UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA

Elaine Cristina da Silva Souza

Determinação do tamanho de parcela por meio de métodos de regressão segmentada com platô resposta

Campina Grande - PB

Agosto de 2018

Elaine Cristina da Silva Souza

Determinação do tamanho de parcela por meio de métodos de regressão segmentada com platô resposta

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Estatística do Departamento de Estatística do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba em cumprimento às exigências legais para obtenção do título de bacharel em Estatística.

Orientador: Profa. Dra. Ana Patricia Bastos Peixoto
Coorientador: Profa. Dra. Gláucia Amorim Faria

Campina Grande - PB
Agosto de 2018

S719d Souza, Elaine Cristina da Silva.
Determinação do tamanho de parcela por meio de métodos de regressão segmentada com platô resposta [manuscrito] / Elaine Cristina da Silva Souza. - 2018.
25 p.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Estatística) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2018.

"Orientação : Profa. Dra. Ana Patricia Bastos Peixoto , Departamento de Estatística - CCT."

"Coorientação: Profa. Dra. Gláucia Amorim Faria , UNESP - Universidade Estadual Paulista"

1. Passifora setacea. 2. Ensaio de uniformidade. 3. Maracujá. 4. Estatistica. I. Título

21. ed. CDD 582.13

Elaine Cristina da Silva Souza

Determinação do tamanho de parcela por meio de métodos de regressão segmentada com platô resposta

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Estatística do Departamento de Estatística do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba em cumprimento às exigências legais para obtenção do título de bacharel em Estatística.

Trabalho aprovado em 02 de agosto de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Ana Patricia Bastos Peixoto

Profa. Dra. Ana Patricia Bastos Peixoto
Universidade Estadual da Paraíba

Prof. Dr. Gustavo Henrique Esteves
Universidade Estadual da Paraíba

Ednário Barbosa de Mendonça

Prof. Me. Ednário Barbosa Mendonça
Universidade Estadual da Paraíba

A Deus, autor da minha vida.
À minha mãe, Maria Aparecida,
pelo seu amor incondicional, apoio,
força, paciência, incentivo e dedicação.
Dedico

Agradecimentos

A Deus, primeiramente, por me dar força para superar todas as dificuldades e tornar possível a realização desse sonho.

À minha mãe, Maria Aparecida da Silva Santos, pelo seu amor, cuidado, dedicação, que sempre teve comigo, em todos os momentos me motivando, me passando segurança, confiança e me fazendo acreditar que por mais difícil que seja a situação, no final sempre dará certo.

À meu irmão, Márcio Roberto da Silva, pelo seu imenso apoio, estímulo.

À Minha orientadora, Ana Patricia Bastos Peixoto, pela sua disponibilidade, dedicação e apoio, que foi de extrema importância para a conclusão desse trabalho.

A todos os professores do curso, que foram fundamentais na minha formação acadêmica.

A Universidade Estadual da Paraíba e ao Centro de Ciência e Tecnologia; como também a todos os funcionários que fazem parte dessa instituição que de forma direta ou indiretamente contribuíram para minha formação.

À Waldemir Anderson, uma pessoa muito especial, pela sua energia positiva, carinho e motivação.

À Hélvia Luz Brasil, uma grande amiga, pelo seu incentivo, torcida e principalmente pela nossa amizade.

À todos meus amigos, que fazem parte da minha vida.

À todos os colegas de curso e de outros cursos, por todos os momentos bons que compartilhamos durante todos esses anos.

"O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis."

(José de Alencar)

Resumo

Este trabalho teve por objetivo obter o tamanho ótimo de parcelas para experimentos com a espécie de maracujá *Passiflora setacea*. O experimento foi conduzido um ensaio de uniformidade em casa de vegetação e foram medidas as variáveis altura da planta, diâmetro da caule, número de folhas, número de gemas e clorofila. Utilizou-se 40 unidades básicas, dispostas convenientemente em linhas e colunas nas grades, simularam-se 25 diferentes tamanhos de parcelas. Para as parcelas simuladas de diferentes formas, mas com o mesmo tamanho, foi considerada a média aritmética dos coeficientes de variação, provenientes de formas de diferentes parcelas. Para estimação do tamanho de parcela utilizando os métodos do modelo de regressão linear com platô e do modelo de regressão quadrática com platô. Encontrou-se uma variação 9 a 14 unidades básicas para os tamanhos das parcelas pelo modelo linear segmentado com platô e constatou-se uma variação de 10 a 20 unidades básicas para os tamanhos das parcelas pelo modelo quadrático segmentado com platô.

Palavras-chaves:*Passiflora setacea.*; Ensaio de uniformidade; Modelos segmentados.

Abstract

The objective of this work was to obtain the optimal size of plots for experiments with the species Passiflora setacea. The experiment was conducted with uniformity assay a greenhouse and the variables measures was plant height, stem diameter, number of leaves, Number of Buds and chlorophyll. Was used 40 basics units, conveniently arranged in rows and columns in the grids, 25 different plot sizes were simulated. For the simulated plots of different forms, but with the same size, It was considered the arithmetic mean of the coefficients of variation, from different plot forms. For plot size estimation it was used the methods of the linear regression model with plateau and the quadratic regression model with plateau. It was observed a variation of 9 basics units to 14 bu was found for the plot sizes by the segmented linear model with plateau and a variation of 10 bu to 20 bu for the plot sizes was found by the quadratic segmented model with plateau.

Key-words: Passiflora setacea; Uniformity assay; Segmented model.

Lista de ilustrações

Lista de tabelas

Sumário

1 Introdução

A espécie *Passiflora Setacea De Candolle*, conhecida no Brasil como maracujá-sururuca, maracujá-de-cobra ou maracujá-do-sono é uma espécie silvestre pouco conhecida e estudada, em especial com relação a propagação, germinação e condições de armazenamento. Em função da dificuldade de reprodução da espécie, tanto em relação à germinação das sementes quanto ao enraizamento de estacas, as técnicas de cultura de tecidos tornam-se possíveis elementos a serem pesquisadas.

A aplicação de cultura de tecidos em *Passiflora spp.* poderá colaborar para o desenvolvimento de mudas de alta qualidade fitossanitária e genética. As técnicas de cultura de tecidos têm sido aplicadas de várias maneiras no desenvolvimento de cultivares superiores, desde a obtenção das mais variadas espécies de mudas saudáveis até o apoio a programas de melhoramento genético. Estudos visando à otimização do processo de multiplicação *in vitro* e o tamanho ideal de parcelas são também de grande importância para maior eficiência na regeneração clonal de plantas.

Estimar o tamanho ótimo da parcela é primordial para o sucesso de um experimento. O interesse do pesquisador em determinar o tamanho ótimo de parcela e o número de repetições no planejamento experimental é obter os resultados com precisão. O tamanho e a forma da parcela é fundamental para os experimentos, pois independente dos objetivos de cada um, deseja-se identificar as diferenças significativas entre os tratamentos testados, no qual depende da diminuição do erro experimental. De maneira geral, a recomendação mais frequente em relação ao tamanho e forma de parcelas experimentais indica o uso de parcelas retangulares e pequenas em detrimento das parcelas quadradas e grandes (BAKKE, 1988).

Deve-se ressaltar que o tamanho adequado da parcela está na dependência de fatores diversos, destacando-se aqueles de ordem prática, tais como natureza dos tratamentos, disponibilidade de área e de recursos, além dos aspectos referentes ao nível de precisão estatística requerido para os testes e estimações a serem efetuados (CHAVES, 1985). Além do que, o tamanho da parcela e o número de repetições não pode ser fixado para todos os experimentos, pois devem variar de acordo com diversos fatores como cultivar, época, local, espécie, métodos aplicados, e outros.

Assim, este trabalho teve por objetivo obter o tamanho ótimo de parcelas para experimentos com a espécie *Passiflora setacea*, utilizando-se o Modelo Platô de Resposta Linear e o Modelo Platô de Resposta Quadrática, os quais falaremos mais adiante.

2 Fundamentação Teórica

Nesta seção serão abordados os principais métodos estatísticos que servirão de base para o entendimento sobre a estimação do tamanho ótimo de parcelas.

2.1 Tamanho de parcelas experimentais

Em um experimento, determinar o tamanho de parcela e estimar o efeito dos tratamentos são algumas das dificuldades que o pesquisador enfrenta. A parcela ou unidade experimental é uma quantidade de material onde o tratamento escolhido deve ser aplicado. Já o tratamento é o procedimento aplicado na parcela no qual o efeito deseja-se medir e comparar com o efeito dos outros tratamentos. A precisão de um experimento está estritamente relacionada ao erro experimental (FISHER, 1960).

O erro experimental é a variação devida ao efeito dos fatores não controlados, ou que ocorrem ao acaso ou de forma aleatória, sendo assim, a finalidade de um planejamento experimental é reduzir ao máximo o erro experimental, em consequência aumentar a confiabilidade dos resultados, independentemente do local que o experimento foi realizado. Alguns elementos são fundamentais e estão diretamente ligados a diminuição do erro experimental, que são: tamanho e forma de parcela, heterogeneidade do solo, numero de repetições, tipo de tratamento aplicado, delineamento experimental. A parcela e o delineamento experimental, muitas vezes são definidos de acordo com as necessidades e experiência do pesquisador (SILVA et al., 2003).

O planejamento do experimento deve ser organizado adequadamente, o pesquisador, geralmente com sua experiência determina o tamanho da parcela, com isso o resultado dos tratamentos testados serão mais precisos, diminuindo o erro experimental e aumentando as possibilidades de identificar as diferenças estatísticas entre os tratamentos. Segundo Lúcio (1999) o erro experimental interfere diretamente nos resultados dos experimentos, pois quanto maior for esse erro, as diferenças entre os tratamentos poderão não ser detectadas de maneira significativas.

Para Ferreira (2000), a forma da parcela também influência na redução do erro experimental. Essa influência é mais significativa em parcelas maiores que em parcelas menores. A melhor forma da parcela será, para cada caso, a que melhor controlar as variações e que se adapte aos tratamentos do estudo. O tamanho e a forma das parcelas não podem serem aplicados igualmente em vários experimentos, pois há uma variação de acordo com o solo, a cultivar, os tratos culturais, o manejo, entre outros. O tamanho ótimo de parcela pode ser determinado a partir de dados obtidos em experimentos em branco, denominados ensaios de uniformidade (RAMALHO et al., 2005; STORCK et al., 2011).

As metodologias existentes, por serem vastas, confundem o experimentador na hora da escolha de qual estratégia aplicar pois levam a diferentes resultados. Como exemplo, desta variedade apresenta-se: Método da Máxima Curvatura, Método de H. Fairfield Smith, Método da Máxima Curvatura Modificado, Método da Informação Relativa, Método da Regressão Múltipla, Método de W. H. Hatheway, Método de Pimentel Gomes, Método da Comparação de Variâncias, Método do Modelo linear de Resposta Platô (MLRP), Método do Modelo Quadrático de Response Platô (MQRP), Método do Modelo Exponencial de Response Platô (MERP), Método do Coeficiente de Correlação Intraparcelar, Método da Curvatura Máxima do Coeficiente de Variação e Método de Papadakis.

Dentre tantos métodos, o pesquisador com sua experiência decide aplicar o método que vai atender suas necessidades para se chegar aos resultados desejados. Pois, apesar de cada método possuir suas características distintas, alguns surgiram proveniente de outros. A estimação do tamanho e a forma da parcela podem apresentar resultados divergentes entre vários métodos. Alguns trabalhos sobre tamanho de parcelas em experimentos agrícolas foram publicado em diversas culturas, entre eles tem-se CARGNELUTTI FILHO et al., 2014.

2.1.1 Estimação do tamanho da parcela experimental

A maioria dos experimentos agrícolas utilizados para determinação do tamanho adequado de parcelas para as diferentes culturas são realizados empregando-se ensaios de uniformidade, ou em branco, a partir dos quais são calculados a variância e o coeficiente de variação para as diferentes dimensões de parcelas, os quais são usados como medida de variabilidade desses experimentos. Um ensaio em branco consiste em se ter em toda extensão da área experimental apenas um material genético, submetendo toda área à práticas culturais idênticas. Posteriormente, esse ensaio é dividido em certo número de unidades básicas, ou parcelas pequenas, avaliando-se nessas unidades as características desejadas, como por exemplo produção. Isso permite que produções de unidades contíguas sejam somadas para formar parcelas de diferentes tamanhos (PEIXOTO et al., 2011).

Smith (1938) propôs um método que foi o precursor de vários outros métodos para determinar o tamanho de parcelas, o mesmo propôs um método para se determinar o tamanho de parcelas baseando-se numa relação empírica entre a variância de parcelas de diferentes tamanhos e o tamanho da parcela, estabelecida da seguinte forma $V_x = V_1 \Big/ X^b$, na qual V_x é a variância entre as parcelas de X unidades básicas, V_1 é a variância entre parcelas de tamanho igual a uma unidade básica, X é o tamanho da parcela, em unidades básicas e b é o coeficiente de regressão ou de heterogeneidade do solo, ou índice de variabilidade do material experimental. O valor de b baseia-se numa relação empírica entre o tamanho da parcela e a sua variância, estabelecendo uma dependência negativa, de modo que quando o tamanho da parcela aumenta a variância diminui. Este índice, também conhecido como o índice de heterogeneidade do solo (Smith, 1938) varia no intervalo de 0 a 1, $(0 \leq b \leq 1)$. Assim, a proximidade do valor de b com a unidade indica que as parcelas não são correlacionadas, ocorrendo quando a área experimental possui alta heterogeneidade, sugeridas nesses casos o uso de parcelas maiores. Por outro lado, quanto menor a estimativa do valor de b , indica-se que a área experimental é mais uniforme (as parcelas mais correlacionadas umas com as outras), sugerindo-se que podem-se utilizar parcelas menores.

A estimativa deste índice, em geral, é obtida mediante o ajuste de equação de regressão linear entre o logaritmo da variância do rendimento médio de cada tamanho de parcela pré-estabelecido e o logaritmo do respectivo tamanho da parcela, expresso pelo modelo: $\log V_x = \log V_1 - b\log(x)$, então $b = \frac{\log V_1 - \log V_x}{\log(x)}$. Mesmo os ensaios de uniformidade e a relação empírica de Smith (1938) terem sido bastante utilizados principalmente na pesquisa agrícola, existem algumas desvantagens, como sendo onerosos, requerendo abundante mão-de-obra e tempo para condução, o que nem sempre é verdadeiro, pois em várias aplicações esses ensaios são simples e baratos, pelo fato de não necessitar de tratamentos.

O Método da Máxima Curvatura é um dos métodos utilizados para determinar o tamanho ótimo de parcela. É simples e de fácil utilização, mas como o tamanho da parcela é determinado visualmente não existindo um padrão para identificar o ponto de curvatura máxima da curva, esse método está sujeito a erros. Segundo Paranaiba, Ferreira e Morais (2009), por meio do método de inspeção visual da curvatura máxima, são calculados os coeficientes de variação $CV(X)$ para cada tamanho de parcela X, em que $V(X)$ é a variância das parcelas com X unidades básicas (ub) e é a média. O conjunto de pontos obtidos dos pares ordenados $[X, CV(X)]$ são unidos formando uma curva, onde o ponto de máxima curvatura é determinado por inspeção visual, considerando-se com tamanho ótimo da parcela o valor da abscissa do ponto.

O método de inspeção visual da curvatura máxima foi aperfeiçoado e Lessman e Atkins (1963), desenvolveram o Método da Máxima Curvatura Modificada, que consiste em determinar algebricamente o ponto onde a curvatura é máxima na curva que relaciona coeficiente de variação com o tamanho de parcela. Essa relação entre CV e tamanho de parcela, segundo Meier e Lessman (1971), pode ser estimada pela equação geral $Y = \beta_0 \big/ X^{\beta_1}$, em que Y representa o coeficiente de variação e X corresponde ao tamanho da parcela em unidades básicas. Por esse método, a relação entre o coeficiente de variação $(CV_{(x)})$ e o tamanho da parcela com (X) unidades básicas é explicado pelo modelo $CV = \beta_0 X^{-\beta_1}$, em que β_0 e β_1 são os parâmetros a serem estimados. A partir da função de curvatura dada por esse modelo, Meier e Lessman (1971), determinaram que o valor da abscissa em que ocorre o ponto de máxima curvatura,X_c pode ser estimado por

$$X_c = \left[\beta_0^2 \beta_1^2 (2\beta_1 + 1)/(\beta_1 + 2)\right]^{1/(2\beta_1+2)},$$

ou convertido por aplicação de logaritmo em

$$\log X_c = [1/(2\beta_1 + 2)] \log \left[(\beta_0\beta_1)^2(2\beta_1 + 1)/(\beta_1 + 2)\right],$$

ou ainda em

$$X_c = \exp\left\{[1/(2\beta_1 + 2)] \log \left[(\beta_0\beta_1)^2(2\beta_1 + 1)/(\beta_1 + 2)\right]\right\},$$

em que X_c é o valor da abscissa no ponto de máxima curvatura, o qual corresponde à estimativa do tamanho ótimo da parcela experimental (MEIER e LESSMAN, 1971).

Outra metodologia que pode ser empregada para estimação do tamanho de parcela é aquela que utiliza modelos de regressão com platô de resposta. A regressão linear de platô foi desenvolvida para análise de métodos descontínuos, sendo classificada como uma regressão segmentada (DRAPER e SMITH, 1998; SCHABENBERGER e PIERCE, 2002). A segmentação do modelo ocorre em um único ponto, o que proporciona a formação de um bi-segmento. Nesse aspecto, o primeiro segmento que é descrito por uma reta crescente ou decrescente, antes da divisão do segmento é representado por um modelo linear simples ($Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i, \;\; se \;\; X_i \leq X_c$) e, na segunda parte ou segundo segmento ocorre o modelo de platô, representado por uma constante paralela ao eixo X, ($Y_i = P + \varepsilon_i, \;\; se \;\; X_i > X_c$). Desse modo, tem-se que Y_i é a variável resposta; β_0 é o intercepto ou constante e β_1 é o coeficiente de regressão do primeiro segmento. O modelo de platô apresenta apenas a constante P como parâmetro, o que proporciona a formação de uma reta contínua; X_c é o ponto de junção dos dois segmentos e ε_i é o erro associado ao modelo considerado como tendo distribuição normal e independentemente distribuído com média 0 e variância σ^2_ε.

O modelo geral possui um segmento de reta antes do ponto de junção (X_c) como o platô, e o uso de uma variável binária podem ser empregados para unir os dois modelos, conforme sugerido Draper e Smith (1998), do seguinte modo $Y_i = (\beta_0 + \beta_1 X_i)Z_i + P(1 - Z_i) + \varepsilon_i$ em que Y_i é a variável dependente; $\beta_0 \;\; e \;\; \beta_1$ parâmetros na equação da reta; P, parâmetro na equação do platô; X_i é a variável independente; Z_i é a variável binária, que quando assume o valor de $Z_i = 1$, para $X_i \leq X_c$, o modelo de regressão linear é ativado e, quando assume o valor de $Z_i = 0$, para $X_i > X_c$, o modelo de platô é acionado.

O método da comparação de variâncias (VALLEJO e MENDOZA, 1992), utiliza dados de ensaio de uniformidade para determinação do tamanho de parcela experimental. Os tamanhos de parcela estimados por este método dependem do critério de classificação hierárquica utilizado para a análise dos dados. O método baseia-se inicialmente em adotar uma classificação hierárquica para definição dos diferentes tamanhos de parcelas, estimar as variâncias para os respectivos tamanhos de parcelas, e por meio da análise de variância corrigir e reduzir essas variâncias em relação à unidade de menor nível hierárquico dentro da classificação hierárquica adotada por Hatheway e Williams (1958).

2.2 Modelo de regressão linear com platô

Com a finalidade de estimar o tamanho de parcela, por meio de modelo linear segmentado com platô (LRP), utilizou-se o seguinte modelo de regressão:

$$CV_i \;=\; \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i & se, \quad X_i \leq X_c \\ P + \varepsilon_i & se, \quad X_i > X_c \end{cases} \tag{2.1}$$

em que CV_i é o coeficiente de variação entre totais de parcela de tamanho de X_i unidades binárias; X_i é o tamanho da parcela em unidades básicas agrupadas; X_c é o tamanho ótimo de parcelas para o qual o modelo linear se transforma em um platô, em relação a abscissa; P é o coeficiente de variação no ponto correspondente ao platô; β_0 representa o intercepto e β_1 o coeficiente angular, do segmento linear e ε_i é o erro associado ao CV_i considerado independentes e normalmente e independentemente distribuídos com média 0 e variância σ^2_ε constante. O tamanho ótimo de parcelas foi estimado pela expressão: $X_c = \left(\hat{P} - \hat{\beta}_0\right)\big/\hat{\beta}_1$ em que $\hat{\beta}_0,\ \hat{\beta}_1$ *e* $\hat{P}$, são os valores estimados dos parâmetros do modelo linear com resposta platô.

2.3 Modelo de regressão quadrático com platô

O modelo de regressão segmentado platô de resposta utilizado foi

$$CV_i \;=\; \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \varepsilon_i & se, \quad X_i \leq X_c \\ P + \varepsilon_i & se, \quad X_i > X_c \end{cases} \tag{2.2}$$

em que $\beta_0,\ \beta_1$ *e* β_2, são parâmetros a serem estimados e os demais tem definição idênticas de LRP.

Para valores de $X_i \leq X_c$, os valores de CV_i são explicados por um modelo quadrático e para valores de $X_i > X_c$ a equação explicativa é uma constante e paralela a abscissa. O ponto X_c é considerado desconhecido e deve ser estimado juntamente com os demais parâmetros do modelo. Este ponto representa a junção do segmento quadrático com o segmento de platô. As curvas devem ser contínuas e suavizadas, de modo que as primeiras derivadas com relação a X nos dois segmentos devem ser a mesma no ponto X_c. O ponto e junção entre o modelo quadrático e o platô, o qual define o tamanho de parcela pode ser estimado pela expressão $X_c = -\frac{\beta_1}{2\beta_2}$. Substituindo X_c na expressão (9) por obtemos o máximo que corresponde ao platô almejado, dado por $P = \beta_0 - \frac{\beta_1^2}{4\beta_2}$. Neste caso, têm-se três parâmetros efetivos, pois tanto X_c quanto P são determinados a partir de $\beta_0,\ \beta_1$ *e* β_2.

3 Material e Métodos

A espécie de maracujazeiro *Passiflora Setacea* tem uma planta de caule roliço, sutilmente revestido de tomento pardacento; folhas trilobadas com 5 a 8 cm longitudinalmente por 6 a 10 cm transversalmente; pecíolos com 3cm de comprimento, portando, na base, um par de glândulas sésseis. Fruto globoso para ovóide, com 4 cm de comprimento por 3 cm de diâmetro; casca verde-amarelada e rajadas quando próximos à maturação, apresentando cinco listas longitudinais da base ao ápice do fruto, casca coriácea, suco doce-acidulado e saboroso. Vários autores mencionam que essa espécie apresenta tolerância a algumas pragas e doenças, resistindo assim à morte precoce e à fusariose constituindo uma importante alternativa potencial para porta-enxertos. Por ser uma espécie silvestre pouco estudada, em especial com relação a propagação, germinação e condições de armazenamento, poucas características são conhecidas, a exemplo seu longo período de dormência das sementes e dificuldade no enraizamento de estacas.

Para este trabalho foi conduzido um ensaio de uniformidade com a espécies *Passiflora setacea* na casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia da Unesp-FEIS (Ilha Solteira – SP). O substrato para plantio constituiu-se de três partes de solo e uma de esterco de curral curtido (bovino), o solo foi adubado com 3 kg de superfosfato simples e 0,5 kg de KCl por 1 m^3. Foram utilizadas 100 sementes por espécie, estas foram colocadas para germinar à profundidade de 1 cm em bandejas de isopor, com 200 células, de 15,8 ml de substrato por célula. Após a germinação as plantas foram transplantadas para jardineiras com 24,5 l de substrato. Cerca de 60 dias após o transplante foram medidas as seguintes variáveis: Altura da planta, Diâmetro da caule, Número de Folhas, Número de Gemas e Clorofila.

Para as parcelas simuladas de diferentes formas, mas com o mesmo tamanho, foi considerada a média aritmética dos coeficientes de variação, provenientes de formas de diferentes parcelas. Já para estimação do tamanho de parcela utilizando os métodos do Modelo de regressão linear com platô e do Modelo de regressão quadrático com platô, sendo que a espécie de passiflora foi considerada como um ensaio em branco. Desse modo, utilizando-se as 40 unidades básicas, dispostas convenientemente em linhas e colunas nas grades, em cada um dos tratamentos, simularam-se 25 diferentes tamanhos de parcelas, formados por X_1 unidades básicas na linha e X_2 unidades básicas na coluna. Os tamanhos de parcela foram simulados pelo agrupamento de unidades de modo que X_2 correspondesse a X(tamanho da parcela em unidades básicas), conforme pode ser observado na Tabela 1.

As estimativas dos tamanhos ótimos de parcelas foram obtidas por meio Modelo Platô de Resposta Linear e o Modelo Platô de Resposta Quadrática. Para a avaliação da qualidade de ajuste dos modelos foram utilizados o coeficiente de determinação e para

Tabela 1 – Tamanho da parcela (X), forma da parcela e número de parcelas totais para os ensaios de uniformidade com as espécies Passiflora setacea

Tamanho.X.	Forma.$X_1 \times X_2$.	Número de Parcelas
1	1x1	40
2	2x1	20
2	1x2	20
3	3x1	12
3	1x3	10
3	2+1	10
3	1+2	10
4	2x2	10
5	2x2+1	5
6	2x3	5
6	3x2	6
7	2x3+1	5
7	3x2+1	3
8	2x4	5
8	4x2	4
10	2x5	5
10	5x2	4
12	3x4	3
12	4x3	2
15	3x5	3
15	5x3	2
16	4x4	2
20	4x5	2
20	5x4	2
25	5x5	2

seleção do modelo mais adequado o critério de informação de Akaike (1974). O coeficiente de determinação (R^2) é dado por $R^2 = 1 - SQErro/SQT$ em que SQT é a soma de quadrados total corrigida pela média, isto é, $SQT = \sum_{i=1}^{n}(y - \hat{y})^2$

O R^2 expressa a proporção da variação total observada nos dados amostrais que foi explicada pelo modelo ajustado. Assim, quanto mais próximo da unidade for o valor do , melhor o ajuste do modelo. O critério de informação de Akaike (AIC) é dado por $AIC = 2logL(\hat{\theta}) + 2p.$, em que p é o número de parâmetros do modelo a serem estimados e $L(\hat{\theta})$ é o valor máximo da função de verossimilhança do modelo no ponto $\hat{\theta}$ (AKAIKE, 1974). Quanto menor o valor de AIC, melhor o modelo ajustado (BATTES e WATTS, 1988). Todas as análises estatísticas foram obtidos a partir do *software* estatístico R (R Core Team, 2018).

4 Resultados e Discussão

A aplicação da regressão segmentada com platô permitiu compreender o comportamento de variabilidade, ao longo de todos os tratamentos de parcelas realizados, observando se a quantificação da variável coeficiente de variação foi suficiente. Na Tabela 2, são encontradas as estimativas dos parâmetros para o modelo linear e o platô, na qual o coeficiente de determinação variou de 78,40% a 93,20% nas diferentes variáveis analisadas, os quais reproduziram boas estimativas. Não foi encontrado em nenhuma variável com a ocorrência de platô no limite máximo de tamanho de parcela (Tabela 2). As estimativas do tamanho de parcela variaram de 9 ub a 14 ub.

Tabela 2 – Estimativas dos parâmetros do modelo segmentado linear com resposta em platô, do platô de resposta correspondente ao ponto de máxima curvatura (P), do valor da abscissa em que ocorre o ponto de máxima curvatura (X_c) e do coeficiente de determinação (R^2) para as variáveis extraídas da espécie Passiflora setacea

Variáveis	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$P(\%)$	X_c	R^2	AIC
Altura	30,203	-1,883	8,288	11,636	0,852	78,474
Diâmetro	24,131	-1,136	8,695	13,586	0,932	56,778
Número de folhas	15,03	-1,37	3,171	8,65	0,815	63,463
Número de gemas	20,899	-1,069	12,313	8,029	0,784	56,742
Clorofila	23,795	-1,718	8,011	9,188	0,895	62,612

Na Figura 1, foi estimado graficamente o comportamento da regressão linear com platô. A união das retas gerada pelo modelo linear em conjunto com a regressão de platô, expressa o tamanho de parcela adequado. Desse modo, a partir do ponto, o tamanho de parcela se faz suficiente, não havendo mais necessidade de aumentá-lo, pois não há ganho em aumento de precisão experimental. No gráfico é possível observar que conforme há aumento no tamanho das parcelas, há redução do coeficiente de variação (CV%), sendo que nos maiores tamanhos tendeu à estabilidade. Este comportamento sugere que o aumento do tamanho de parcela compensa até certo ponto em função dos baixos ganhos em relação a precisão experimental, em que, se extrapolado, poderá refletir no aumento do uso de recursos para coleta amostral. A partir do tamanho obtido para cada variável, não houve grande incremento de precisão para esse método corroborando com os métodos que utilizam a máxima curvatura.

Como o interesse maior é sempre na avaliação global para todas as variáveis, uma alternativa é utilizar o maior tamanho de parcela, nesse caso, 14 unidades básicas que vão constituir o tamanho de parcela adequado. Uma segunda opção seria utilizar o valor médio dos tamanhos de parcelas obtidos entre todos os tratamentos, assim, 10 ub.

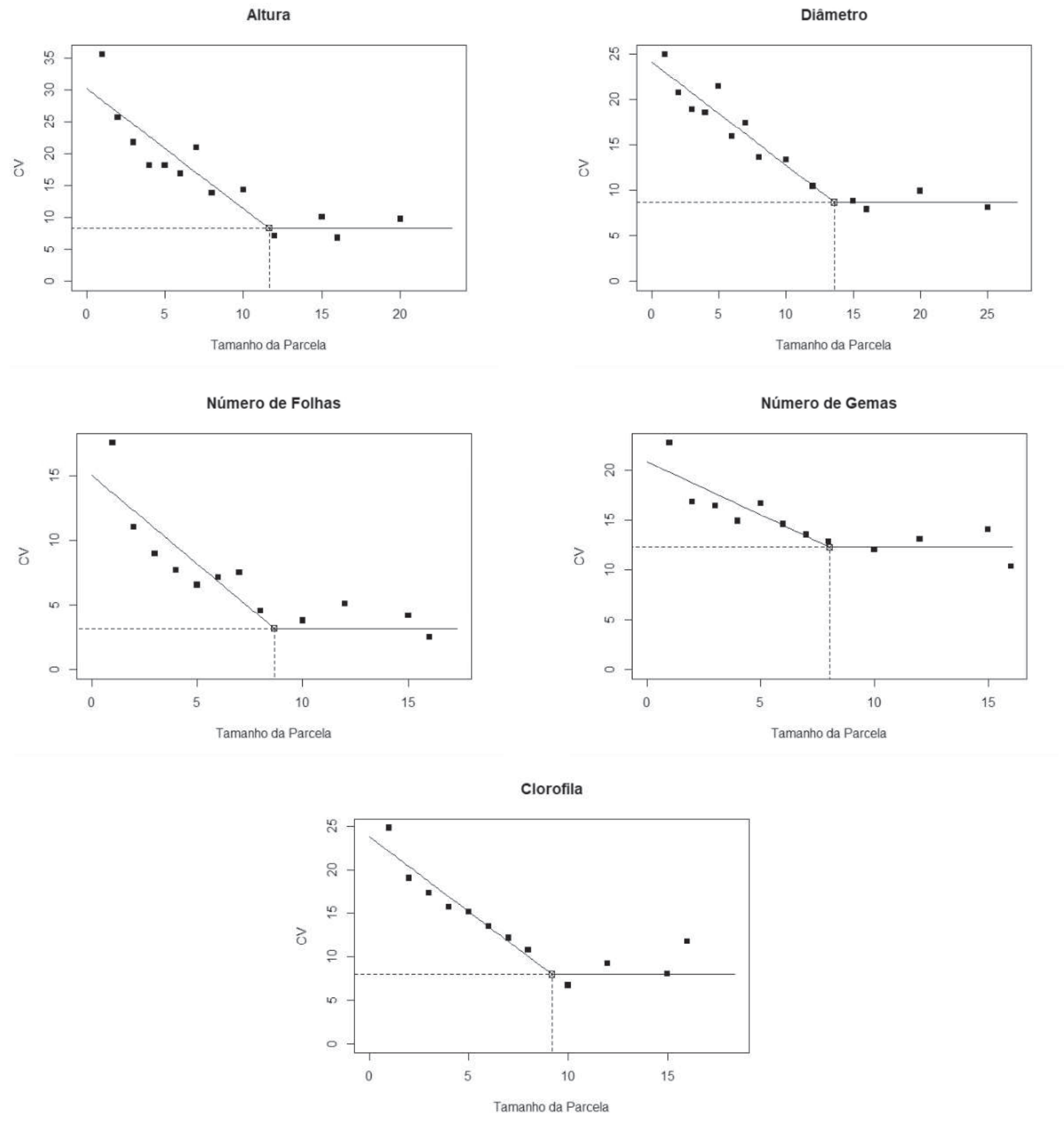

Figura 1 – Relação entre o coeficiente de variação CV(%) e tamanho de parcela (Xc) para variáveis extraídas da espécie Passiflora setacea pelo ajuste do do modelo segmentado linear com resposta em platô

Tabela 3 – Estimativas dos parâmetros do modelo segmentado quadrático com resposta em platô, do platô de resposta correspondente ao ponto de máxima curvatura (P), do valor da abscissa em que ocorre o ponto de máxima curvatura (X_c) e do coeficiente de determinação (R^2).

Variáveis	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$CV(\%)$	X_c	R^2	AIC
Altura	33,812	-3,41	0,115	8,663	14,727	0,877	75,865
Diâmetro	25,514	-1,725	0,043	8,492	19,725	0,925	58,055
Número de folhas	17,274	-2,553	0,116	3,290	10,953	0,855	60,025
Número de gemas	22,650	-2,053	0,102	12,389	9,994	0.815	54,531
Clorofila	26,018	-2,923	0,119	8,119	12,246	0,901	61,698

A aplicação do modelo de regressão quadrática com platô geralmente, estima tamanho de parcelas maiores, possivelmente em virtude da curvatura do modelo no seu primeiro ponto numa tentativa de melhor ajuste dos dados. Na Tabela 3, encontramos uma variação do coeficiente de determinação de 81,5% a 92,5%, com esses valores podemos considerar que os modelos foram bem ajustados. As estimativas de tamanho de parcela variou de 10 ub a 20 ub. Como podemos observar na Figura 2, foi possível estimar o tamanho da parcela dentro do intervalo de domínio da amplitude dos tamanhos estudados. A união das curvas geradas pelo modelo quadrático em conjunto com a regressão de platô expressa o tamanho de parcela adequado.

Comparando os modelos baseado nos valores dos coeficientes de determinação, o modelo de regressão quadrático proporciona melhores ajustes devido ao maior número de parâmetros, de acordo com o valor do AIC para todas as variáveis com exceção do diâmetro (Tabelas 2 e 3). Os valores dos tamanhos de parcelas estimados por meio dos modelos propostos encontram-se próximos aos usados em várias pesquisas, podendo ser utilizados como referência em experimentos de conservação *in vitro* de maracujazeiro. De acordo com o trabalho de PARANAÍBA et al. (2009a), que verificaram ser o modelo de segmentado linear tão bom ou até melhor que o método da curvatura máxima.

A descrição de forma adequada da parcela confirma maior precisão e assegura a inferência dos resultados, pois, segundo DONATO et al. (2008), independentemente dos objetivos dos experimentos, o que se procura detectar é a existência de diferenças significativas entre tratamentos testados

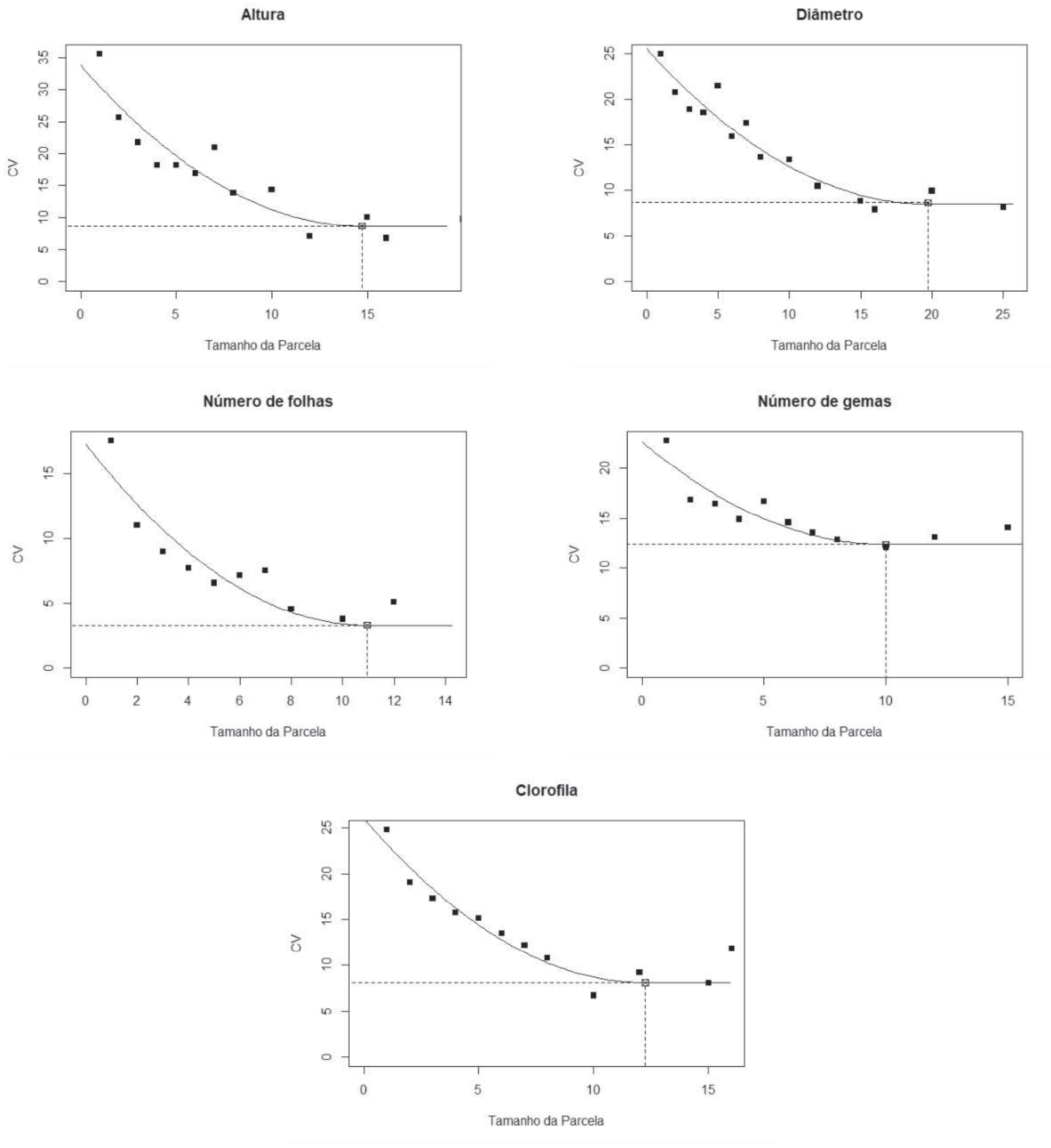

Figura 2 – Relação entre o coeficiente de variação CV(%) e tamanho de parcela (Xc) para variáveis extraídas da espécie Passiflora setacea pelo ajuste do modelo segmentado quadrático com resposta em platô

5 Conclusão

Em experimentos da espécie *Passiflora Setacea*, o tamanho de parcela variou de acordo com o modelo utilizado. Para o modelo linear segmentado com platô encontrou-se uma variação 9 ub a 14 ub e de 10 ub a 20 ub para o modelo quadrático segmentado com platô. Sugere-se utilizar parcelas formadas por 14 unidades básicas em experimentos da espécie *Passiflora Setacea*, pois foi o número de unidades que satifez todos as variáveis testadas.

Diante dos resultados apresentados, o Método de Regressão Linear com Resposta Platô nos experimentos para a espécie de maracujá *Passiflora Setacea*, mostrou-se adequado para realização dos experimentos, satisfazendo todas as variáveis estudadas para determinar o tamanho ótimo de parcela.

6 Referências bibliográficas

AKAIKE, H. **A new look at the statistical model identification.** IEEE Transactions on Automatic Control., Boston, v.19, n.6, p.716-723, Dec. 1974.

BAKKE, O. A. **Tamanho e forma ótimos de parcelas em delineamentos experimentais**. 1988. 142 f. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agronômica) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1988.

BATES, D.M.; WATTS, D.G. **Nonlinear Regression Analysis and its Applications**. New York: J. Wiley, 1988. 365p.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Tamanho de parcela e número de repetições em feijão de porco. **Ciência Rural**, v. 44, n. 12, 2014.

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

DONATO, S. L. R.; SIQUEIRA, D. L. de; SILVA, S. de O. E; CECON, P. R.; SILVA, J. A. da; SALOMÃO, L. C. C. Estimativas de tamanho de parcelas para avaliação de descritores fenotípicos em bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.8, p.957-969, 2008.

DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Apllied regression analysis.** 3. ed. New York.:J.Wiley, 1998. 706p.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada a agronomia**. 3 ed. Maceió. EDUFAL, 2000, 419p.

FISHER, R. A. **The design of experiments**. 7. ed. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1960. 248p.

HATHEWAY, W.H.; WILLIAMS, E.J. Efficient estimation of the relationship between plot size and the variability of crop yields. **Biometrics**, Washington, v.4, n. 1, p.207-22, Mar. 1958.

HATHEWAY, W.H. Convenient plot size. **Agronomy Journal**, Madison, v.53, n.2, p.279-280, Mar./Apr.1961.

LESSMAN, K.J.; ATKINS, R.E. Comparisons of planning arrangements and estimates of optimum hill plot for grain sorghum yield tests. **Crop Science**, Madison, v.3, n.6, p.489-492, nov. 1963.

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

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

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

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

R Development Core Team (2018). R: A language and enviroment for statistical computing. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 10 jun. 2018.

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

SCHABENBERGER, O.; PIERCE, F.J. **Contemporary Statistical Models for the Plant and Soil Sciences**. Boca Raton: CRC Press, 2002. 738 p.

SILVA, Rogério Luiz da et al. Determinação do tamanho ótimo da parcela experimental pelos métodos da máxima curvatura modificado, do coeficiente de correlação intraclasse e da análise visual em testes clonais de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, 2003.

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

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

VALLEJO, R.L.; MENDOZA, H.A. Plot technique studies on sweet potato yield trials. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.117, n.3, p.508-511, May 1992.