219	168	195	34	5	129	28	4
31	8	1	8	2	3929	1242	319	3005	1094	302	334	106	27	255	93	26
32	8	2	16	4	5700	1449	288	4143	1246	269	303	77	16	221	67	15
33	8	3	24	6	8169	1761	288	5714	1487	267	305	66	11	214	56	10
34	8	4	32	8	8211	1643	246	5644	1375	228	262	53	8	180	44	8
35	8	6	48	12	31523	4263	401	19779	3417	365	434	59	6	272	47	6
36	8	8	64	16	91150	8607	530	52603	6633	473	581	55	4	336	43	4

<sup>(1)</sup>Combinações de 36 tamanhos ótimos de parcela ( $X_o$ , em UEB),  $i$  tratamentos ( $i=5$  e  $10$ ) e  $r$  repetições ( $r=3, 5$ , e  $10$ ).  $X_L$ : UEB adjacentes à linha;  $X_C$ : UEB adjacentes à coluna.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na cultura da crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), a estimativa do tamanho ótimo de parcela, a fim da avaliação da massa verde, depende do tamanho da unidade experimental básica. Os métodos de PARANAÍBA et al. (2009), de MEIER & LESSMAN (1971) e de HATHEWAY (1961), utilizados para estimação do tamanho de parcela, são influenciados pelo tamanho da unidade experimental básica utilizado para estimação do tamanho de parcela. Então, na intenção de contemplar a maior parte da variabilidade existente na área experimental, é indicado avaliar a massa verde em unidades experimentais básicas de menor tamanho possível, para serem usadas na estimação do tamanho ótimo de parcela.

## 7 REFERÊNCIAS GERAIS

ALVES, S. M. F., SERAPHIN, J. C. Coeficiente de heterogeneidade do solo e tamanho de parcela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 105-111, 2004.

AMABILE, R. F., FANCELLI, A. L., CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 47-54, 2000.

BARROS, I., TAVARES, M. Estimativa de tamanho ótimo de parcelas experimentais através de cálculos algébricos. **Bragantia**, v. 54, p. 209-215, 1995.

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, p.176-183, 2015.

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, p. 1732-1739, 2014.

CARGNELUTTI FILHO, A., TOEBE, M., BURIN, C., CASAROTTO, G., FICK, A. L. Tamanho ótimo de parcela em milho com comparação de dois métodos. **Ciência Rural**, v. 41, p. 1890-98, 2011a.

CARGNELUTTI FILHO, A., TOEBE, M., BURIN, C., FICK, A. L., CASAROTTO, G. Tamanhos de parcela e ensaios de uniformidades em nabo forrageiro. **Ciência Rural**, v. 41, p. 1517-1525, 2011b.

CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B. M., TOEBE, M., FACCO, G. Tamanhos de unidades experimentais básicas e de parcelas em tremoço branco. **Ciência Rural**, v. 46, p. 610-618, 2016.

CÉSAR, M. N. Z., GUERRA, J. G. M., RIBEIRO, R. L. D., URQUIAGA, S. S. C., PADOVAN, M. P. Performance de adubos verdes cultivados em duas épocas do ano do cerrado do mato grosso do sul. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, p. 159-169, 2011.

EIRAS, P. P., COELHO, F. C. Avaliação de diferentes densidades de semeadura e da poda na produtividade de sementes de Crotalaria juncea. **Revista Ceres**, v. 59, p. 668-676, 2012.

FAO. 2015. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso dia 20 de setembro de 2015.

FEDERER, W. T. **Experimental design**. New York: McMillan, 1955. p. 544.

FOLONI, J. S. S., LIMA, S. L., BULL, L. T. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 49-57, 2006.

GARRIDO, M. S., SOARES, A. C. F., COIMBRA, J. L., SOUSA, C. S. Management of crotalaria and pigeonpea for control of yam nematode diseases. **Summa Phytopathologica**, v. 34, p. 222-227, 2008.

GOMES, F. P. O problema do tamanho das parcelas em experimentos com plantas arbóreas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, p. 1507-1512, 1984.

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

HATHEWAY, M. H., WILLIAMS, E. J. Efficient estimation of the relationship between plot size and the variability of crop yields. **Biometrics**, v. 14, p. 207-222, 1958.

KELLER, K. R. Uniformity trial on *Hopohumulus lupulus* L. for increasing the precision of yield experiments. **Agronomy Journal**, v. 41, p. 389-392, 1949.

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

LEAL, M. A. A., GUERRA, J. G. M., PEIXOTO, R. T. G., ALMEIDA, D. L. Desempenho de crotalaria cultivada em diferentes épocas de semeadura e de corte. **Revista Ceres**, v. 59, p. 386-391, 2012.

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

LUGO, F. C. Tamaño de Parcela experimental y su forma. **Revista Facultad de Agronomía**, v. 9, p. 55-74. 1977.

MEIER, V.D., LESSMAN, K.J. Estimation of Optimum Field Plot Shape and Size for Testing Yield in *Crambe abyssinica* Hochst. **Crop Science**, Madison, v. 11, p. 648-650, 1971.

MONQUERO, P. A., AMARAL, L. R., INÁCIO, E. M., BRUNHARA, J. P., BINHA, D. P., SILVA, P. V., SILVA, A. C. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 27, p. 85-95, 2009.

MOZAMBANI, A. E., SADER, R., PINTO, L. R. Maturação fisiológica e retardamento de colheita de sementes de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 15, p. 55-62, 1993.

NASCIMENTO, J. T., SILVA, I. F. Avaliação quantitativa e qualitativa da fitomassa de leguminosas para uso como cobertura de solo. **Ciência Rural**, v. 34, p. 947-949, 2004.

OLIVEIRA, P. H. **Tamanho e forma ótimos da parcela para avaliação do rendimento em experimentos com batata**. 1994. 83f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

OLIVEIRA, S. J. R. de; STORCK, L., LUCIO, D. A.; LOPES, S. J.; MARTINI, L. F. D. Índice de heterogeneidade, coeficiente de variação e tamanho ótimo de parcela em batata. **Ciência Rural**, v.36, p.1710-1716, 2006

OLIVEIRA, S. J. R., STRCK, L., LOPES, S. J., DAL COL, A. L., FEIJÓ, S., DAMO, H, P. Plot size and experimental unit relationship in exploratory experiments. **Scientia agrícola**. v. 62, p. 585-589, 2005.

ORTIZ, R. Plot techniques for assessment of bunch weight in banana trials under two systems of crop management. **Agronomy Journal**, v. 87, p. 63-69, 1995.

PABLOS, J. L., CASTILLO, A. **Determinación del tamaño de parcela experimental óptimo mediante la forma canónica**. Chapingo: Centro de Estadística y Calculo, Colégio de Portgrado, 1966. 16 p.

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, p. 255-268, 2009a.

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

PERIN, A., SANTOS, R. H. S., URQUIAGA, S., GUERRA, J. G. M., CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 35-40, 2004.

RAMALHO, M. A. P., FERREIRA, D. F., OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras, UFLA, 2012. 322p.

RIBAS, R. G. T., JUNQUEIRA, R. M., OLIVEIRA, F. L., GUERRA, J. G. M., ALMEIDA, D. L., RIBEIRO, R. L. D. **Manejo da adubação verde com crotalária no consórcio com o quiabeiro sob manejo orgânico**. (Comunicado Técnico- EMBRAPA), V, 59, 2003.

ROSSETTI, A. G. Influência da área da parcela e do número de repetições na precisão de experimentos com arbóreas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 433-438, 2002.

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, p. 44-52, 2016.

SCHWERTNER, D. V., LUCIO, A. D., CARGNELUTTI FILHO, A. Size of uniformity trials for estimating the optimum plot size for vegetables. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 388-393, 2015.

SEVERINO, F. J., CHRISTOFFOLETI, P. J. Banco de sementes de plantas daninhas em solo cultivado com adubos verdes. **Bragantia**, v. 60, p. 201-204, 2001.

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

SODRÉ FILHO, J., CARDOSO, A. N., CARMONA, R., CARVALHO, A. M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 327-334, 2004.

SOUSA, R. P., SILVA, P. S. L., ASSIS, J. P., BARBOSA e SILVA, P. I., SILVA, J. C. V. Tamanho ótimo da parcela para experimentação com girassol. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 46, p. 170-175, 2015

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

STORCK, L. **Estimativa para tamanho e forma de parcela e número de repetições para experimento com milho**. Dissertação (Mestrado) – Porto Alegre: Curso de Pós Graduação em Agronomia, 1979. p. 98.

STORCK, L., GARCIA, D. C., LOPES, S. J., ESTEFANEL, V. **Experimentação vegetal**. 3 ed. Santa Maria: UFSM, 2011. p. 198.

STORCK, L., UITDEWILLIGEN, W. P. M. Estimativa para tamanho e forma de parcela e número de repetições para experimentos com milho (*Zea mays* L.). **Agronomia Sul Riograndense**, v. 16, p. 269-182, 1980.

THOMAS, E. J. Relationship between plot size and plot variance. **Agricultural Research Journal of Kerala**, v. 12, p. 178-189, 1974.

TIMOSSI, P. C., WISINTAINER, C., SANTOS, B. J., PEREIRA, V. A., PORTO, V. S. Supressão de plantas daninhas e produção de sementes de crotalária, em função de métodos de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 525-530, 2011.

VALLEJO, R. L., MENDOZA, H. A. Plot technique studies on sweet potato yield trials. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 117, p. 508-511, 1992.

VAN, W., SCHUTTE, A. L. Phylogenetic relationships in the tribes podalyrieae, liparieae and crotalarieae. **Advances in legume systematics**. p. 283-308, 1995.

VIANA, A. E. S. **Estimativas do tamanho de parcela e característica do material de plantio em experimentos com (Manihotesculenta Crantz)**. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, 1999. p. 132.

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

ZHANG, R., WARRICK, A. W., MYERS, D. E. Heterogeneity, plot shape effect and optimum plot size. **Geoderma**, v. 62, p. 183-197, 1994.