

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**HUMBERTO FELIPE CELANTI**

**TAMANHO DE PARCELA EM EXPERIMENTOS COM  
MUDAS DE MAMOEIRO EM TUBETES**

**São Mateus, ES  
Fevereiro de 2015**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**TAMANHO DE PARCELA EM EXPERIMENTOS COM  
MUDAS DE MAMOEIRO EM TUBETES**

**HUMBERTO FELIPE CELANTI**

Dissertação apresentado à Universidade Federal do Espírito Santo como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical para obtenção do título de mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Edilson Romais Schmidt

**São Mateus, ES  
Fevereiro de 2015**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

C392t Celanti, Humberto Felipe, 1989-  
Tamanho de parcela em experimentos com mudas de mamoeiro em tubetes / Humberto Felipe Celanti. – 2015.  
66 f. : il.

Orientador: Edilson Romais Schmildt.

Coorientador: Rodrigo Sobreira Alexandre, Omar Schmildt,  
Laercio Francisco Cattaneo

Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) –  
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário  
Norte do Espírito Santo.

1. Mamão. 2. Bootstrap (Estatística). 3. Agricultura  
Experimentação. I. Schmildt, Edilson Romais. II. Alexandre,  
Rodrigo Sobreira. III. Schmildt, Omar. IV. Cattaneo, Laercio  
Francisco. V. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro  
Universitário Norte do Espírito Santo. III. Título.

CDU: 63

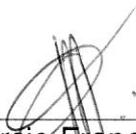
---

# TAMANHO DE PARCELA EM EXPERIMENTOS COM MUDAS DE MAMOEIRO EM TUBETES

**HUMBERTO FELIPE CELANTI**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2015.



---

Prof. Dr. Laércio Francisco Cattaneo  
Faculdade Pitágoras – Linhares  
Co-Orientador



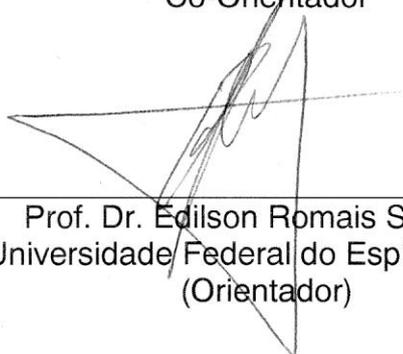
---

Prof. Dr. Omar Schmildt  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Co-Orientador



---

Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Co-Orientador



---

Prof. Dr. Edilson Romais Schmildt  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por me propiciar saúde, perseverança e, sobretudo a fé para alcançar os meus objetivos e proporcionar as vitórias alcançadas em minha vida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical (PPGAT) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), por ter-me concedido a oportunidade de cursar o mestrado e desenvolver este trabalho.

Ao professor Edilson Romais Schmidt pela orientação, atenção, confiança e paciência que muito me ajudou no término deste trabalho.

Aos meus coorientadores Laércio Francisco Cattaneo, Omar Schmidt e Rodrigo Sobreira Alexandre pelas valiosas contribuições.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À Caliman Agrícola S.A, pelo suporte dado a realização desse projeto, em especial ao engenheiro agrônomo Geraldo Antônio Ferreguetti e ao funcionário Ailton Benfica Sincora pela atenção e disponibilidade.

Às amigas que foram construídas, e que serão levadas para o resto da vida.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	4
2.1. Características da cultura.....	4
2.2. Origem e histórico.....	6
2.3. Importância econômica.....	8
2.4. Produção de mudas.....	10
2.5. Tamanho de parcela.....	11
<b>3. CAPÍTULOS</b> .....	14
<b>3.1. TAMANHO ÓTIMO DE PARCELAS NA AVALIAÇÃO DE MUDAS DE MAMOEIRO: PROPOSTA E COMPARAÇÃO DE MÉTODOS</b> .....	15
Resumo.....	15
Abstract.....	16
Introdução.....	16
Material e Métodos.....	18
Resultados e Discussão.....	21
Conclusões.....	29
Referências Bibliográficas.....	30

<b>3.2. TAMANHO DE PARCELA NA AVALIAÇÃO DE MUDAS DE MAMOEIRO ‘BAIXINHO DE SANTA AMÁLIA’ EM TUBETES.....</b>	<b>33</b>
Resumo.....	33
Abstract.....	34
Introdução.....	34
Material e Métodos.....	36
Resultados e Discussão.....	40
Conclusões.....	51
Referências Bibliográficas.....	52
<b>4. CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>55</b>

## RESUMO

CELANTI, Humberto Felipe; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Fevereiro de 2015; **Tamanho de parcela em experimentos com mudas de mamoeiro em tubetes**; Orientador: Edilson Romais Schmildt, Co-orientadores: Laercio Francisco Cattaneo, Omar Schmildt e Rodrigo Sobreira Alexandre.

A cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) possui grande representatividade econômica e social para o Brasil. É uma das fruteiras mais comuns e consumidas nos países da América Tropical. O seu cultivo apresenta desafios novos a cada dia e, muitas vezes necessita de avaliações experimentais. Uma forma de contribuir para a melhoria da qualidade dos experimentos é aplicar métodos adequados, fundamentados em regras objetivas que busquem minimizar o erro experimental e maximizar o número de informações que se podem obter num experimento. Nesse contexto objetivou-se a determinação do tamanho de parcela na produção de mudas de mamoeiro, por meio de dois experimentos. No primeiro, fez-se uma avaliação comparativa, do tamanho ótimo de parcelas em experimento com mudas de mamoeiro 'Golden Pecílo Curto' pelo método da máxima curvatura de Meier e Lessman (1971), pelo método da máxima curvatura do coeficiente de variação segundo Paranaíba et al. (2009), e, por um método proposto, que incorpora a simulação bootstrap ao método de Meier e Lessman (1971). No segundo experimento, foi usado o método de Hatheway (1961) na comparação entre os delineamentos experimentais inteiramente ao acaso, em blocos ao acaso e em quadrado latino para o mamoeiro Baixinho de Santa Amália. Os métodos mostraram

que o tamanho ótimo para experimentos com mudas do 'Golden Pecíolo Curto' é de cinco plântulas por parcela, e que o novo método para determinação do tamanho ótimo de parcela com uso de simulação bootstrap com reposição no método da máxima curvatura de Meier e Lessman (1971) se mostrou semelhante ao verificado para o método da máxima curvatura do coeficiente de variação segundo Paranaíba et al. (2009), somando a uma nova alternativa aos métodos de determinação de tamanho ótimo de parcela. O número de plântulas por parcela para produção de mudas usando o método de Hatheway (1961) é variável em função do número de tratamentos e de repetições, precisão assumida, do caráter em questão e do delineamento experimental. Recomenda-se o uso de nove plântulas por parcela na experimentação envolvendo produção de mudas do 'Baixinho de Santa Amália' em tubetes.

**Palavras-chave:** *Carica papaya* L., experimentação agrícola, delineamentos experimentais.

## ABSTRACT

CELANTI, Humberto Felipe; M.Sc.; Federal University of Espírito Santo; February 2015; **Plot size in experiments with papaya seedlings in plastic tubes**; Advisor: Edilson Romais Schmildt, Co-Advisors: Laercio Francisco Cattaneo, Omar Schmildt and Rodrigo Alexandre Sobreira.

The papaya (*Carica papaya* L.) has great economic and social representation for Brazil. One of the most common fruit and consumed in the countries of Tropical America. Its cultivation presents new challenges every day and often requires experimental evaluations. One way to contribute to improving the quality of the experiments is to apply appropriate methods, based on objective rules that seek to minimize the experimental error and maximize the amount of information that can be obtained in an experiment. In this context it was aimed to determine the plot size in the production of papaya, through two experiments. In the first, there was a comparative assessment of the plot size in experiments with seedlings of papaya 'Golden Pecíolo Curto' by the method of maximum curvature of Meier and Lessman (1971), by the method of maximum curvature of the coefficient of variation according to Paranaíba et al. (2009), and by a method proposed, which includes the bootstrap simulation method of Lessman and Meier (1971). In the second experiment, we used the method of Hatheway (1961) when comparing the experimental designs completely randomized, randomized blocks and Latin square for papaya Baixinho de Santa Amália. The methods showed that the optimal size for seedlings 'Golden Pecíolo Curto' is five seedlings per plot, and that the new method for determining the

optimal portion size with the use of bootstrap simulation with replacement in the method of maximum curvature of Meier and Lessman (1971) was similar to that seen for the method of maximum curvature of the coefficient of variation according to Paranaíba et al. (2009) by adding a new alternative methods of determining optimal plot size. The number of seedlings per plot for seedlings using the method of Hatheway (1961) is variable depending on the number of treatments and replications assumed precision, the character in question and the experimental design. It is recommended to use of nine seedlings per plot on experimentation involving production of seedlings of "Baixinho de Santa Amália" in plastic tubes.

**Keywords:** *Carica papaya* L., agricultural experimentation, experimental designs.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A fruticultura brasileira destaca-se no cenário mundial. Aliado a sua extensão territorial, o país oferece uma gama de possibilidades em se cultivar plantas de diferentes condições climáticas. De origem tropical, o mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma das fruteiras mais comuns e consumidas nos países da América Tropical (LORENZI et al., 2006). A família *Caricaceae* é composta por 35 espécies, distribuídas em seis gêneros, sendo que o gênero *Carica* é composto apenas pela espécie *Carica papaya* L., que vem a ser a única espécie de importância comercial, encontrando no Brasil condições climáticas favoráveis para a exploração comercial, se tornando um dos principais produtores mundiais da fruta.

Por apresentar frutos de polpa macia, rica em açúcares solúveis e sabor agradável, estas e outras características, fazem do mamão, um fruto bastante apreciado. O seu cultivo para o Brasil, apresenta grande importância econômica e social com excelentes perspectivas de mercado interno e externo além de ser fonte geradora de empregos diretos e indiretos absorvendo um elevado contingente de mão-de-obra durante o ano todo pela constante necessidade no manejo e comercialização, efetuada de maneira contínua nas lavouras, além da renovação dos pomares, em média, a cada três anos, e importante fonte de alimentação, gerando produtos de alto valor comercial (LIMA et al., 2007).

Segundo dados do Cepea (2014) de janeiro a novembro de 2014, o Brasil exportou 30,8 mil toneladas de mamão com uma receita de US\$ 43 milhões (FOB).

O estado que mais exportou foi o Espírito Santo, seguido pela Bahia e Rio Grande do Norte.

Por esta importância, o estímulo à pesquisa proporciona condições para a busca de soluções visando atender os anseios da mamonicultura. O objetivo da experimentação é testar meios alternativos e de maior retorno social, econômico e biológico. Ao submeter tais alternativas, as unidades experimentais repetidas, estão sujeitas a uma variação experimental, o erro, que dificulta a escolha dos melhores tratamentos. De modo geral, a escolha da unidade experimental deve ser feita de maneira a minimizar o erro experimental (BRITO et al., 2012) que é a medida de variação existente entre as observações das unidades experimentais, tratadas igualmente, em todo experimento (STORCK et al., 2011).

Uma forma de contribuir para a melhoria da qualidade dos experimentos é aplicar métodos adequados, fundamentados em regras objetivas que busquem minimizar o erro experimental e maximizar o número de informações que se podem obter num experimento.

Dessa forma, torna-se extremamente importante a utilização de métodos adequados que proporcionem a determinação do tamanho ótimo de parcelas (BRITO et al., 2012), visto que em trabalhos com produção de mudas de mamoeiro, em tubetes, em viveiro, os tamanhos úteis de parcela seguem uma arbitrariedade, dada a inexistência de trabalhos de dimensionamento de parcela. São relatados avaliação de experimentos com tamanhos de parcela de quatro (MELO et al., 2007), seis (SÁ et al., 2013), 10 (PAIXÃO et al., 2012; MENGARDA et al., 2014), 12 (SERRANO et al., 2010) plântulas úteis de mamoeiro por parcela. O sistema de produção inicia-se com mudas de qualidade obtidas através da escolha de adequados recipientes, substratos, entre outros (PAIXÃO et al., 2012), pois delas depende o desempenho final das plantas nos canteiros de produção.

Existem hoje vários métodos para a determinação do tamanho ótimo de parcelas. O mais frequentemente usado é o de máxima curvatura modificado, segundo Meier e Lessman (1971). Recentemente, Paranaíba et al. (2009) propuseram o método da máxima curvatura do coeficiente de variação que tem por grande vantagem a redução dos cálculos para determinação do tamanho ótimo de parcela. Santos et al. (2012) e Storck et al. (2014) incorporaram a simulação bootstrap ao método proposto por Paranaíba et al. (2009) e, Brito et al. (2014) ao método do platô de resposta linear para avaliar o desempenho do algoritmo de

reamostragem bootstrap na verificação da estimação do tamanho ótimo de parcela na cultura do mamoeiro. Porém não se detectou na literatura a incorporação de simulação ao método de Meier e Lessman (1971).

Tais métodos nos permitem obter apenas a determinação do tamanho de parcela, sem dar recursos para se determinar o número de parcelas envolvidas, o que pode ser obtido, no entanto, pelo método de Hatheway (1961). Por este método podem ser satisfeitos os anseios do pesquisador que deseja saber o tamanho ótimo de parcela para a sua realidade de pesquisa, que inclui também o número de tratamentos e de repetições, o delineamento experimental usado e a precisão do experimento.

Diante da importância dada à cultura do mamoeiro, do dimensionamento amostral e da precisão e qualidade dos dados amostrais, este trabalho teve por objetivo a determinação, comparativa, do tamanho ótimo de parcelas de produção de mudas de mamoeiro pelo método da máxima curvatura de Meier e Lessman (1971), pelo método da máxima curvatura do coeficiente de variação segundo Paranaíba et al. (2009), por um novo método que incorpora a simulação bootstrap ao método de Meier e Lessman (1971) e, para delineamentos experimentais inteiramente ao acaso, em blocos ao acaso e em quadrado latino, usando o método de Hatheway (1961).

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Características da cultura

O Brasil é um dos principais produtores de frutas no mundo. O setor de fruticultura encontra-se em todos os Estados e está entre os principais geradores de renda, emprego e de desenvolvimento rural do agronegócio nacional. Destaca-se nesse cenário, o mamoeiro (*Carica papaya* L.) que é uma das fruteiras mais comuns e consumidas nos países da América Tropical (LORENZI et al., 2006). Pertence à espécie *Carica papaya* L., classe *Magnoliopsidae*, subclasse *Archichlamydeae*, ordem *Violales*, subordem *Caricineae*, família *Caricaceae* e gênero *Carica* (BADILLO, 2002). Trata-se uma planta herbácea perene, de crescimento rápido, cujo porte pode variar de três a oito metros de altura ao término de sua vida útil, que pode durar mais de 20 anos, embora em pomares comerciais a vida útil do mamoeiro é de dois a três anos, onde é conduzido sem ramificações laterais (SALOMÃO et al., 2007).

As cultivares de mamoeiro mais exploradas no Brasil são classificadas em dois grupos: “Solo” e “Formosa”. As cultivares do grupo “Solo” possuem alto potencial de endogamia, e seus frutos, de menor tamanho (0,35 a 0,70 kg), são destinados para o mercado interno e, principalmente, para o mercado externo. As principais cultivares do grupo “Formosa” são híbridas importadas que produzem frutos de maior tamanho (0,8 a 1,1 kg) que são destinados, principalmente, ao mercado interno (SERRANO; CATTANEO, 2010).

Para o grupo “Solo”, suas principais cultivares são: Sunrise Solo, Improved Sunrise Solo Line 72/12, Waimanalo, Kapoho Solo, Baixinho de Santa Amália, Golden e Golden THB. Para o grupo “Formosa” destacam-se os híbridos Tainung 01, Tainung 02, Uenf/Caliman 01 e a variedade Rubi Incaper 511. Esta última variedade destaca-se por apresentar polinização aberta, permitindo que o agricultor reaproveite a semente e a utilize por até três plantios consecutivos; diferente do que acontece com as outras cultivares do grupo “Formosa”, que são híbridas e possuem valor de semente elevado (FERREIRA, 2014).

De acordo com Simão (1998), o mamoeiro apresenta sistema radicular pivotante, com raiz principal bastante desenvolvida. O caule é ereto, único, flexível, cilíndrico, com 10 a 30 cm de diâmetro, encimado de folhas grandes, com longos pecíolos fistulosos.

As flores do mamoeiro, basicamente dividem-se em: flor hermafrodita, caracteriza plantas hermafroditas; flor estaminada, caracteriza plantas masculinas; e flor pistilada, caracteriza plantas femininas.

Plantas masculinas apresentam flores com pistilo rudimentar, sem estigma, conseqüentemente, as flores não podem produzir frutos. A inflorescência masculina consiste de panículas longas, pendentes e multifloras, que em determinadas épocas do ano elas podem ser femininas férteis, produzindo de algumas a muitas flores hermafroditas – geralmente alongadas - que se desenvolvem em frutos. Originam, assim, os chamados mamões-de-cabo, mamões-de-corda ou mamões-machos.

Nas plantas femininas, a flor é pistilada e grande, o ovário é grande, ovóide ou obovóide, com cinco estigmas sésseis, em forma de leque, muito lobulados. As flores não têm estames, nem rudimentos de estames. O formato do fruto varia de esférico até oblongo ou piriforme, geralmente, apresentando uma cavidade com mais da metade do seu diâmetro, com isso apresentam um baixo rendimento em polpa e de baixa consistência, inviabilizando o transporte. Estas plantas são descartadas das lavouras ginóico-andromonóicas, já em lavouras dióicas o que interessa são as plantas femininas.

Plantas hermafroditas embora produzam os frutos de valor comercial, a flor hermafrodita do mamoeiro não constitui um tipo único e definido, mas um grupo que inclui muitas formas, a exemplo da pentandra, intermediária e alongada. As duas primeiras flores dão origem a frutos deformados, sem valor comercial e conhecidos, respectivamente, por frutos pentândrico e carpelóide (“cara-de-gato”). A flor

hermafrodita alongada, origina o fruto de valor comercial, é de forma sempre alongada, mas variações de piriforme a cilíndrica são encontradas. Normalmente, sua cavidade é menor que a metade do diâmetro do fruto, sendo assim, preferível pelos consumidores por apresentar rendimento de polpa e resistência ao transporte consideravelmente superior aos frutos originados por flores pistiladas.

O fruto apresenta respiração do tipo climatérica, ou seja, ocorre, no fim da fase de maturação, aumento na respiração e depois decréscimo. Durante essa fase, há aumento na produção de etileno, o que permite que o fruto amadureça depois de colhido (FERRI, 1985). Um dos principais indicativos do ponto de colheita do mamão é a alteração na cor da casca, mudando de verde para amarela. Essa alteração se deve a uma maior destruição de clorofila, pigmento responsável pela coloração verde e aumento na síntese de xantofila e carotenóides, que conferem uma coloração amarelada (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

A propagação do mamoeiro é feita exclusivamente por sementes e quando as plântulas atingirem 15 a 20 cm de altura estarão aptas para serem plantadas no campo, onde após o florescimento, é feita a sexagem, que consiste em identificar as plantas hermafroditas e eliminar as demais (LYRA, 2007). Normalmente há um período de oito meses do plantio, e cinco meses do florescimento, até a maturação dos frutos, dependendo da época do ano e da região.

Por ser uma planta de crescimento rápido e contínuo, com floração e frutificação concomitantes e ininterruptas, necessita de adubações e suprimento de água constante em todo o seu ciclo (OLIVEIRA; CALDAS, 2004). A obtenção de boa produtividade e qualidade de frutos está diretamente ligada a uma prática de adubação equilibrada e correta. As exigências variam entre plantas de diferentes genótipos, em função do comportamento vegetativo e da dinâmica de nutrientes dos demais órgãos para as folhas e frutos (ARAÚJO et al., 2005).

## **2.2. Origem e histórico**

Há relatos de que a história do mamão tenha sido primeiramente documentada entre os anos de 1513 a 1525. Descoberto pelos espanhóis que

coletaram suas sementes na costa do Panamá e levaram para a ilha de São Domingos e outras ilhas da Índia ocidental. Posteriormente, as sementes teriam sido levadas para as Filipinas e Malásia, chegando à Índia em 1598. Já no início do século XVIII, encontrava-se amplamente distribuído por vários países tropicais e subtropicais entre 32° de latitude norte e sul, com expansão no Brasil a partir de 1973, com a introdução de variedades do grupo solo (SALOMÃO et al., 2007).

Segundo Lorenzi et al. (2006), o centro de origem e dispersão do mamoeiro é a América Tropical como um todo, outros autores citam o sul do México ou mencionam as terras baixas da América Central e as Antilhas (NAKASONE e PAULL, 1998). Há muitas opiniões divergentes quanto à origem do *Carica papaya* L., na América Tropical.

Sua introdução no Brasil deu-se em 1587 e em 1967, na região de Monte Alto-SP, foi relatada a primeira ocorrência endêmica do “mosaico do mamoeiro”. Na cidade que era considerada a capital brasileira do mamão (RUGGIERO et al., 2010) em meados da década de 70, houve o seu completo desaparecimento do Estado migrando para outras regiões como o nordeste do Pará, extremo sul da Bahia e norte do Espírito Santo (RUGGIERO et al., 2011).

A partir da década de 80, a migração da cultura ocorreu para uma maior proximidade do mercado consumidor nacional e internacional. A significativa expansão da comercialização do fruto deu-se devido a grande aceitação da cultivar ‘Sunrise Solo’, tanto no mercado nacional quanto no internacional. Neste mesmo período, iniciaram-se, também, as importações de sementes híbridas dos mamoeiros do grupo “Formosa”, oriundas de Taiwan, de onde ainda são até hoje importadas (SERRANO; CATTANEO, 2010). A partir de 1982, verificou-se, no Brasil, uma grande evolução no melhoramento genético do mamoeiro no tocante ao desenvolvimento de variedades do grupo “Solo”, que atendessem tanto à demanda do mercado nacional quanto internacional.

Hoje encontram-se registradas no Ministério da Agricultura (MAPA, 2014) 44 cultivares de mamão. As mais recentes registradas são, ano 2013: Baião, Bela Nova e Frevo; ano 2014: Maracatu, Fidali, UC10, UC12, UC14 e UC16. No mercado as seguintes variedades comerciais, com suas respectivas épocas de lançamento, se destacaram no campo: ‘Sunrise Solo 72/12’ (1982), ‘Baixinho de Santa Amália’ (1986), ‘Grampola’ (1988), ‘Golden’ (1996), ‘Gran Golden’ (1997), ‘Sunrise Solo BSA’ (1998), ‘Golden MD 2’ (2001), ‘Golden THB’ (2004) (RUGGIERO, 2011).

Em 1996 iniciou um programa de melhoramento genético para o mamoeiro entre a Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) e a Empresa Caliman Agrícola S.A. localizada em Linhares, Espírito Santo, de onde obteve o registro do primeiro híbrido nacional, denominado comercialmente de UENF/Caliman 01 (“Calimosa”) lançado em 2003, obtido do cruzamento envolvendo linhagens do tipo “Solo” e do tipo “Formosa” (SILVA et al., 2007). Seus frutos são de polpa avermelhada, com peso médio de aproximadamente 1.200 g por fruto, diâmetro do fruto de 9,9 cm, comprimento de 21,5 cm, diâmetro da cavidade ovariana de 5 cm, relação comprimento/diâmetro de 2,2. Este híbrido constitui uma alternativa para o cultivo do mamoeiro no país, mas, ainda existe uma lacuna a ser preenchida em termos de opções de variedades e híbridos que atendam todas as exigências do mercado (DANTAS & OLIVEIRA, 2009).

Em 2010, foi lançada a variedade do grupo “Formosa” ‘Rubi Incaper 511’, fruto de vários anos de pesquisa conduzida no Incaper (SERRANO & CATTANEO, 2010). Tem como principal característica a possibilidade de reutilização de suas sementes. Em média o fruto pesa 1,5 kg; polpa grossa e firme vermelha alaranjada; 10,2 °Brix; podendo render 170 toneladas por hectare.

A cultivar ‘Baixinho de Santa Amália’ trata-se de mutante natural do grupo “Solo” que, embora portadora de alguns problemas mercadológicos, sobretudo ligados à consistência da polpa e ao tamanho do fruto, as primeiras flores surgem de 50 a 70 cm do nível do solo, e as colheitas iniciam-se no oitavo ou nono mês após o plantio, com a produção situando-se em torno de 50 t/ha/ano (MARIN et al., 2003). Tem-se mostrado adequada em termos de aceitação pelos consumidores de produtos orgânicos. Sua essência se destaca pelo porte baixo, e que vem sendo utilizada nas tentativas de viabilizar o cultivo protegido da fruteira (RUGGIERO et al., 2003).

### **2.3. Importância econômica**

A grande importância econômica do cultivo do mamoeiro no Brasil está nas excelentes perspectivas de mercado interno e externo pelos produtos de alto valor

comercial gerados. Apresenta também aspecto social por ser uma fonte geradora de empregos diretos e indiretos pelo elevado contingente de mão-de-obra absorvida durante o ano todo pela constante necessidade no manejo e comercialização (LIMA et al., 2007).

Os frutos apresentam baixa acidez, vários nutrientes prontamente disponíveis à digestão e absorção. Seu valor nutricional está relacionado com o seu teor de açúcares, pró- vitamina A ( $\beta$ -caroteno) e vitamina C (ácido ascórbico), Fe, Ca, Mg e K, além de ter uma boa atividade funcional associada à capacidade laxante (ARAÚJO FILHO et al., 2004). O processamento integral da fruta oferece produtos e subprodutos que podem ser utilizados na indústria de alimentos, farmacêutica, além do consumo *in natura*.

As exportações brasileiras de mamão em 2013 somaram 23 mil toneladas no período de janeiro a outubro, 9% a mais frente ao mesmo período do ano anterior; a receita obtida com as vendas foi de US\$ 34,5 milhões no período, alta de 14%; no período de janeiro a novembro de 2014, o país exportou 30,8 mil toneladas de mamão, volume 19% maior em relação ao mesmo período do ano anterior, de acordo com a Secex (Secretaria de Comércio Exterior) (CEPEA, 2014). A receita obtida com estes envios foi de US\$ 43 milhões (FOB), valor 14% superior, na mesma comparação.

Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) em 2014 o estado que mais exportou foi o Espírito Santo, seguido pela Bahia e Rio Grande do Norte. Neste mesmo ano no Espírito Santo, a área de mamão aumentou 8,1% na comparação com 2013, fechando em 4.000 hectares e, outras importantes regiões produtoras mantiveram a área em 2014: Sul da Bahia, com 5.600 hectares, Rio Grande do Norte, com 1.500 hectares e Norte de Minas Gerais, com 1.500 hectares (CEPEA, 2014). Em 2013, com um montante de 5.544.000 toneladas, a Índia foi o maior produtor de mamão do mundo, seguido do Brasil com 1.582.638 toneladas e a Indonésia com 871.275 toneladas (FAO, 2015).

As lavouras produtivas e com frutos de ótima qualidade, deve-se à contribuição do melhoramento genético, que disponibilizou sementes de alta qualidade, e ao maior rigor nas práticas culturais e de propagação. Destaca-se também a colheita e pós-colheita diferenciadas, que resultaram em melhorias no padrão de qualidade das frutas exportadas para o mercado europeu e norte-americano (MELETTI et al., 2011).

## 2.4. Produção de mudas

Os sistemas de produção de mamão variam de acordo com a região produtora. Quanto ao plantio, na produção de mudas, em áreas mais tecnificadas dá-se preferência à produção em tubetes com substratos comerciais (GASPARIN et al., 2014), embora, grande parte dos plantios no Brasil ainda seja feito com uso de substrato preparado pelo próprio agricultor, em sacos de polietileno e com uso de solo não expurgado (SERRANO et al., 2010).

O sistema de produção inicia-se com mudas de qualidade obtidas através da escolha de adequado sistema de irrigação, recipientes, substratos e fertilizantes, principalmente os de liberação lenta, dentre outros (PAIXÃO et al., 2012) pois delas depende o desempenho final das plantas nos canteiros de produção.

A utilização de recipientes com substratos em substituição ao uso de solo, na formação de mudas, tem proporcionado aumentos substanciais na qualidade das mesmas (SMIDERLE et al., 2001). Considerando as dificuldades para aquisição de matéria prima, o preparo de substratos homogêneos e o alto custo da mão de obra, os produtores preferem adquirir os substratos produzidos por indústrias especializadas. Os substratos utilizados para a produção de mudas devem possuir boa textura e estrutura, pH adequado, fertilidade e estar livre de patógenos; devem cumprir suas funções fundamentais a fim de proporcionar condições adequadas à germinação e a um bom desenvolvimento do sistema radicular (RAMOS et al., 2002).

Apesar do alto investimento inicial na implantação do sistema, a produção de mudas em tubetes apresenta um baixo desperdício, além de uma uniformidade no alinhamento, profundidade e estande de plantio, necessários para um bom rendimento na colheita e nos tratos culturais.

Vieira et al. (2004) comentam que o cultivo protegido de mudas de mamoeiro pode ser uma boa alternativa no controle de viroses, como, por exemplo, o mosaico do mamoeiro, fator limitante ao desenvolvimento da planta em campo; dessa forma, o correto manejo dos ambientes protegidos devem ser promovidos visando à viabilização do seu uso. As variações ambientais também atuam durante as fases iniciais do desenvolvimento do mamoeiro, o que sugere o uso de ambientes

protegidos na produção de mudas (COSTA et al., 2010), a fim de proporcionar condições ambientais ideais para a expressão do máximo vigor das sementes.

Trabalhos com sementes de *Carica papaya* vêm sendo realizados, a fim de levantar informações para a produção de sementes de qualidade e para a comparação do desempenho entre materiais genéticos (CARDOSO et al., 2009).

## 2.5. Tamanho de parcela

O tamanho da parcela experimental para diferentes culturas tem sido tema de discussão e estudo por parte de vários autores já que muitos pesquisadores adotam tamanhos e formas de parcela sem considerar critérios estatísticos e econômicos, tomando por base apenas a literatura, e esta apresenta propostas de parcelas que levam em conta as peculiaridades de cada região aonde se conduz o experimento.

Os métodos se baseiam na relação observada entre o tamanho da parcela e a variação residual, o aumento no tamanho da parcela leva a diminuição da variação entre parcelas. No entanto, tal diminuição não é proporcional ao tamanho da parcela e pouco ganho em precisão é obtido com o incremento no tamanho de unidades experimentais já suficientemente grandes.

Outro aspecto da técnica experimental, relacionado à precisão dos resultados de um experimento, refere-se ao número de repetições. O erro-padrão da média de um tratamento, obtida de um experimento, é dado pela divisão do desvio-padrão ( $\sigma$ ), residual ao nível de parcelas, pela raiz quadrada do número de repetições (STEEL et al., 1997). Desta forma, médias mais precisas são obtidas quando se utiliza número elevado de repetições. De fato, vários são os trabalhos em que se relata a associação observada entre o número de repetições e a precisão experimental (CARGNELUTTI FILHO et al., 2012).

Ambientes muito contrastantes podem apresentar diferenças na forma de conduzir o experimento. Na verdade, como é ressaltado por Federer (1955), a literatura pode dar uma ideia da parcela a se empregar, mas os principais critérios a considerar são: questões de ordem prática, como os sistemas de condução da

cultura e colheita das parcelas, área limitada devido à escassez de sementes; natureza do material experimental; número de tratamentos, na maioria dos casos, elevado número de tratamentos demanda parcelas menores, evitando assim que os blocos se tornem excessivamente extensos, todavia, diminuindo o tamanho do bloco torna-se necessário um maior número de repetições; variabilidade entre indivíduos dentro da parcela em relação à variabilidade entre parcelas e; finalmente, o custo por indivíduo em relação ao custo por unidade experimental.

Como pode ser observada, a estimativa do tamanho da parcela é algo complexo, em virtude da quantidade de variáveis envolvidas no processo. Devido principalmente a isso, muitos métodos têm sido propostos e testados, atuando com relativa eficiência, conforme a situação em que sejam aplicados. Na literatura são encontrados diversos métodos para a determinação do tamanho e forma das parcelas experimentais. Dentre os mais utilizados pode-se citar: Método de Hatheway (HATHEWAY, 1961), método da máxima curvatura (LE CLERG, 1967), método da curvatura máxima (LESSMAN & ATKINS, 1963) e o método da máxima curvatura modificado (MEIER & LESSMAN, 1971), máxima curvatura do coeficiente de variação (PARANAÍBA et al., 2009a), modelo de regressão linear com resposta platô (PARANAÍBA et al., 2009b).

Um das principais formas de se estudar o tamanho de parcela é por meio da realização de um ensaio em branco. Voysest (1985) considera este uma das melhores formas para estudar o tamanho ótimo de parcelas onde um experimento é cultivado em toda sua extensão com plantas da mesma espécie, submetendo toda a área às mesmas práticas culturais. Esta área é dividida em pequenas parcelas de dimensões preestabelecidas chamadas de unidades experimentais básicas (UEB). A produção de cada área (parcela) é medida separadamente, de tal maneira que o rendimento das parcelas próximas possa ser somado para formar parcelas de diferentes tamanhos e formas. Assim, pode avaliar e comparar a variabilidade do solo, além de outros fatores que atuam sobre o rendimento das plantas (STORCK et al., 2011).

A literatura sobre tamanho de parcela envolve muitas culturas e situações distintas. Souza et al. (2015) avaliaram o tamanho ótimo de parcela para avaliação do rendimento de grãos do girassol; Smiderle et al. (2014) avaliaram o tamanho de parcelas experimentais para a seleção de genótipos na cultura do feijoeiro; Cipriano et al. (2014) avaliaram o tamanho útil de parcela para produtividade de cafeeiro

adulto; Cargnelutti Filho et al. (2015) avaliaram o tamanho de parcela para avaliar caracteres de tremço branco em épocas de avaliação; Morais et al. (2014) realizaram a estimação do tamanho de parcela para experimento com cultura de tecidos em videira; Oliveira et al. (2014) avaliaram os componentes principais na estimação do tamanho ótimo de parcelas em experimentos envolvendo genótipos de bananeira, entre outros.

Existem, na literatura, diferentes metodologias de determinação do tamanho ótimo de parcelas experimentais, e aplicadas às mais variadas culturas e situações. Todos com o mesmo intuito, avaliar o método mais adequado para obtenção do melhor tamanho de parcela a serem trabalhadas, com rigor na precisão experimental e adaptadas à realidade de cada pesquisador. Embora se considere que quanto maior o tamanho da parcela, menor o erro experimental e, conseqüentemente, maior a precisão do experimento, sabe-se que essa relação não é linear. Aumentando o tamanho da parcela, inicialmente, leva a uma diminuição do erro experimental até determinado ponto, a partir do qual o ganho de precisão é muito pequeno ou até mesmo pode aumentar o erro experimental em razão do aumento da heterogeneidade dentro de parcelas (OLIVEIRA et al., 2014).

### **3. CAPÍTULOS**

### 3.1. TAMANHO ÓTIMO DE PARCELAS NA AVALIAÇÃO DE MUDAS DE MAMOEIRO: PROPOSTA E COMPARAÇÃO DE MÉTODOS

#### Resumo

Foram avaliados cinco caracteres em plântulas de mamoeiro com objetivo de estimar o tamanho ótimo de parcelas. Os caracteres analisados foram altura da plântula, diâmetro do caule, número de folhas, comprimento do pecíolo e comprimento da maior raiz. As análises foram feitas a partir de teste em branco com 240 plântulas de 'Golden Pecíolo Curto'. A determinação do tamanho ótimo de parcela foi feita aplicando-se os métodos de máxima curvatura, da máxima curvatura do coeficiente de variação e um método proposto, que incorpora a simulação bootstrap de reamostragem ao método da máxima curvatura. O número ótimo de plantas por parcela para avaliação de mudas de mamoeiro 'Golden Pecíolo Curto' é de cinco. O método proposto de simulação bootstrap com reposição proporciona tamanhos ótimos de parcela iguais ou superiores ao método da máxima curvatura de Meier e Lessman (1971) e, proporciona mesmo tamanho de parcela do método da máxima curvatura do coeficiente de variação segundo Paranaíba et al. (2009).

**Palavras-chave:** *Carica papaya* L., precisão experimental, planejamento experimental.

## Abstract

Were evaluated five characters in papaya seedlings in order to estimate the optimum plot size. Traits analyzed were seedling height, stem diameter, number of leaves, petiole length and length of roots. Analyses were made from blank test with 240 seedlings of 'Golden Pecíolo Curto'. The determination of the optimum plot size was done by applying the methods of maximum curvature, maximum curvature coefficient of variation and the proposed method, which incorporates the bootstrap resampling simulation to the maximum curvature method. The optimal size for seedlings 'Golden petiole Short' is five seedlings per plot. The proposed method of bootstrap simulation with replacement provides great portion sizes equal to or greater than the maximum curvature method of Meier and Lessman (1971) and provides same plot size of maximum curvature method of the coefficient of variation according to Paranaíba et al. (2009).

**Keywords:** Carica papaya L., experimental precision, experimental planning.

## Introdução

Em todo experimento, um dos objetivos principais é diminuir o erro. De modo geral, a escolha da unidade experimental deve ser feita de maneira a minimizar o erro experimental que é a medida de variação existente entre as observações das unidades experimentais, tratadas igualmente, em todo experimento (STEEL et al., 1997; STORCK et al., 2011).

Embora se considere que, quanto maior o tamanho da parcela, menor o erro experimental e, conseqüentemente, maior a precisão do experimento, essa relação não é linear (SMITH, 1938; PARANAÍBA et al., 2009; BARBIN, 2013). O aumento no tamanho da parcela, inicialmente, leva a uma diminuição do erro experimental até determinado ponto, a partir do qual o ganho de precisão é muito pequeno (PARANAÍBA et al., 2009; STORCK et al., 2011).

Um bom planejamento experimental passa pela determinação do tamanho da parcela e também vai depender da cultura, número de tratamentos, e das condições ambientais de cada experimento (FEDERER, 1977; STORCK et al., 2011).

Vários métodos têm sido relatados na literatura para estimação do tamanho da parcela. Com o passar do tempo e aprimoramento dos materiais ou tratamentos em teste, as metodologias antes utilizadas foram se tornando mais eficientes e específicas, através do uso de ferramentas estatísticas que possibilitem a estimação precisa dos parâmetros de interesse do pesquisador (LEITE et al., 2006).

O método mais frequentemente usado é o de máxima curvatura modificado, segundo Meier e Lessman (1971). Outro método que vem sendo bastante usado nos últimos anos é o método da máxima curvatura do coeficiente de variação (PARANAÍBA et al., 2009) que tem por grande vantagem a redução dos cálculos para determinação do tamanho ótimo de parcela. Recentemente, Santos et al. (2012) e Storck et al. (2014) incorporaram a simulação bootstrap ao método proposto por Paranaíba et al. (2009) e, Brito et al. (2014) ao método do platô de resposta linear. Porém não se detectou na literatura a incorporação de simulação ao método de Meier e Lessman (1971).

Nos trabalhos de campo que envolvem a cultura do mamoeiro encontram-se variados tamanhos úteis de parcela estabelecidos arbitrariamente, visto não existirem trabalhos que relatem qual o tamanho de parcela a ser usado. Há relatos de o uso de apenas uma planta por parcela (PRATISSOLI et al., 2007; MELO et al., 2009) até vinte plantas por parcela (VIVAS et al., 2011). Em trabalhos com produção de mudas de mamoeiro, em viveiro, os tamanhos úteis de parcela seguem esta mesma arbitrariedade, também pela inexistência de trabalhos de dimensionamento da parcela. São relatados avaliação de experimentos com tamanhos de parcela de quatro (MELO et al., 2007), seis (SÁ et al., 2013), 10 (PAIXÃO et al., 2012; MENGARDA et al., 2014) e 12 (SERRANO et al., 2010) plântulas úteis por parcela.

Objetivou-se a determinação, comparativa, do tamanho ótimo de parcelas de produção de mudas de mamoeiro pelo método da máxima curvatura de Meier e Lessman (1971), pelo método da máxima curvatura do coeficiente de variação segundo Paranaíba et al. (2009) e por um novo método que incorpora a simulação bootstrap ao método de Meier e Lessman (1971).

## Material e Métodos

O trabalho foi realizado em casa de vegetação na Fazenda Experimental do CEUNES/UFES, em São Mateus – ES entre os paralelos 18°40'19.6" de latitude sul e 39°51'23.7" de longitude oeste. O clima da região de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Aw (tropical úmido), com chuvas no verão e inverno seco.

A determinação do tamanho ótimo de parcelas foi feita com plântulas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Golden Peciolo Curto, cujas sementes foram obtidas junto à empresa Caliman Agrícola S/A. O ensaio de uniformidade foi realizado usando três bandejas de polietileno pretas contendo 10x14 tubetes de 50cm<sup>3</sup>. As bandejas foram alocadas juntas, de forma a proporcionar 14 fileiras de 30 tubetes, totalizando 420 tubetes. Foram semeados no verão todos os 420 tubetes com uma única semente, sendo aproveitadas para avaliação apenas as plântulas das oito fileiras centrais, o que corresponde a 240 plântulas. Os tubetes foram preenchidos com substrato Bioplant<sup>®</sup> adicionando o adubo de liberação lenta Basacot mini 3M<sup>®</sup> na proporção de 10 kg m<sup>-3</sup> de substrato (PAIXÃO et al., 2012).

Os caracteres avaliados aos 30 dias após a semeadura foram: APL: altura da plântula – determinada com régua graduada em centímetros, medindo-se a base do caule até o ápice da última folha; DC: diâmetro do caule – obtido com paquímetro digital (em milímetros) medindo na região mediana do caule; NF: número de folhas – contagem das folhas definitivas desenvolvidas; CP: comprimento do pecíolo – obtido pela medida com régua graduada em centímetros do ponto de conexão na planta ao ponto de inserção na folha; e CMR: comprimento da maior raiz – determinado com a medição a partir da base da plântula até sua extremidade, com régua graduada em centímetros.

Para cada um dos cinco caracteres avaliados nas 240 plântulas do teste em branco, determinou-se o tamanho ótimo da parcela por três métodos: método da máxima curvatura, segundo e Lessman (1971); método da máxima curvatura do coeficiente de variação segundo Paranaíba et al. (2009); método da máxima curvatura, segundo Meier e Lessman (1971) com uso de simulação bootstrap, sendo esta uma proposta feita neste trabalho.

Para a determinação do tamanho ótimo de parcela pelo método da máxima curvatura de Meier e Lessman (1971) estruturou-se as 240 plântulas do teste em

branco em unidades experimentais básicas (UEB), sendo que cada UEB foi constituída por uma plântula. Em cada UEB efetuou-se, em viveiro, as avaliações dos cinco caracteres. Em seguida, com os dados disponíveis e com a exata identificação de cada plântula, procedeu-se às análises. Para tal, as UEB foram agrupadas, utilizando-se número de plântulas divisoras exatas do número total de plântulas do teste em branco, variando de 1 UEB até 60 UEB, constituindo 12 agrupamentos. Para cada agrupamento específico, avaliou-se todas as possibilidades de composição do agrupamento, caracterizando diferentes formas (Tabela 1).

**Tabela 1.** Tamanho da parcela planejado ( $X_i = DL \times EL$ ), em unidades experimentais básicas (UEB), forma da parcela (DL = dentro da linha; EL = entre as linhas) e número de parcelas totais para as diversas simulações no ensaio de uniformidade de plântulas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Golden Peciolo Curto, em casa de vegetação no município de São Mateus, ES

Simulações	Tamanho ( $X_i$ )	Forma (DLxEL)	Número de parcelas
1	1	(1x1)	240
2	2	(1x2), (2x1)	120
3	3	(3x1)	80
4	4	(4x1), (1x4), (2x2)	60
5	5	(5x1)	48
6	6	(6x1), (3x2)	40
7	10	(10x1), (5x2)	24
8	12	(6x2), (3x4)	20
9	15	(15x1)	16
10	20	(10x2), (5x4)	12
11	30	(30x1), (15x2)	8
12	60	(30x2), (15x4)	4

Para cada um dos  $X_i$  UEB calculou-se:  $m_{(X_i)}$ , média das parcelas com  $X_i$  UEB de tamanho;  $V_{(X_i)}$ , variância entre as parcelas com  $X_i$  UEB de tamanho;  $CV_{(X_i)}$ , coeficiente de variação entre as parcelas com  $X_i$  UEB de tamanho; e  $VU_{(X_i)} = V_{(X_i)} / X_i^2$ , variância por UEB entre as parcelas de  $X_i$  UEB de tamanho. A

partir do conjunto de 12 dados dos  $X_i$  e  $CV_{(X_i)}$  estimou-se a constante  $(\hat{\beta}_0)$  e o coeficiente da regressão  $(\hat{\beta}_1)$  via logaritimização da função  $CV_{(X_i)} = \hat{\beta}_0 X_i^{-\hat{\beta}_1}$  com ponderação pelos graus de liberdade associado ao número de parcelas cabíveis de tamanho  $X_i$  UEB para cada tamanho de parcela planejado no teste de uniformidade (STEEL et al., 1997). De forma semelhante estimou-se o índice de heterogeneidade (b) de Smith (1938) a partir da relação entre  $VU_{(X_i)}$  e  $X_i$ . Usando-se os valores  $\hat{\beta}_0$  e  $\hat{\beta}_1$  calculou-se o tamanho ótimo da parcela dado por  $X_{0ML} = \left[ \frac{\hat{\beta}_0^2 \hat{\beta}_1^2 (2\hat{\beta}_1 + 1)}{\hat{\beta}_1 + 2} \right]^{1/(2+2\hat{\beta}_1)}$ .

Para o cálculo do tamanho ótimo da parcela pelo método da máxima curvatura do coeficiente de variação segundo Paranaíba et al. (2009), as 240 plântulas do teste em branco receberam numeração sequencial de 1 até 240, sendo que os cinco caracteres foram medidos nestas plântulas devidamente identificadas. A partir dos valores destes caracteres determinou-se a média amostral ( $m$ ), a variância amostral ( $s^2$ ) e a estimativa do coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem ( $\hat{\rho}$ ), sendo que  $\hat{\rho} = \frac{\sum_{i=2}^{240} E_i E_{i-1}}{\sum_{i=1}^{240} E_i^2}$ , e  $E_i = x_i - \bar{x}$  onde  $x_i$  é o valor observado na planta  $i$ . Determinou-se também o coeficiente de variação, que é dado por  $CV_{(X_i)P} = 100 \sqrt{(1 - \hat{\rho}^2) s^2 / m^2} / \sqrt{\bar{X}_i}$ , sendo que  $X_i$  designa o número de UEB. Finalmente, determinou-se o tamanho ótimo de parcela, dado por  $X_{0P} = (10/m) \left( \sqrt[3]{2(1 - \hat{\rho}^2) s^2 m} \right)$ .

O método proposto baseia-se no método da máxima curvatura, segundo Meier e Lessman (1971). O método que aqui descrevemos difere do original por fazer os agrupamentos das  $X_i$  UEB (Tabela 1) por simulação bootstrap com reposição (EFRON, 1979; MARTINEZ e LOUZADA NETO, 2001).

Para as simulações, foram planejados 12 tamanhos de amostra (1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 30 e 60 UEB) para cada caractere. A seguir, para cada tamanho de amostra planejado de cada caractere, foram realizadas 2.000 simulações, por meio de reamostragem, com reposição. Para cada amostra simulada, foi estimada a média. Assim, para cada tamanho de amostra de cada caractere, foram obtidas 2.000 estimativas da média (FERREIRA, 2009) e a partir destas obteve-se um coeficiente de variação para cada tamanho de amostra planejado que denotamos por  $CV_{(X_i)}^{boot}$ .

A partir do conjunto de 12 dados dos  $X_i$  e  $CV_{(X_i)}^{boot}$  estimou-se a constante  $\hat{\beta}_0$  e o coeficiente da regressão  $\hat{\beta}_1$  via logaritimização da função  $CV_{(X_i)}^{boot} = \hat{\beta}_0 X_i^{-\hat{\beta}_1}$ . Usando-se os valores  $\hat{\beta}_0$  e  $\hat{\beta}_1$  calculou-se o tamanho ótimo da parcela dado por  $X_{0,MLboot} = \left[ \frac{\hat{\beta}_0^2 \hat{\beta}_1^2 (2\hat{\beta}_1 + 1)}{\hat{\beta}_1 + 2} \right]^{1/(2+2\hat{\beta}_1)}$ . Determinou-se o índice de heterogeneidade (b) via logaritimização da função  $VU_{(X_i)} = V_1 / X_i^b$  segundo Smith (1938).

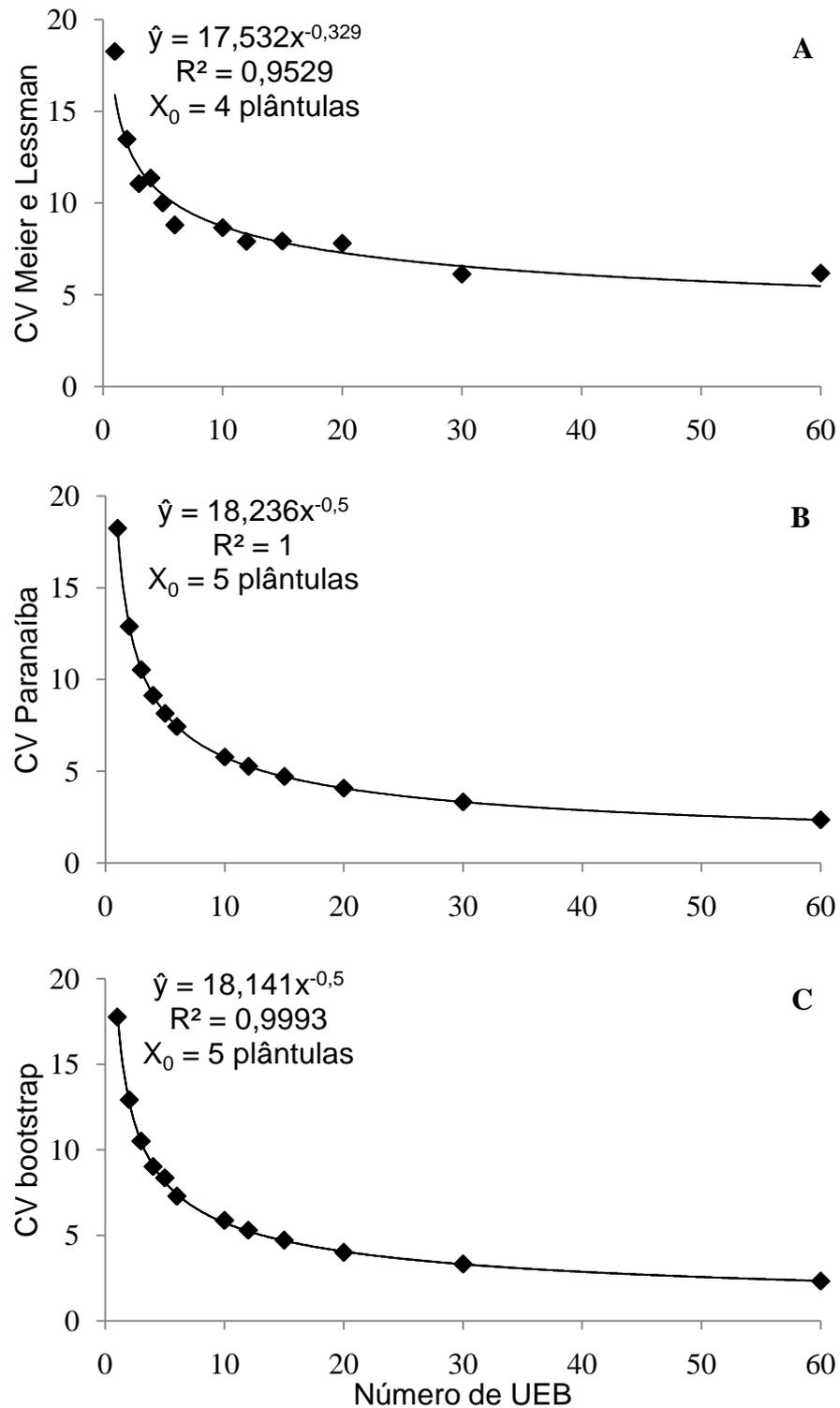
Demonstrou-se graficamente o desempenho de cada um dos três métodos pela relação entre os coeficientes de variação e o número de UEB e a apresentação do tamanho ótimo de parcela. Os dados foram analisados utilizando-se os recursos computacionais do software R (R Development Core Team, 2014). Por se tratar de uma variável aleatória discreta, o tamanho ótimo de parcela foi apresentado por número inteiro, adotando-se o arredondamento para inteiro superior.

## Resultados e Discussão

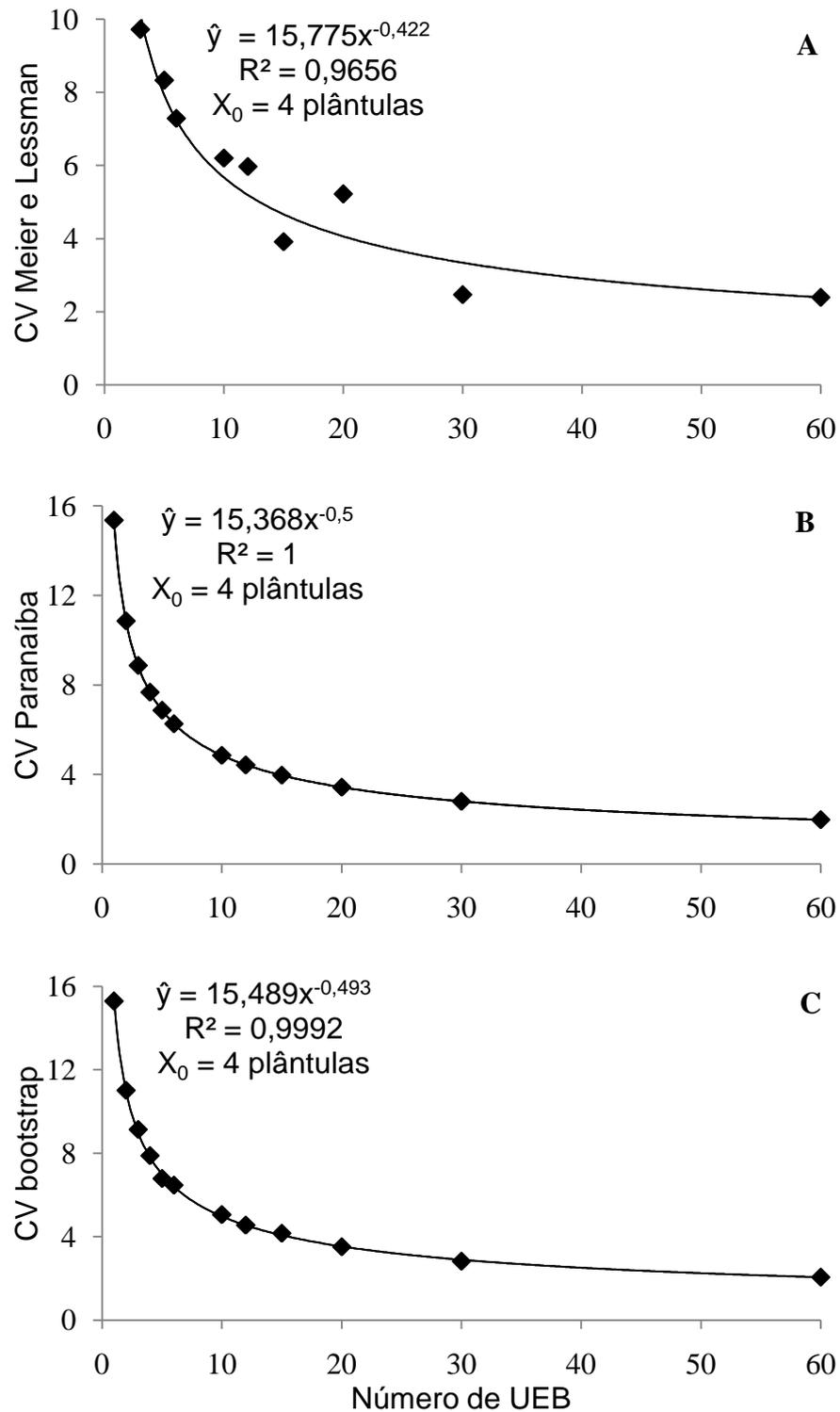
Os resultados das análises dos coeficientes de variação em função dos diferentes tamanhos de parcela, medidos pelo número de unidades experimentais básicas (UEB) a partir das 240 plântulas para os caracteres altura, diâmetro de caule, número de folhas, comprimento de pecíolo e comprimento da maior raiz em plântulas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Golden Pecíolo Curto são apresentados nas Figuras 1 até 6, respectivamente. Para todas as 15 curvas ajustadas (três métodos x cinco caracteres), observa-se que houve decréscimo do coeficiente de variação com aumento do tamanho da parcela, resultado este esperado, sob o ponto de vista estatístico (BARBIN, 2013). Ressalta-se que, apesar do método da máxima curvatura do coeficiente de variação segundo Paranaíba et al. (2009) não exigir o agrupamento de UEB para a estimação do tamanho ótimo de parcela, o método permite a determinação do coeficiente de variação em função dos diferentes tamanhos de parcelas, e, por consequência, permite também a representação gráfica e o ajuste de uma regressão não linear modelo potência.

Observa-se que o tamanho ótimo de parcela foi de quatro plântulas por parcela para altura de plântula (Figura 1) e diâmetro do caule (Figura 2) e de cinco plântulas por parcela para número de folhas (Figura 3), comprimento do pecíolo (Figura 4) e, comprimento da maior raiz (Figura 6). Assim, indica-se cinco plântulas por parcela como tamanho ótimo para 'Golden Pecíolo Curto'. Diferentes tamanhos amostrais para diferentes caracteres de mesmas plantas também foram detectadas na produção de mudas de café Catuaí Amarelo (FIRMINO et al., 2012) e café Rubi (CIPRIANO et al., 2012). Em mamoeiro, que não apresenta trabalhos com determinação do tamanho ótimo de parcela na produção de mudas, detectou-se trabalhos que usaram parcelas com menos de cinco plântulas (MELO et al., 2007) e mais de cinco plântulas (SERRANO et al., 2010; PAIXÃO et al., 2012; SÁ et al., 2013; MENGARDA et al., 2014). A utilização de um tamanho adequado de parcela nos experimentos é de fundamental importância para a redução do erro experimental e conseqüente aumento da precisão experimental (CATAPATTI et al., 2008). Portanto, o pesquisador que estiver usando mais plantas na parcela pode estar gastando mais que o necessário para sua experimentação com recursos técnicos, físicos ou financeiros.

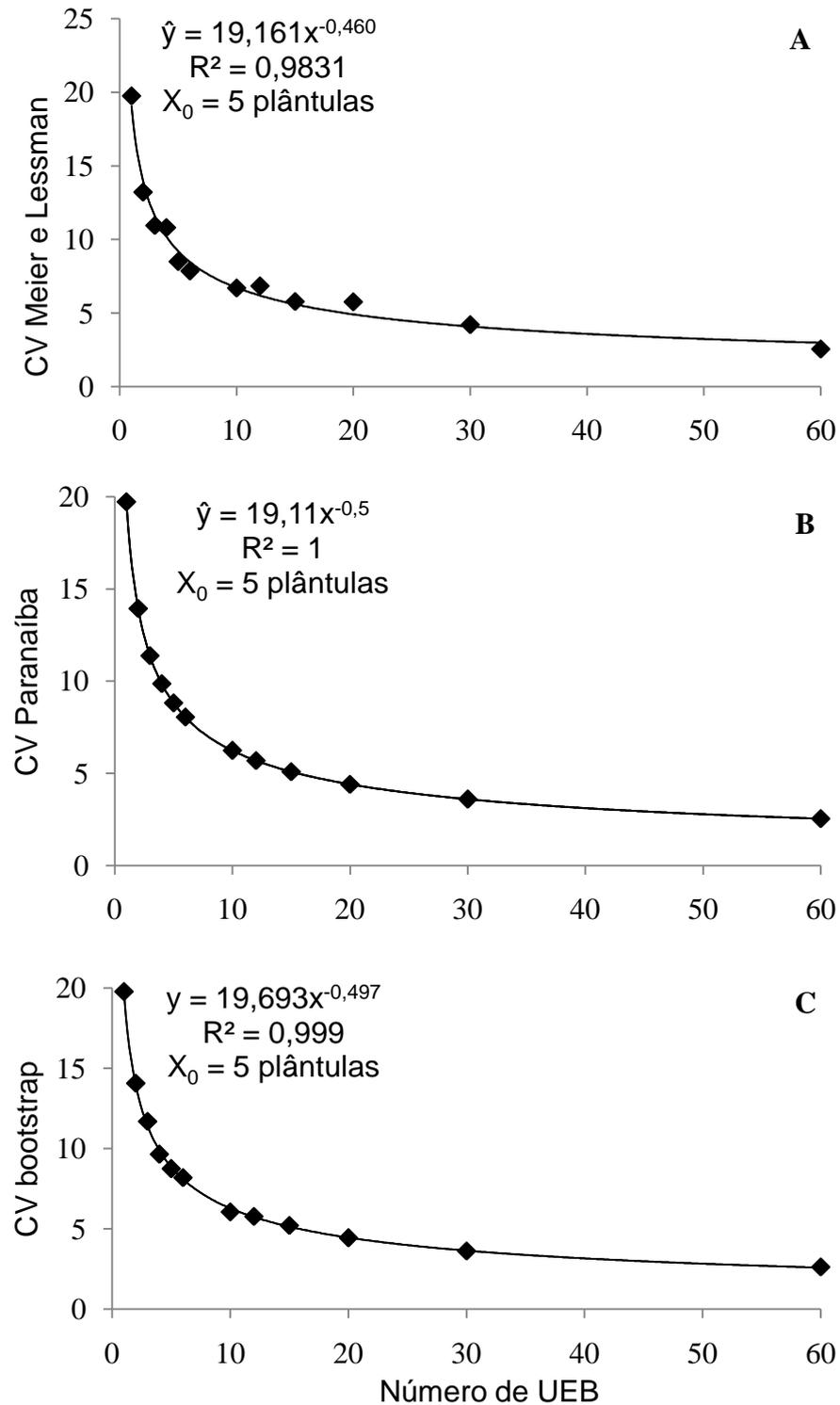
Na comparação entre os três métodos de determinação do tamanho amostral, percebe-se que os valores dos coeficientes  $\hat{\beta}_0$  e  $\hat{\beta}_1$  e do tamanho ótimo de parcela são similares entre os métodos da máxima curvatura do coeficiente de variação e o método da máxima curvatura com simulação bootstrap para AP (Figuras 1B, 1C), DC (Figuras 2B, 2C), NF (Figuras 3B, 3C), CP (Figuras 4B, 4C) e, CMR (Figuras 5B, 5C), sendo que os valores do coeficiente  $\hat{\beta}_1$  se aproximam de 0,5. Desta forma, percebe-se que a simulação bootstrap com reposição leva a resultados semelhantes ao método da máxima curvatura do coeficiente de variação apresentado por Paranaíba et al. (2009), e com a vantagem de não necessitar de identificar a sequência das parcelas do teste de uniformidade, já que na simulação bootstrap o sorteio é aleatório.



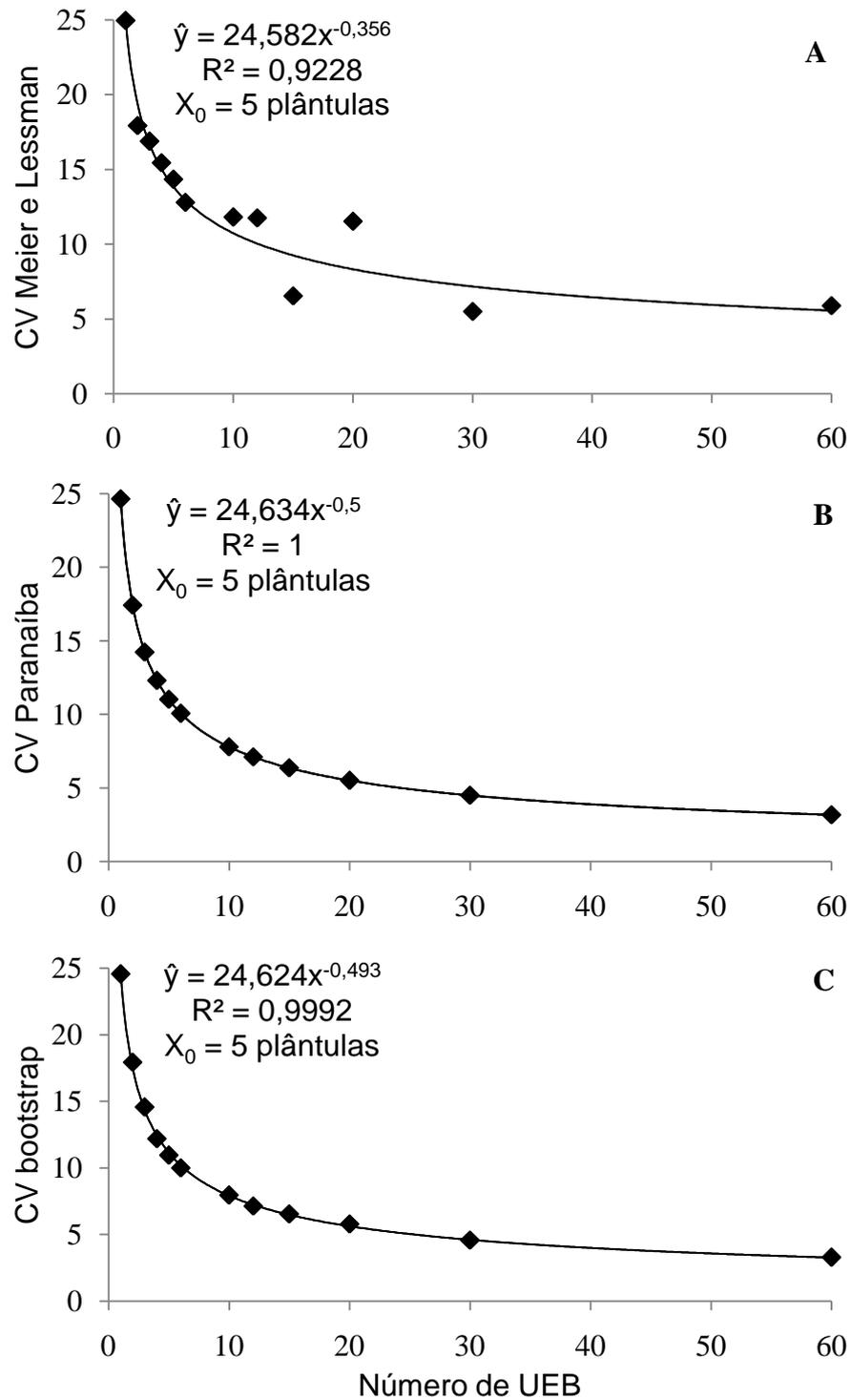
**Figura 1.** Representação gráfica entre relação do coeficiente de variação e o tamanho de parcela planejado, em UEB e estimativas do tamanho ótimo da parcela ( $X_0$ ) por três métodos, para o caracter altura de plântula de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Golden Pecíolo Curto em um ensaio de uniformidade com 240 UEB. Métodos: A – máxima curvatura segundo Meier e Lessman (1971); B – máxima curvatura do coeficiente de variação segundo Paranaíba et al. (2009); C – máxima curvatura segundo Meier e Lessman (1971) usando simulação bootstrap.



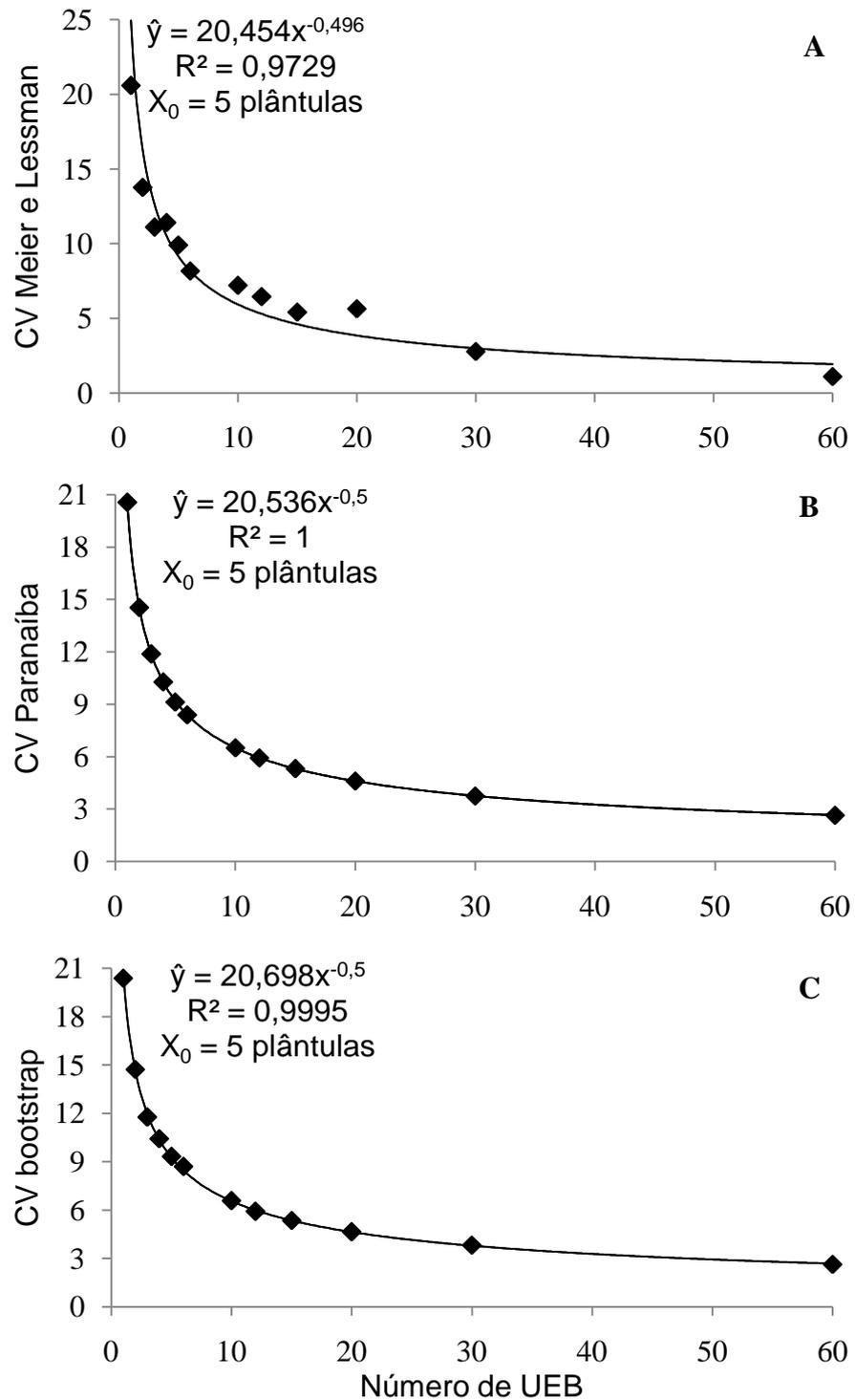
**Figura 2.** Representação gráfica entre relação do coeficiente de variação e o tamanho de parcela planejado, em UEB e estimativas do tamanho ótimo da parcela ( $X_0$ ) por três métodos, para o carácter diâmetro do caule de plântula de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Golden Pecíolo Curto em um ensaio de uniformidade com 240 UEB. Métodos: A – máxima curvatura segundo Meier e Lessman (1971); B – máxima curvatura do coeficiente de variação segundo Paranaíba et al. (2009); C – máxima curvatura segundo Meier e Lessman (1971) usando simulação bootstrap.



**Figura 3.** Representação gráfica entre relação do coeficiente de variação e o tamanho de parcela planejado, em UEB e estimativas do tamanho ótimo da parcela ( $X_0$ ) por três métodos, para o caracter número de folhas em plântula de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Golden Pecíolo Curto em um ensaio de uniformidade com 240 UEB. Métodos: A – máxima curvatura segundo Meier e Lessman (1971); B – máxima curvatura do coeficiente de variação segundo Paranaíba et al. (2009); C – máxima curvatura segundo Meier e Lessman (1971) usando simulação bootstrap.



**Figura 4.** Representação gráfica entre relação do coeficiente de variação e o tamanho de parcela planejado, em UEB e estimativas do tamanho ótimo da parcela ( $X_0$ ) por três métodos, para o caracter comprimento do pecíolo de plântula de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Golden Pecíolo Curto em um ensaio de uniformidade com 240 UEB. Métodos: A – máxima curvatura segundo Meier e Lessman (1971); B – máxima curvatura do coeficiente de variação segundo Paranaíba et al. (2009); C – máxima curvatura segundo Meier e Lessman (1971) usando simulação bootstrap.



**Figura 5.** Representação gráfica entre relação do coeficiente de variação e o tamanho de parcela planejado, em UEB e estimativas do tamanho ótimo da parcela ( $X_0$ ) por três métodos, para o caracter comprimento da maior raiz de plântula de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Golden Peciolo Curto em um ensaio de uniformidade com 240 UEB. Métodos: A – máxima curvatura segundo Meier e Lessman (1971); B – máxima curvatura do coeficiente de variação segundo Paranaíba et al. (2009); C – máxima curvatura segundo Meier e Lessman (1971) usando simulação bootstrap.

As médias dos caracteres avaliados a partir das 240 plântulas de ‘Golden Pecíolo Curto’ são apresentadas na tabela 2, onde observa-se que as médias das 2000 estimativas via bootstrap apresentam valores bem próximos aos valores reais apresentados nos métodos de Meier e Lessman (1971) e de Paranaíba et al. (2009). Isto acontece porque a reamostragem é realizada milhares de vezes e a técnica bootstrap com reposição possibilita a mesma probabilidade de sorteio a todos os valores da amostra (FERREIRA, 2009).

**Tabela 2.** Estimativas da média (m), coeficiente de variação (CV), coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem ( $\hat{\rho}$ ) e índice de heterogeneidade do solo (b), obtidos por diferentes métodos para os caracteres altura (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), comprimento do pecíolo (CP) e comprimento da maior raiz (CMR) em 240 plântulas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Golden Pecíolo Curto produzidas em casa de vegetação

Estatística	Método <sup>(3)</sup>	Caracter				
		AP	DC	NF	CP	CMR
m <sup>(1)</sup>	ML	9,92	2,57	4,53	2,41	12,88
	P	9,92	2,57	4,53	2,41	12,88
	MLboot	9,97	2,56	4,54	2,42	12,82
CV <sup>(1)</sup>	ML	18,25	15,52	19,76	24,95	20,59
	P	18,23	15,36	19,72	24,64	20,55
	MLboot	18,18	15,29	19,58	24,57	20,38
$\hat{\rho}$	P	0,0401	0,1414	-0,0627	0,1563	-0,0555
b <sup>(2)</sup>	ML	0,655	0,840	0,912	0,708	0,976
	MLboot	1,007	1,010	0,991	0,995	1,011

<sup>(1)</sup> Estatísticas obtidas a partir do total de 240 plântulas avaliadas individualmente.

<sup>(2)</sup> b foi obtido pelo método de Smith (1938).

<sup>(3)</sup> Método: ML - máxima curvatura segundo Meier e Lessman (1971); P - máxima curvatura do coeficiente de variação segundo Paranaíba et al. (2009); MLboot - método da máxima curvatura, segundo Meier e Lessman (1971) com uso de simulação bootstrap.

Os valores dos coeficientes de variação dos caracteres avaliados a partir das 240 plântulas de ‘Golden Pecíolo Curto’ também apresentam semelhança entre si, na comparação das três metodologias. Destaca-se que, para o cálculo desta estatística pelo método proposto por Paranaíba et al. (2009), o numerador da equação  $CV_{(X_i)P} = 100\sqrt{(1-\hat{\rho}^2)s^2/m^2}/\sqrt{X_i}$  contém o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem ( $\hat{\rho}$ ), que varia de -1 até +1. Algebricamente, quando  $\hat{\rho} \cong 0$ , o CV do método proposto por Paranaíba et al. (2009) terá o valor próximo ao CV do método de Meier e Lessman (1971), como pode ser observado para os cinco

caracteres avaliados (Tabela 2). A autocorrelação próxima à zero indica distribuição aleatória entre as plântulas, o que aconteceu para os cinco caracteres avaliados, que pode ser explicado pelo fato de cada plântula estar contida em um tubete diferente.

Na tabela 2 apresentamos também o índice de heterogeneidade de Smith (1938). Percebe-se que este índice ( $b$ ) é o dobro do valor do coeficiente  $\hat{\beta}_1$  (Figura 1A, 2A, 3A, 4A, 5A) estimado na equação que determina o tamanho ótimo de parcela pelo método da máxima curvatura modificado (MEIER e LESSMAM, 1971). Esta relação,  $b = 2 \hat{\beta}_1$  também fora relatada por Lorentz et al. (2012), e também pode ser verificada no método proposto, porém os valores de  $\hat{\beta}_1$  serão próximos a 0,500 e os valores de  $b$  próximos a 1,000. Considerando que os valores de  $b$  de Smith (1938) variam de zero a um e que os valores mais próximos de um indicam heterogeneidade no ambiente de cultivo, percebe-se que o método proposto por simulação bootstrap estará prestigiando o máximo da heterogeneidade. Santos et al. (2012) relatam que, quando a heterogeneidade é grande, as parcelas são menos relacionadas entre si e, neste caso, as parcelas devem ser maiores para obter um mesmo grau de precisão experimental. Assim, espera-se que, o método proposto, apresentará tamanho ótimo de parcela igual ou superior ao método da máxima curvatura modificado de Meier e Lessman (1971) e isto é interessante sob o ponto de vista prático, já que o referido método por vezes determina tamanhos ótimos de parcela menores que uma planta (LEITE et al., 2006), o que é uma das críticas ao método.

Tomando como exemplo o modelo de bandeja utilizada neste experimento ( $10 \times 14 = 140$  tubetes) para trabalhos subsequentes, uma bandeja seria suficiente para alocar 28 parcelas experimentais de 5 plântulas.

## **Conclusões**

O número ótimo de plantas por parcela para avaliação de mudas de mamoeiro 'Golden Pecíolo Curto' é de cinco.

O método proposto de simulação bootstrap com reposição proporciona tamanhos ótimos de parcela iguais ou superiores ao método da máxima curvatura de Meier e Lessman (1971) e, proporciona mesmo tamanho de parcela do método da máxima curvatura do coeficiente de variação segundo Paranaíba et al. (2009).

## Referências Bibliográficas

BARBIN, D. **Planejamento e Análise Estatística de Experimentos Agronômicos**. Londrina, PR: Macenas, 2013.

BRITO, M.C.M.; HUMADA-GONZÁLEZ, G.G.; MORAIS, A.R. DE; MOREIRA, J.M. Avaliação do desempenho do algoritmo de reamostragem *bootstrap* na verificação da estimação do tamanho ótimo da parcela. **Revista da Estatística UFOP**, Ouro Preto, v.3, n.3, p.255-259, 2014.

BRITO, M.C.M.; FARIA, G.A.; MORAIS, A.R. de; SOUZA, E.M. de; DANTAS, J.L.L. Estimação do tamanho ótimo de parcela via regressão antitônica. **Revista Brasileira Biometria**, São Paulo, v.30, n.3, p.353-366, 2012.

CATAPATTI, T.R.; GONÇALVES, M.R.; SILVA NETO, M.R.S; SOBROZA; R. Tamanho de amostra e número de repetições para avaliação de caracteres agronômicos em milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.3, p.855-862, 2008.

CIPRIANO, P.E.; COGO, F.D.; CAMPOS, K.A.; ALMEIDA, S.L.S de. Suficiência amostral para mudas de cafeeiro cv. Rubi. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v.4, n.1, p.61-66, abr. 2012.

EFRON, B. Bootstrap methods: another look at the jackknife. **The Annals of Statistics**, Washington, v.7, p.1-26, 1979.

FERREIRA, D.F. **Estatística básica**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2009. 664p.

FIRMINO, R. de A.; COGO, F.D.; ALMEIDA, S.L.S. de; CAMPOS, K.A.; MORAIS, A.R. de. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com mudas de café Catuai Amarelo 2SL. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.6, n.1, p.9-12, 2012.

LEITE, M.S.O.; PETERNELLI, L.A.; BARBOSA, M.H.P.; Effects of plot size on the estimation of genetic parameters in sugarcane families. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.6, p.40-46, 2006.

LEVINE, D. M.; STEPHAN, D.F.; KREHBIEL, T.C.; BERENSON, M. L. **Estatística: teoria e aplicações usando Microsoft Excel em português**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2012. 832p.

MELO, W.B. de; PEREIRA, R.F.; SILVA, M.F.D. da; DINIZ, P.F.; GOMES, R.C.P.; SANTOS, J.G.R. dos; ANDRADE, R. Variação da produção do mamoeiro Havaí em função de diferentes dosagens e de intervalos de aplicação de biofertilizante. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, João Pessoa, v.1, n. especial, 2009.

MELO, A.S.; COSTA, C.X.; BRITO, M.E.B.; VIÉGAS, P.R.A.; SILVA JÚNIOR, C.D. Produção de mudas de mamoeiro em diferentes substratos e doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.2, n.4, p.257-261, 2007.

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

MENGARDA, L.H.G.; LOPES, J.C.; BUFFON, R.B. Emergência e vigor de mudas de genótipos de mamoeiro em função da irradiância. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.44, n.3, p.325-333, 2014.

PRATISSOLI, D.; ALMEIDA, G.D.; JESUS JÚNIOR, W.C.; VICENTINI, V.B.; HOLTZ, A.M.; COCHETO, J.G. Fertilizante organomineral e argila silicatada como indutores de resistência à varíola do mamoeiro, **Idesia**, Arica, v.25, n.2, p.63-67, 2007.

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

PAIXÃO, M.V.S.; SCHMILDT, E.R.; MATTIELLO, H.N.; FERREGUETTI, G.A.; ALEXANDRE, R.S. Frações orgânicas e mineral da produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.4, p.1105-1112, 2012.

R Core Team (2014). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>, Acesso: 4 de dezembro de 2014.

ROLIM, S.G.; COUTO, H.T.Z.; JESUS, R.M. Mortalidade e recrutamento de árvores na Floresta Atlântica de Linhares (ES). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.55, p.49-69, 1999.

SÁ, F.V. da S.; BRITO, M.E.B.; MELO A.S. de; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P.O.D.; FERREIRA, I.B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.10, p.1047-1054, 2013.

SANTOS, D.; HAESBAERT, F.M.; LÚCIO, A.D.; STORCK, L.; CARGNELUTTI FILHO, A. Tamanho ótimo de parcela para a cultura do feijão-vagem. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.43, n.1, p.119-128, 2012.

SERRANO, L.A.L.; CATTANEO, L.F.; FERREGUETTI, G.A. Adubo de liberação lenta na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.3, p.874-883, 2010.

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

STORCK, L.; LÚCIO, A.D.; KRAUSE, W.; ARAÚJO, D.V.; SILVA, C.A. Scaling the number of plants per plot and number of plots per genotype of yellow passion fruit plants. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v.36, n.1, p.73-78, 2014.

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

VIVAS, M.; SILVEIRA, S.F.; TERRA, C.E.P.; PEREIRA, M.G. Testers for combining ability and selection of papaya hybrids resistant to fungal diseases. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.11, p.36-42, 2011.

### **3.2. TAMANHO DE PARCELA NA AVALIAÇÃO DE MUDAS DE MAMOEIRO 'BAIXINHO DE SANTA AMÁLIA' EM TUBETES**

#### **Resumo**

Foram avaliados três caracteres em plântulas de mamoeiro 'Baixinho de Santa Amália' com objetivo de estimar o tamanho ótimo de parcelas e o número de repetições em experimento inteiramente ao acaso, em blocos ao acaso e em quadrado latino. Os caracteres foram altura da plântula, número de folhas e comprimento da maior raiz a partir de teste de uniformidade com 240 plântulas. A determinação do tamanho ótimo de parcela foi feita aplicando-se o método de Hatheway (1961). O número de plântulas por parcela para produção de mudas é variável em função do número de tratamentos e de repetições, precisão assumida, do caráter em questão e do delineamento experimental. Na comparação entre delineamentos, o tamanho de parcela é maior no quadrado latino, seguido de blocos ao acaso e inteiramente ao acaso, sendo que esta diferença é mais acentuada quanto menor for o número de tratamentos e de repetições usados. Para um mesmo número de tratamentos e mesma precisão, o uso mais eficiente de área experimental se dá utilizando-se parcelas menores, com maior número de repetições, as quais demandam menor espaço em viveiro do que parcelas maiores, com menor número de repetições. Para experimentos inteiramente ao acaso e em blocos ao acaso com cinco ou mais tratamentos, quatro repetições, e, precisão de 15% em torno da média, recomenda-se o uso de nove plântulas por parcela.

**Palavras-chave:** *Carica papaya* L., precisão experimental, planejamento experimental, delineamentos experimentais.

## **Abstract**

Were evaluated three characters in papaya seedlings 'Baixinho de Santa Amália' to estimate the optimum plot size and the number of repetitions in a completely randomized experiment, a randomized block and Latin square. The characters were seedling height, leaf number and length of roots from uniformity test with 240 seedlings. The determination of the optimum plot size was done by applying the method of Hatheway (1961). The number of seedlings per plot for seedling production is variable depending on the number of treatments and replications assumed precision, the character in question and the experimental design. Comparing designs, the plot size is greater in the Latin square, followed by a randomized block design and completely randomized, and this difference is more pronounced the lower the number of treatments and replicates used. For the same number of treatments and the same precision, the most efficient use of the experimental area is given using smaller plot, with more repetitions, which require less space in the nursery than larger plots with fewer repetitions. For experiments completely randomized and randomized blocks with five or more treatments, four replications, and precision of 15% around the mean, it is recommended to use nine seedlings per plot.

**Keywords:** *Carica papaya* L., experimental precision, experimental planning, design experimental.

## **Introdução**

A realização de qualquer experimento deve começar por um bom planejamento. Neste planejamento, após serem determinados os caracteres que

serão estudados, e qual o delineamento será adotado, o pesquisador passa a quantificar quanto de material será necessário para a realização do ensaio, e para isto deve determinar qual o tamanho de cada parcela (FIRMINO et al., 2012). Embora grande parte dos pesquisadores ainda opte por determinar o tamanho da parcela de forma arbitrária, o ideal é que se faça tal escolha baseada em critérios científicos, que normalmente envolvem o uso de testes de uniformidade, também chamados testes em branco. Nestes testes, demonstra-se que há uma relação não linear entre o erro experimental e o tamanho da parcela (SMITH, 1938; MEIER e LESSMAN, 1973). Embora o pesquisador deseje diminuir o erro experimental (STORCK et al., 2011; BRITO et al., 2012), e para isto aumente o tamanho de parcela, este critério deve ser feito com cautela, visto que, a partir de determinado aumento do tamanho de parcela, a diminuição do erro experimental é muito reduzida (PIMENTEL-GOMES, 2009), levando a gastos de material experimental e espaço físico desnecessários. Assim, busca-se o tamanho ótimo de parcela (MEIER e LESSMAN, 1973; PARANAÍBA et al., 2009; LORENTZ et al., 2012).

Quanto ao método para determinação do tamanho ótimo da parcela, a literatura relata mais de uma dúzia de propostas, sendo que o mais frequentemente usado é o de máxima curvatura modificado, segundo Meier e Lessman (1971). Recentemente, alguns trabalhos tratam de novas abordagens metodológicas para o assunto, originando métodos como o da máxima curvatura do coeficiente de variação e o linear de resposta com platô (PARANAÍBA et al., 2009), método da regressão antitônica (BRITO et al., 2012), método da máxima distância (LORENTZ et al., 2012), e, método que envolve a simulação bootstrap com reposição (BRITO et al., 2014). Todos estes métodos nos permitem apenas a determinação do tamanho de parcela, sem dar recursos para se determinar o número de parcelas envolvidas, o que pode ser obtido, no entanto, pelo método de Hatheway (1961). Por este método podem ser satisfeitos os anseios do pesquisador que deseja saber o tamanho ótimo de parcela para a sua realidade de pesquisa, que inclui também o número de tratamentos e de repetições, o delineamento experimental usado e a precisão do experimento.

Trabalhos de determinação do tamanho de parcela podem ser feitos para vários ambientes como a campo (LEITE et al., 2006; CARGNELUTTI FILHO et al., 2014), laboratório (PEIXOTO et al., 2011) e em viveiro (CIPRIANO et al., 2012; FIRMINO et al., 2012). Em trabalhos com produção de mudas de mamoeiro, em

tubetes, em viveiro, os tamanhos úteis de parcela seguem uma arbitrariedade, dada a inexistência de trabalhos de dimensionamento de parcela. São relatados a avaliação de experimentos com tamanhos de parcela de quatro (MELO et al., 2007), seis (SÁ et al., 2013), 10 (PAIXÃO et al., 2012; MENGARDA et al., 2014), e 12 (SERRANO et al., 2010) plântulas úteis de mamoeiro por parcela.

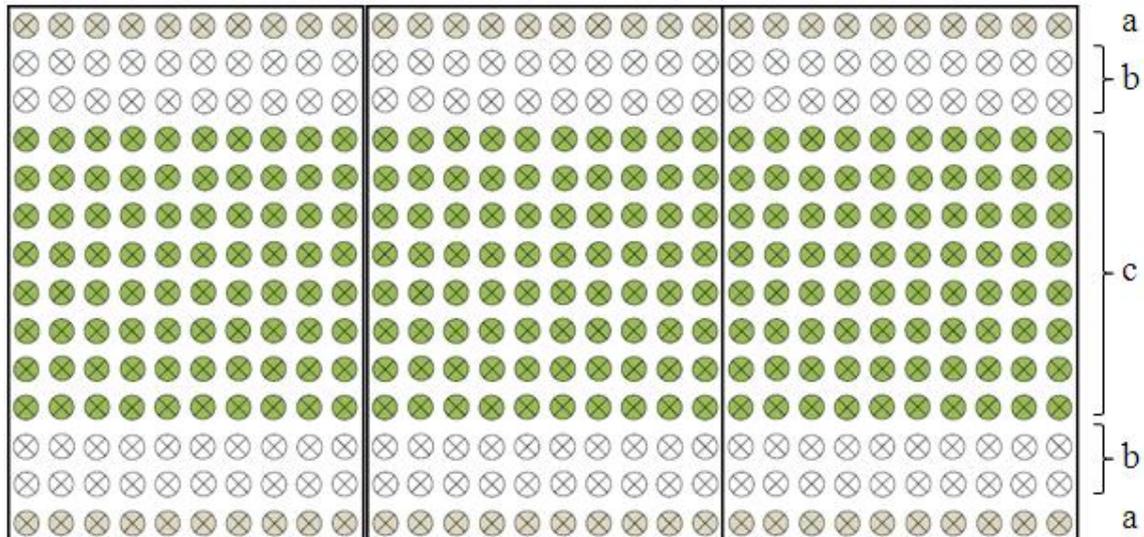
Com este trabalho, objetivou-se determinar o tamanho ótimo de parcelas na avaliação de mudas de mamoeiro, em tubetes, para delineamentos experimentais inteiramente ao acaso, em blocos ao acaso e em quadrado latino, usando o método de Hatheway (1961).

## Material e Métodos

O trabalho foi realizado em outubro de 2014, em casa de vegetação na Fazenda Experimental do CEUNES/UFES, em São Mateus, município do norte do estado do Espírito Santo, típica produtora de mamão do Brasil. Está localizada entre os paralelos 18°40'19,6 de latitude sul e 39°51'23,7" de longitude oeste. O clima da região é do tipo AWi (tropical úmido), com chuvas no verão e inverno seco. A casa de vegetação utilizada possui cobertura em arco, altura da bancada para colocação das bandejas de 0,5m, as paredes laterais e frontais são de tela antiafídica, o teto coberto com filme plástico de polietileno de 150 micras, o piso coberto por brita e irrigação por microaspersão automática.

A determinação do tamanho ótimo de parcelas foi feita com plântulas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Baixinho de Santa Amália, cujas sementes foram obtidas do banco de germoplasma da empresa Caliman Agrícola S/A. O ensaio de uniformidade foi realizado usando três bandejas de polietileno pretas contendo 10x14 tubetes de 50cm<sup>3</sup>. As bandejas foram alocadas sobre bancadas, juntas, de forma a proporcionar 14 linhas de 30 tubetes, totalizando 420 tubetes. Em outubro de 2013, foram semeados todos os 420 tubetes sendo aproveitadas para avaliação apenas as plântulas das oito linhas centrais, o que corresponde a 240 plântulas, conforme ilustra a figura 1. Os tubetes foram preenchidos com substrato Bioplant<sup>®</sup> adicionado de Basacot mini 3M<sup>®</sup> na proporção de 10 kg m<sup>-3</sup> de substrato, sendo

usada uma semente por tubete (PAIXÃO et al., 2012). Foram irrigadas quatro vezes ao dia a partir da semeadura até o início da emergência, diminuído para três vezes ao dia a fim de evitar o encharcamento dos tubetes e do ambiente como medida preventiva ao favorecimento de doenças fúngicas, principalmente o “tombamento” ou “damping-off” (*Rhizoctonia solani* Khun) visto que não foram realizados tratamentos fitossanitários.



**Figura 1.** Esquema da organização e estruturação de três bandejas de polietileno (10 x 14 = 140 tubetes de 50 cm<sup>3</sup> em cada bandeja) na realização de teste de uniformidade com plântulas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Baixinho de Santa Amália. As letras indicam: a = bordadura; b = tubetes com plântulas para reposição; c = 8 linhas de 30 tubetes contendo 240 plântulas usadas na avaliação do teste de uniformidade.

Os caracteres avaliados aos 30 dias após a semeadura foram: AP: altura da plântula, determinada com régua graduada em centímetros, medindo-se a base do caule até o ápice da última folha; NF: número de folhas, por meio da contagem das folhas definitivas desenvolvidas; e, CMR: comprimento da maior raiz, determinado com a medição a partir da base da plântula até sua extremidade, com régua graduada em centímetros.

Para a determinação do tamanho ótimo de parcela ( $X_0$ ) utilizou-se o método segundo Hatheway (1961). Por este método, a partir do teste de uniformidade, é possível determinar o  $X_0$  para diferentes precisões experimentais, como demonstrado por Cargnelutti Filho et al. (2014). Assim, estruturou-se as 240 plântulas do teste de uniformidade em unidades experimentais básicas (UEB), sendo que cada UEB foi constituída por uma plântula. As UEB foram agrupadas,

utilizando-se número de plântulas divisoras exatas do número total de plântulas do teste de uniformidade, variando de 1 UEB até 60 UEB, constituindo 12 agrupamentos. Para cada agrupamento específico, verificou-se todas as possibilidades de composição do agrupamento pela avaliação dos caracteres das plântulas dentro de cada uma das oito linhas (DL) de 30 plântulas ou plântulas entre as linhas (EL). Assim, os tamanhos dos agrupamentos ( $X_i$ ) foram, em UEB:  $X_1 = 1$  (1DL x 1EL);  $X_2 = 2$  (1DL x 2EL, 2DL x 1EL);  $X_3 = 3$  (3DL x 1EL);  $X_4 = 4$  (1DL x 4EL e 2DL x 2EL);  $X_5 = 5$  (5DL x 1EL);  $X_6 = 6$  (6DL x 1EL e 3DL x 2EL);  $X_{10} = 10$  (10DL x 1EL e 5DL x 2EL);  $X_{12} = 12$  (6DL x 2EL e 3DL x 4EL);  $X_{15} = 15$  (15DL x 1EL);  $X_{20} = 20$  (10DL x 2EL e 5DL x 4EL);  $X_{30} = 30$  (30DL x 1EL e 15DL x 2EL);  $X_{60} = 60$  (30DL x 2EL e 15DL x 4EL).

Em cada um dos três caracteres avaliados, para cada um dos  $X_i$  UEB calculou-se:  $m_{(X_i)}$ , média das parcelas com  $X_i$  UEB de tamanho;  $v_{(X_i)}$ , variância entre as parcelas com  $X_i$  UEB de tamanho;  $CV_{(X_i)}$ , coeficiente de variação entre as parcelas com  $X_i$  UEB de tamanho; e  $VU_{(X_i)} = v_{(X_i)} / X_i^2$ , variância por UEB entre as parcelas de  $X_i$  UEB de tamanho. A partir da relação de  $VU_{(X_i)}$  em função de  $X_i$ , determinou-se o índice de heterogeneidade ( $b$ ) via logaritmização da função  $VU_{(X_i)} = V_1 / X_i^b$ , segundo Smith (1938), com ponderação pelos graus de liberdade associado ao número de parcelas cabíveis de tamanho  $X_i$  UEB para cada tamanho de parcela planejado no teste de uniformidade (STEEL et al., 1997).

Para cada caracter avaliado, foram simulados planejamentos experimentais para os delineamentos inteiramente ao acaso (DIC), em blocos ao acaso (DBC) e quadrado latino (DQL), para os cenários formados pelas combinações de  $l$  tratamentos ( $l = 3, 4, \dots, 30$ ),  $r$  repetições ( $r = 2, 3, \dots, 10$ ) e  $d$  diferenças entre médias de tratamentos a serem detectados como significativos a 5% de probabilidade, expressos em porcentagem da média geral do teste de uniformidade ( $d = 5, 10, 15$  e 20%). Conforme relatam Cargnelutti Filho et al. (2014), o  $d$  indica precisão, sendo que, percentuais menores de  $d$  indicam maior precisão, ou seja, diferenças menores entre médias de tratamentos serão consideradas significativas. Nas simulações, os critérios para as combinações levaram em consideração: o menor número de tratamentos foi três ( $l = 3$ ), considerando que, a detecção de diferença entre duas médias já possa ser feita pela análise de variância; o menor

número de repetições foi 2 ( $r = 2$ ), por ser este o mínimo para se detectar o erro experimental; os  $I$  tratamentos e  $r$  repetições foram combinados de tal forma a proporcionar um mínimo de 20 parcelas por experimento, conforme recomendação de Pimentel Gomes (2009); para DQL foram simulados apenas combinações que proporcionem tamanhos de 25 ( $I = 5$ ;  $r = 5$ ), 36 ( $I = 6$ ;  $r = 6$ ), 49 ( $I = 7$ ;  $r = 7$ ), 64 ( $I = 8$ ;  $r = 8$ ), 81 ( $I = 9$ ;  $r = 9$ ) e, 100 ( $I = 10$ ;  $r = 10$ ) parcelas, por ser esta uma exigência para análise por DQL, qual seja,  $t^2 = n$  parcelas; para  $I$  maior que 10, avaliou-se apenas as combinações de  $I = 15$ ,  $I = 20$ ,  $I = 25$  e,  $I = 30$  com  $r = 2$ ,  $r = 3$ ,  $r = 4$  e  $r = 5$  para DIC e DBC.

Em cada caracter (AP, NF e CMR), para cada planejamento experimental e para os delineamentos DIC, DBC e DQL, foi calculado o tamanho ótimo de parcela ( $X_0$ ), em número de UEB, por meio do método de Hatheway (1961), que é dado por  $X_0 = \sqrt[3]{2(t_1 + t_2)^2 CV^2 / r d^2}$ . Na referida equação, tem-se que:  $b$  é o índice de heterogeneidade de Smith (1938);  $CV$  é a estimativa do coeficiente de variação entre as parcelas de uma UEB de tamanho, em porcentagem;  $r$  é o número de repetições considerado;  $d$  é a diferença entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, expressa em porcentagem da média geral do teste de uniformidade;  $t_1$  é o valor tabelado de  $t$  para testes de significância (teste bilateral a 5%), com  $gl$  graus de liberdade;  $t_2$  é o valor tabelado de  $t$ , bilateral, correspondente a um erro de  $2(1-p)$ , com  $gl$  graus de liberdade, sendo  $p=0,80$  a probabilidade de se obter resultados significativos. Os valores tabelados da distribuição de  $t$  foram obtidos com  $gl$  graus de liberdade do resíduo, em função dos  $I$  tratamentos e  $r$  repetições, sendo  $gl = I(r - 1)$  para DIC,  $gl = (I - 1)(r - 1)$  para DBC e,  $gl = (I - 1)(I - 2)$  para DQL.

Os dados foram analisados utilizando-se os recursos computacionais do software R (R Development Core Team, 2014). Por se tratar de uma variável aleatória discreta, o tamanho ótimo de parcela foi apresentado por número inteiro, adotando-se o arredondamento para inteiro superior.

## Resultados e Discussão

Decorridos 10 dias após a semeadura (DAS), 95,83% das sementes apresentavam-se emergidas. Nesta ocasião, foi feita a substituição dos 10 tubetes que não apresentavam sementes emergidas, de forma que aos 30 DAS puderam ser avaliadas 240 plântulas do teste de uniformidade.

Houve acréscimo da média das parcelas [ $m_{(x_i)}$ ] e, decréscimo do coeficiente de variação [ $cv_{(x_i)}$ ] e da variância por UEB entre as parcelas [ $vu_{(x_i)}$ ], com o aumento do tamanho de parcela planejado, medido em número de UEB (Tabela 1). As médias dos caracteres AP, NF e CMR, foi de 6,47cm; 3,49 folhas e 13,50cm, respectivamente, o que mostra que as plântulas se apresentavam em condições de aclimação para posterior plantio no campo. Esta afirmação pode ser feita principalmente em relação ao CMR, já que mudas com raízes muito pequenas tendem a sofrerem mais na fase inicial do crescimento no campo. Na produção de mudas de mamoeiro, Serrano et al. (2010) na avaliação de cinco cultivares, Paixão et al. (2012) na avaliação de 'Golden THB' e, Mengarda et al. (2014) na avaliação de quatro cultivares, obtiveram resultados semelhantes no comprimento de raiz, na avaliação aos 30, 30 e 45 DAS, respectivamente.

O coeficiente de variação entre as 240 UEB foi diferente entre os caracteres AP, NF e CMR, com valores de 14,03%; 20,29% e 17,78%, respectivamente. Diferentes coeficientes de variação para diferentes caracteres de mesmas plantas também foram detectadas na produção de mudas de café Catuaí Amarelo 2SL (FIRMINO et al., 2012) e café Rubi (CIPRIANO et al., 2012). Presença de variabilidade entre as UEB, medida pelo coeficiente de variação (CV) e pelo índice de heterogeneidade (b), são importantes para o estudo do tamanho ótimo de parcela pelo método de Hatheway (1961). Nesta pesquisa, os valores de b foram 0,667 para AP, 0,967 para NF e 0,973 para CMR (Figura 2). Assim, percebe-se pela expressão  $X_0 = \sqrt[3]{2(t_1 + t_2)^2 CV^2 / r d^2}$  que, para um mesmo número r de repetições, l de tratamento, mesma d precisão e, mesmo delineamento experimental, há tendência de maior tamanho de parcela ( $X_0$ ) para os caracteres com maior CV, e o contrário ocorre em relação ao b. Assim, como os valores de CV e de b não são correlacionados,  $X_0$  dependerá também de qual a precisão (d) foi assumida. Se considerarmos um DIC,

DBC ou DQL com cinco tratamentos e cinco repetições, o maior tamanho de parcela será para AP quando se considera  $d = 5\%$  e  $d = 10\%$  em torno da média e, para NF quando se considera  $d = 15\%$  ou mais (Tabela 2, 3, 4).

**Tabela 1.** Tamanho de parcela planejado ( $X_i$ ), em unidades experimentais básicas (UEB); número de parcelas com  $X_i$  UEB de tamanho ( $n$ ); média das parcelas com  $X_i$  UEB de tamanho [ $m_{(X_i)}$ ]; coeficiente de variação entre as parcelas de  $X_i$  UEB de tamanho [ $CV_{(X_i)}$ , em %]; e, variância por UEB entre as parcelas de  $X_i$  UEB de tamanho [ $VU_{(X_i)}$ ]. Dados de altura de plântula (AP, em cm), número de folhas por plântula (NF) e, comprimento da maior raiz (CMR, em cm) em plântulas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Baixinho de Santa Amália em um ensaio de uniformidade com 240 UEB

$X_i$	N	AP			NF			CMR		
		$m_{(X_i)}$	$CV_{(X_i)}$	$VU_{(X_i)}$	$m_{(X_i)}$	$CV_{(X_i)}$	$VU_{(X_i)}$	$m_{(X_i)}$	$CV_{(X_i)}$	$VU_{(X_i)}$
1	240	6,47	14,03	0,8224	3,49	20,29	0,5020	13,50	17,78	5,7584
2	120	12,93	10,19	0,4390	6,98	13,88	0,2352	27,00	11,66	2,4912
3	80	19,40	9,78	0,3999	10,48	11,16	0,1518	40,50	10,94	2,1826
4	60	25,86	8,04	0,2807	13,97	11,05	0,1525	54,00	9,56	1,6832
5	48	32,33	9,34	0,3645	17,46	10,02	0,1225	67,49	8,65	1,3640
6	40	38,79	6,77	0,2124	20,95	8,41	0,0868	80,99	6,98	0,9176
10	24	64,65	6,48	0,1909	34,92	7,25	0,0643	134,99	5,70	0,6458
12	20	77,58	4,27	0,0766	41,90	7,43	0,0675	161,99	4,87	0,4472
15	16	96,98	7,86	0,2580	52,38	4,92	0,0296	202,48	5,47	0,5454
20	12	129,30	4,14	0,0726	69,83	6,14	0,0470	269,98	3,76	0,2593
30	8	193,95	5,28	0,1301	104,75	2,23	0,0063	404,97	2,91	0,1867
60	4	387,90	3,68	0,0568	209,50	1,12	0,0024	809,94	1,55	0,0440

Ao longo dos anos, muitos produtores de mamão melhoraram o sistema de produção de mudas. As mudas que eram preparadas em sacos de poelileno com aproximadamente  $500 \text{ cm}^3$  de substrato, com terra, puderam ser substituídas por tubetes com volume de substrato comercial de apenas  $50 \text{ cm}^3$ . Assim, diminuiu-se a probabilidade de disseminação de doenças pelo substrato e também o espaço gasto no viveiro, na produção de mesma quantidade de mudas. No caso da pesquisa, envolvendo produção de mudas em tubetes, um dos anseios do pesquisador também é de diminuir o espaço gasto no viveiro. Isto pode ser conseguido, de acordo com a equação apresentada por Hatheway (1961), pela precisão assumida ( $d$ ), pelo arranjo entre o número de repetições ( $r$ ), e, também em função do delineamento experimental assumido. Estas opções podem ser assumidas isoladamente ou em conjunto.

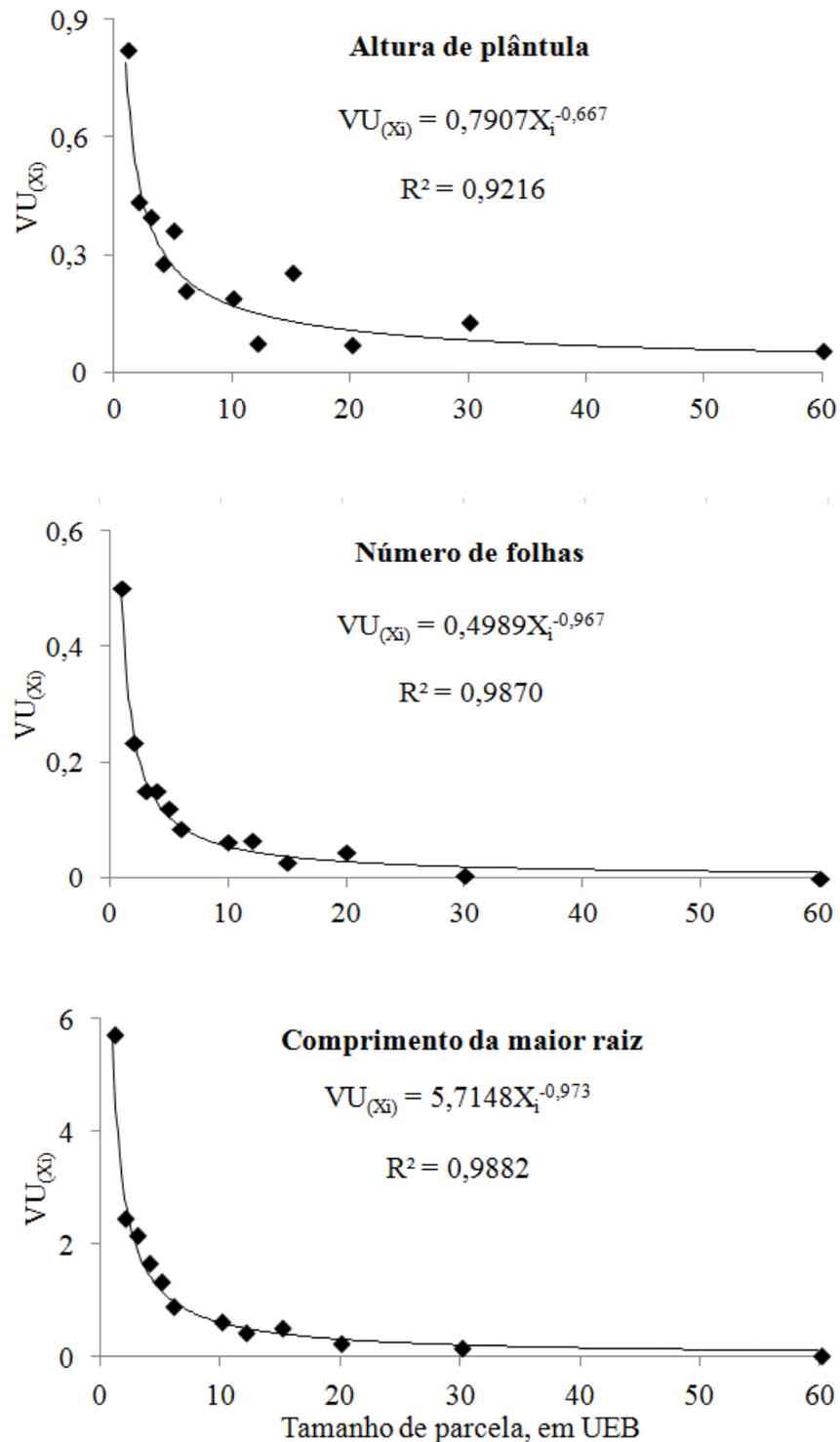
No caso de se trabalhar com  $d$ , observa-se que,  $X_0$  é maior quanto menor for o  $d$ , considerando o mesmo caráter, o mesmo número de tratamentos e de repetições, como pode ser observado para AP (Tabela 2), NF (Tabela 3) e CMR (Tabela 4). O pesquisador, no entanto, deve fazer isto com cautela. Tomando como exemplo o caráter AP, se assumirmos precisão de 20% ( $d = 20\%$ ), num DBC, com 5 tratamentos e 4 repetições,  $X_0 = 2\text{UEB}$ . No entanto, ao analisarmos, na figura 2a, o tamanho da parcela como 3 UEB corresponde a alto valor de variância por unidade experimental básica (UEB) entre as parcelas de  $X_i$  UEB de tamanho  $[VU_{(X_i)}]$ . Neste exemplo, é mais prudente usar  $d = 15\%$ , que corresponde a  $X_0 = 7$  UEB, que conforme pode ser visto, apresenta pequena alteração no  $VU_{(X_i)}$  a partir deste tamanho de parcela (Tabela 2). No entanto, maior tamanho é necessário quando se considera NF que exige  $X_0 = 9$  plântulas por parcela, que se aproxima ao tamanho útil de parcela assumido por outros pesquisadores na pesquisa com mudas de outras cultivares de mamoeiro (SERRANO et al., 2010; PAIXÃO et al., 2012; SÁ et al., 2013; MENGARDA et al., 2014).

No caso de se desejar o uso mais eficiente do espaço da área experimental, a questão que surge é se devemos aumentar o tamanho da parcela ou o número de repetições. Caso o pesquisador queira avaliar NF de 5 tratamentos num DIC, e deseja precisão de 15%, poderá utilizar como opções, parcelas de 9 plântulas e 4 repetições, 7 plântulas e 5 repetições, 4 plântulas e 5 repetições, dentre outras (Tabela 3), já que, no referido experimento, cada UEB corresponde a uma plântula. Nas três opções citadas, o número total de plântulas por experimento seria de, respectivamente 180, 175 e 150. Desta forma, percebe-se que o uso mais eficiente do espaço no viveiro se dá com o aumento do número de repetições. Este mesmo comportamento também foi verificado por Henriques Neto et al. (2004) para trigo e, por Cargnelutti Filho et al. (2014) para mucuna cinza em experimentos de campo.

Na avaliação comparativa entre delineamentos experimentais para um determinado caráter, para um mesmo número de tratamentos, de repetições e mesma precisão, há tendência de o tamanho amostral crescer na ordem DIC < DBC < DQL. A título de exemplo consideremos a avaliação de AP de 5 tratamentos, 5 repetições e precisão de 5%, em que  $X_0$  será de 142, 148 e 158 plântulas por parcela, respectivamente para DIC, DBC e DQL (Tabela 2). Algebricamente, a diferença está no número de graus de liberdade (gl) atribuída ao resíduo, que irá alterar os valores de  $t_1$  e  $t_2$  da expressão de Hatheway (1961). No referido exemplo,

são 20 gl para DIC, obtido por  $l(r - 1) = 5(5 - 1) = 20$  gl; 16 gl para DBC, obtido por  $(l - 1)(r - 1) = (5 - 1)(5 - 1) = 16$  gl e 12 gl para DQL, obtido por  $(l - 1)(l - 2) = (5 - 1)(5 - 2) = 12$  gl, cujos valores de  $t_1$  serão 2,086 para DIC; 2,120 para DBC e 2,179 para DQL. Outra constatação na comparação entre os delineamentos, é que, à medida que se aumenta o número de tratamentos e de repetições, aumenta-se também o número de gl do resíduo e conseqüentemente a diferença de  $X_0$  vai diminuindo, até que não mais exista. No referido exemplo para AP com 5% de precisão, quando se aumenta para 10 tratamentos e 10 repetições,  $X_0$  é de 45 plantas por parcela para DIC, DBC e DQL (Tabela 2). Explica-se tal fato, em função das alterações dos valores de t de student serem bem menores para altos valores de gl do resíduo, assumindo valores de 1,987 para DIC, 1,9895 para DBC e de 1,993 para DQL.

As tabelas 2, 3 e 4 trazem opções para que se possa trabalhar no desenvolvimento de pesquisa experimental com 'Baixinho de Santa Amália' pautado em dimensionamento e eficiência do uso dos delineamentos experimentais inteiramente ao acaso, em blocos ao acaso e em quadrado latino. No entanto, o pesquisador pode ter a necessidade de trabalhar com um número de tratamentos e repetições ou com uma precisão cujo cenário não esteja contemplado neste trabalho. Neste caso, o referido tamanho de parcela pode ser obtido a partir dos valores de coeficiente de variação entre as parcelas de  $X_i$  UEB de tamanho (Tabela 1) e os valores do coeficiente de heterogeneidade (Figura 2) com uso da equação  $X_0 = \sqrt[3]{2(t_1 + t_2)^2 CV^2 / r d^2}$  de Hatheway (1961). Os valores de t de student necessários na equação podem ser obtidos em livros que contenham a referida tabela mais completa, sem a necessidade de interpolações, como Zar (2010), ou, diretamente em softwares como Excel (LEVINE et al., 2012), Matlab (MATLAB, 2010) e, R (R Development Core Team, 2014), entre outros.



**Figura 2.** Representação gráfica da relação entre a variância por unidade experimental básica (UEB) entre as parcelas de  $X_i$  UEB de tamanho  $[VU_{(x_i)}]$  e o tamanho de parcelas planejado, em UEB e, estimativas dos parâmetros da função  $VU_{(x_i)} = V1(X_i)^{-b}$  de Smith (1938). Dados de altura de plântula, número de folhas por plântula e, comprimento da maior raiz em plântulas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Baixinho de Santa Amália em um ensaio de uniformidade com 240 UEB de uma plântula cada.

**Tabela 2.** Tamanho ótimo de parcela ( $X_0$ ), em número de plântulas por parcela, estimado por meio do método de Hatheway (1961), para planejamentos experimentais nos delineamentos inteiramente ao acaso (DIC), blocos ao acaso (DBC) e quadrado latino (DQL), em cenários formados pelas combinações de  $l$  tratamentos,  $r$  repetições, e  $d$  diferenças entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, expressas em porcentagem da média geral do experimento (precisão), para os dados de altura de plântulas plântula de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Baixinho de Santa Amália

l	r	DIC				DBC				DQL			
		d = 5%	d = 10%	d = 15%	d = 20%	d = 5%	d = 10%	d = 15%	d = 20%	d = 5%	d = 10%	d = 15%	d = 20%
3	7	88	11	3	1	96	12	4	1				
3	8	70	9	3	1	75	9	3	1				
3	9	58	7	2	1	61	8	2	1				
3	10	48	6	2	1	51	6	2	1				
4	5	148	19	5	2	158	20	6	2				
4	6	108	14	4	2	114	14	4	2				
4	7	84	10	3	1	88	11	3	1				
4	8	67	8	2	1	70	9	3	1				
4	9	56	7	2	1	58	7	2	1				
4	10	47	6	2	1	48	6	2	1				
5	4	210	26	8	3	221	28	8	3				
5	5	142	18	5	2	148	19	5	2	158	20	6	2
5	6	105	13	4	2	108	14	4	2				
5	7	82	10	3	1	84	10	3	1				
5	8	66	8	2	1	67	8	2	1				
5	9	55	7	2	1	56	7	2	1				
5	10	46	6	2	1	47	6	2	1				
6	4	203	25	8	3	210	26	8	3				
6	5	139	17	5	2	142	18	5	2				
6	6	103	13	4	2	105	13	4	2	108	14	4	2
6	7	80	10	3	1	82	10	3	1				
6	8	65	8	2	1	66	8	2	1				
6	9	54	7	2	1	55	7	2	1				
6	10	46	6	2	1	46	6	2	1				
7	3	328	41	12	5	340	43	13	5				
7	4	198	25	7	3	203	25	8	3				
7	5	136	17	5	2	139	17	5	2				
7	6	101	13	4	2	103	13	4	2				
7	7	79	10	3	1	80	10	3	1	82	10	3	1
7	8	64	8	2	1	65	8	2	1				
7	9	54	7	2	1	54	7	2	1				
7	10	45	6	2	1	46	6	2	1				

Tabela 2 – continuação ...

l	r	DIC				DBC				DQL			
		d = 5%	d = 10%	d = 15%	d = 20%	d = 5%	d = 10%	d = 15%	d = 20%	d = 5%	d = 10%	d = 15%	d = 20%
8	3	319	40	12	5	328	41	12	5				
8	4	194	24	7	3	198	25	7	3				
8	5	134	17	5	2	136	17	5	2				
8	6	100	13	4	2	101	13	4	2				
8	7	79	10	3	1	79	10	3	1				
8	8	64	8	2	1	64	8	2	1	65	8	2	1
8	9	53	7	2	1	54	7	2	1				
8	10	45	6	2	1	45	6	2	1				
9	3	312	39	12	5	319	40	12	5				
9	4	191	24	7	3	194	24	7	3				
9	5	133	17	5	2	134	17	5	2				
9	6	100	12	4	2	100	13	4	2				
9	7	78	10	3	1	79	10	3	1				
9	8	63	8	2	1	64	8	2	1				
9	9	53	7	2	1	53	7	2	1	54	7	2	1
9	10	45	6	2	1	45	6	2	1				
10	2	660	83	24	10	685	86	25	11				
10	3	306	38	11	5	312	39	12	5				
10	4	189	24	7	3	191	24	7	3				
10	5	132	17	5	2	133	17	5	2				
10	6	99	12	4	2	100	12	4	2				
10	7	78	10	3	1	78	10	3	1				
10	8	63	8	2	1	63	8	2	1				
10	9	53	7	2	1	53	7	2	1				
10	10	45	6	2	1	45	6	2	1	45	6	2	1
15	2	593	74	22	9	602	75	22	9				
15	3	291	36	11	5	293	37	11	5				
15	4	183	23	7	3	184	23	7	3				
15	5	129	16	5	2	129	16	5	2				
20	2	563	70	21	9	567	71	21	9				
20	3	284	36	11	4	285	36	11	4				
20	4	180	23	7	3	180	23	7	3				
20	5	127	16	5	2	127	16	5	2				
25	2	546	68	20	9	548	69	20	9				
25	3	280	35	10	4	280	35	10	4				
25	4	178	22	7	3	178	22	7	3				
25	5	126	16	5	2	126	16	5	2				
30	2	535	67	20	8	536	67	20	8				
30	3	277	35	10	4	277	35	10	4				
30	4	177	22	7	3	177	22	7	3				
30	5	126	16	5	2	126	16	5	2				

**Tabela 3.** Tamanho ótimo de parcela ( $X_0$ ), em número de plântulas por parcela, estimado por meio do método de Hatheway (1961), para planejamentos experimentais nos delineamentos inteiramente ao acaso (DIC), blocos ao acaso (DBC) e quadrado latino (DQL), em cenários formados pelas combinações de l tratamentos, r repetições, e d diferenças entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, expressas em porcentagem da média geral do experimento (precisão), para os dados de número de folhas por plântula de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Baixinho de Santa Amália

l	r	DIC				DBC				DQL			
		d = 5%	d = 10%	d = 15%	d = 20%	d = 5%	d = 10%	d = 15%	d = 20%	d = 5%	d = 10%	d = 15%	d = 20%
3	7	47	11	5	3	50	12	5	3				
3	8	40	10	4	2	42	10	4	2				
3	9	35	8	4	2	37	9	4	2				
3	10	31	7	3	2	32	8	3	2				
4	5	67	16	7	4	71	17	7	4				
4	6	54	13	6	3	56	13	6	3				
4	7	46	11	5	3	47	11	5	3				
4	8	39	9	4	2	40	10	4	2				
4	9	34	8	4	2	35	8	4	2				
4	10	31	7	3	2	31	7	3	2				
5	4	86	20	9	5	89	21	9	5				
5	5	66	16	7	4	67	16	7	4	71	17	7	4
5	6	53	13	5	3	54	13	6	3				
5	7	45	11	5	3	46	11	5	3				
5	8	39	9	4	2	39	9	4	2				
5	9	34	8	3	2	34	8	4	2				
5	10	30	7	3	2	31	7	3	2				
6	4	84	20	9	5	86	20	9	5				
6	5	64	15	7	4	66	16	7	4				
6	6	52	13	5	3	53	13	5	3	54	13	6	3
6	7	44	11	5	3	45	11	5	3				
6	8	38	9	4	2	39	9	4	2				
6	9	34	8	3	2	34	8	3	2				
6	10	30	7	3	2	30	7	3	2				
7	3	117	28	12	7	120	29	12	7				
7	4	82	20	8	5	84	20	9	5				
7	5	64	15	7	4	64	15	7	4				
7	6	52	12	5	3	52	13	5	3				
7	7	44	10	5	2	44	11	5	3	45	11	5	3
7	8	38	9	4	2	38	9	4	2				
7	9	33	8	3	2	34	8	3	2				
7	10	30	7	3	2	30	7	3	2				

**Tabela 3 – Continuação ...**

l	r	DIC				DBC				DQL			
		d = 5%	d = 10%	d = 15%	d = 20%	d = 5%	d = 10%	d = 15%	d = 20%	d = 5%	d = 10%	d = 15%	d = 20%
8	3	114	27	12	7	117	28	12	7				
8	4	81	19	8	5	82	20	8	5				
8	5	63	15	7	4	64	15	7	4				
8	6	52	12	5	3	52	12	5	3				
8	7	44	10	4	2	44	10	5	2				
8	8	38	9	4	2	38	9	4	2	38	9	4	2
8	9	33	8	3	2	33	8	3	2				
8	10	30	7	3	2	30	7	3	2				
9	3	113	27	12	6	114	27	12	7				
9	4	80	19	8	5	81	19	8	5				
9	5	63	15	6	4	63	15	7	4				
9	6	51	12	5	3	52	12	5	3				
9	7	43	10	4	2	44	10	4	2				
9	8	38	9	4	2	38	9	4	2				
9	9	33	8	3	2	33	8	3	2	33	8	3	2
9	10	30	7	3	2	30	7	3	2				
10	2	189	45	19	11	194	46	20	11				
10	3	111	27	11	6	113	27	12	6				
10	4	80	19	8	5	80	19	8	5				
10	5	62	15	6	4	63	15	6	4				
10	6	51	12	5	3	51	12	5	3				
10	7	43	10	4	2	43	10	4	2				
10	8	37	9	4	2	38	9	4	2				
10	9	33	8	3	2	33	8	3	2				
10	10	30	7	3	2	30	7	3	2	30	7	3	2
15	2	176	42	18	10	177	42	18	10				
15	3	107	26	11	6	108	26	11	6				
15	4	78	19	8	4	78	19	8	4				
15	5	61	15	6	3	61	15	6	3				
20	2	169	40	17	10	170	41	18	10				
20	3	106	25	11	6	106	25	11	6				
20	4	77	18	8	4	77	18	8	4				
20	5	61	14	6	3	61	14	6	3				
25	2	166	40	17	9	166	40	17	9				
25	3	105	25	11	6	105	25	11	6				
25	4	77	18	8	4	77	18	8	4				
25	5	60	14	6	3	60	14	6	3				
30	2	163	39	17	9	164	39	17	9				
30	3	104	25	11	6	104	25	11	6				
30	4	76	18	8	4	76	18	8	4				
30	5	60	14	6	3	60	14	6	3				

**Tabela 4.** Tamanho ótimo de parcela ( $X_0$ ), em número de plântulas por parcela, estimado por meio do método de Hatheway (1961), para planejamentos experimentais nos delineamentos inteiramente ao acaso (DIC), blocos ao acaso (DBC) e quadrado latino (DQL), em cenários formados pelas combinações de l tratamentos, r repetições, e d diferenças entre médias de tratamentos a serem detectadas como significativas a 5% de probabilidade, expressas em porcentagem da média geral do experimento (precisão), para os dados de comprimento da maior raiz de plântula de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Baixinho de Santa Amália

l	r	DIC				DBC				DQL			
		d=5%	d=10%	d=15%	d=20%	d=5%	d=10%	d=15%	d=20%	d=5%	d=10%	d=15%	d=20%
3	7	35	8	4	2	37	9	4	2				
3	8	30	7	3	2	31	8	3	2				
3	9	26	6	3	2	27	7	3	2				
3	10	23	6	2	1	24	6	3	1				
4	5	50	12	5	3	52	13	5	3				
4	6	40	10	4	2	42	10	4	2				
4	7	34	8	4	2	35	8	4	2				
4	8	29	7	3	2	30	7	3	2				
4	9	26	6	3	1	26	6	3	2				
4	10	23	5	2	1	23	6	2	1				
5	4	64	15	7	4	66	16	7	4				
5	5	49	12	5	3	50	12	5	3	52	13	5	3
5	6	40	10	4	2	40	10	4	2				
5	7	33	8	3	2	34	8	4	2				
5	8	29	7	3	2	29	7	3	2				
5	9	25	6	3	1	26	6	3	1				
5	10	23	5	2	1	23	5	2	1				
6	4	62	15	6	4	64	15	7	4				
6	5	48	12	5	3	49	12	5	3				
6	6	39	9	4	2	40	10	4	2	40	10	4	2
6	7	33	8	3	2	33	8	3	2				
6	8	28	7	3	2	29	7	3	2				
6	9	25	6	3	1	25	6	3	1				
6	10	22	5	2	1	23	5	2	1				
7	3	86	21	9	5	89	21	9	5				
7	4	61	15	6	4	62	15	6	4				
7	5	47	11	5	3	48	12	5	3				
7	6	39	9	4	2	39	9	4	2				
7	7	33	8	3	2	33	8	3	2	33	8	3	2
7	8	28	7	3	2	28	7	3	2				
7	9	25	6	3	1	25	6	3	1				
7	10	22	5	2	1	22	5	2	1				

Tabela 4 – Continuação ...

l	r	DIC				DBC				DQL			
		d = 5%	d = 10%	d = 15%	d = 20%	d = 5%	d = 10%	d = 15%	d = 20%	d = 5%	d = 10%	d = 15%	d = 20%
8	3	85	20	9	5	86	21	9	5				
8	4	60	14	6	3	61	15	6	4				
8	5	47	11	5	3	47	11	5	3				
8	6	38	9	4	2	39	9	4	2				
8	7	32	8	3	2	33	8	3	2				
8	8	28	7	3	2	28	7	3	2	28	7	3	2
8	9	25	6	3	1	25	6	3	1				
8	10	22	5	2	1	22	5	2	1				
9	3	83	20	9	5	85	20	9	5				
9	4	60	14	6	3	60	14	6	3				
9	5	47	11	5	3	47	11	5	3				
9	6	38	9	4	2	38	9	4	2				
9	7	32	8	3	2	32	8	3	2				
9	8	28	7	3	2	28	7	3	2				
9	9	25	6	3	1	25	6	3	1	25	6	3	1
9	10	22	5	2	1	22	5	2	1				
10	2	139	34	15	8	143	34	15	8				
10	3	82	20	9	5	83	20	9	5				
10	4	59	14	6	3	60	14	6	3				
10	5	46	11	5	3	47	11	5	3				
10	6	38	9	4	2	38	9	4	2				
10	7	32	8	3	2	32	8	3	2				
10	8	28	7	3	2	28	7	3	2				
10	9	25	6	3	1	25	6	3	1				
10	10	22	5	2	1	22	5	2	1	22	5	2	1
15	2	130	31	14	7	131	31	14	8				
15	3	80	19	8	5	80	19	8	5				
15	4	58	14	6	3	58	14	6	3				
15	5	45	11	5	3	46	11	5	3				
20	2	125	30	13	7	126	30	13	7				
20	3	78	19	8	5	78	19	8	5				
20	4	57	14	6	3	57	14	6	3				
20	5	45	11	5	3	45	11	5	3				
25	2	122	29	13	7	123	30	13	7				
25	3	77	19	8	4	78	19	8	4				
25	4	57	14	6	3	57	14	6	3				
25	5	45	11	5	3	45	11	5	3				
30	2	121	29	13	7	121	29	13	7				
30	3	77	18	8	4	77	19	8	4				
30	4	57	14	6	3	57	14	6	3				
30	5	45	11	5	3	45	11	5	3				

Num cenário realista, apontado pelas variâncias entre as unidades experimentais em função do número de UEB (Tabela 1, Figura 2), observa-se, que a redução das variâncias é muito desprezível com número de UEB acima de 10. O mesmo comportamento pode ser verificado quando se avalia os coeficientes de variação entre as UEB em função dos diferentes tamanhos de parcela (Tabela 1). Desta forma, adoção de tamanho de parcela acima de 10 exigirá precisão muito menor que as verificadas neste trabalho, que estão entre 10 e 20%. De fato, em todos os cenários apontados foi detectado tamanho de parcela acima de 10 quando se usou precisão de 5%. Assim, recomenda-se que o tamanho de parcela não seja superior a 10 plântulas. De fato, se considerarmos uma precisão de 15%, serão necessários 9 plântulas por parcela, com uso de 5 a 30 tratamentos e quatro repetições (tabela 3) no delineamento de blocos ao acaso e no delineamento inteiramente casualizado.

## **Conclusões**

Na comparação entre delineamentos experimentais, o tamanho de parcela é maior no quadrado latino, seguido de blocos ao acaso e inteiramente ao acaso, sendo que esta diferença é mais acentuada quando menor for o número de tratamentos e de repetições usados.

Para um mesmo número de tratamentos e mesma precisão, o uso mais eficiente de área experimental se dá utilizando-se parcelas menores, com maior número de repetições, as quais demandam menor área em viveiro do que parcelas maiores, com menor número de repetições.

Para experimentos em delineamentos inteiramente acaso e em blocos ao acaso, com cinco ou mais tratamentos e quatro ou mais repetições, recomenda-se o uso de nove plântulas por parcela de 'Baixinho de Santa Amália' em viveiro, correspondendo a precisão de 15% da média.

## Referências Bibliográficas

- BRITO, M.C.M.; HUMADA-GONZÁLEZ, G.G.; MORAIS, A.R. de; MOREIRA, J.M. Avaliação do desempenho do algoritmo de reamostragem *bootstrap* na verificação da estimação do tamanho ótimo da parcela. **Revista da Estatística UFOP**, Ouro Preto, v.3, n.3, p.255-259, 2014.
- BRITO, M.C.M.; FARIA, G.A.; MORAIS, A.R. de; SOUZA, E.M. de; DANTAS, J.L.L. Estimação do tamanho ótimo de parcela via regressão antitônica. **Revista Brasileira Biometria**, São Paulo, v.30, n.3, p.353-366, 2012.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; ALVES, B.M.; BURIN, C.; NEU, I.M.; FACCO, G. Tamanho amostral para avaliar a massa de plantas de mucuna cinza. **Comunicata Scientiae**, João Pessoa, v.5, n.2, p.196-204, 2014.
- CIPRIANO, P.E.; COGO, F.D.; CAMPOS, K.A.; ALMEIDA, S.L.S de. Suficiência amostral para mudas de cafeeiro cv. Rubi. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v.4, n.1, p.61-66, abr. 2012.
- FIRMINO, R. de A.; COGO, F.D.; ALMEIDA, S.L.S. de; CAMPOS, K. A.; MORAIS, A.R. de. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com mudas de café Catuai Amarelo 2SL. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.6, n.1, p.9-12, 2012.
- HATHEWAY, W.H. Convenient plot size. **Agronomy Journal**, Madison, v.53, n.4, p.279-280, 1961.
- HENRIQUES NETO, D.; SEDIYAMA, T.; SOUZA, M.A. de; CECON, P.R.; YAMANAKA, C.H.; SEDIYAMA, M.A.N.; VIANA, A.E.S. Tamanho de parcelas em experimentos com trigo irrigado sob plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.6, p.517-524, 2004.
- LEITE, M.S.O.; PETERNELLI, L.A.; BARBOSA, M.H.P.; Effects of plot size on the estimation of genetic parameters in sugarcane families. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.6, p.40-46, 2006.
- LEVINE, D.M.; STEPHAN, D.F.; KREHBIEL, T.C.; BERENSON, M.L. **Estatística: teoria e aplicações usando Microsoft Excel em português**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2012. 832p.
- LORENTZ, L.H.; ERICHSEN, R.; LÚCIO, A.D. Proposta de método para estimação de tamanho de parcela para culturas agrícolas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.59, n.6, p.772-780, 2012.
- MATLAB version 7.10.0 (R2010a). Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc, 2010.
- MELO, A.S.; COSTA, C.X.; BRITO, M.E.B.; VIÉGAS, P.R.A.; SILVA JUNIOR, C.D. Produção de mudas de mamoeiro em diferentes substratos e doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.2, n.4, p.257-261, 2007.

- MEIER, V.D.; LESSMAN, K.J. Estimation of optimum Field plot shape and size for testing yield in *Crambe abyssinica* Hochst. **Crop Science**, Madison, v.11, n.5, p.648-650, 1971.
- MENGARDA, L.H.G.; LOPES, J.C.; BUFFON, R.B. Emergência e vigor de mudas de genótipos de mamoeiro em função da irradiância. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.44, n.3, p.325-333, 2014.
- MORAIS, A.R. de; ARAÚJO, A.G. de; PASQUAL, M.; PEIXOTO, A.P.B. Estimação do tamanho de parcela para experimento com cultura de tecidos em videira. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.35, n.1, p.113-124, 2014.
- PAIXÃO, M.V.S.; SCHMILDT, E.R.; MATTIELLO, H.N.; FERREGUETTI, G.A.; ALEXANDRE, R. S. Frações orgânicas e mineral da produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.4, p.1105-1112, 2012.
- PARANÁIBA, P.F.; FERREIRA, D.F.; MORAIS, A.R. de. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v.27, n.2, p.255-268, 2009.
- PEIXOTO, A.P.B.; FARIA, G.A.; MORAIS, A.R. de. Modelos de regressão com platô na estimativa do tamanho de parcelas em experimento de conservação *in vitro* de maracujazeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.11, p.1907-1913, 2011.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. Ed., Piracicaba: Fealq, 2009. 451p.
- R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>, Acesso: 4 de dezembro de 2014.
- SÁ, F.V. da S.; BRITO, M.E.B.; MELO A.S. de; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P.O.D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.10, p.1047-1054, 2013.
- SERRANO, L.A.L.; CATTANEO, L.F. ; FERREGUETTI, G.A. Adubo de liberação lenta na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.3, p.874-883, 2010.
- SMITH, H.F. An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.28, n.1, p.1-23, 1938.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3 ed. New York: MacGraw-Hill Book Companies. 1997. 666p.
- STORCK, L.; GARCIA, D.C.; LOPES, S.J.; ESTEFANEL, V. **Experimentação vegetal**, 3. ed. Santa Maria: UFSM, 2011. 198 p.
- ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. 5.ed., Upper Saddle River: Pearson, 2010. 944p.

## 4. CONCLUSÕES GERAIS

### Primeiro capítulo

Os métodos utilizados para determinação do tamanho ótimo de parcela se mostraram em concordância, passando segurança e credibilidade aos valores apresentados. Portanto, o tamanho ótimo para avaliação de mudas 'Golden Pecíolo Curto' é de cinco plântulas por parcela. O novo método para determinação do tamanho ótimo de parcela com uso de simulação bootstrap com reposição no método da máxima curvatura de Meier e Lessman (1971) se mostrou semelhante ao verificado para o método da máxima curvatura do coeficiente de variação segundo Paranaíba et al. (2009).

### Segundo capítulo

O número de plântulas por parcela para avaliação de mudas 'Baixinho de Santa Amália' usando o método de Hatheway (1961) é variável em função do número de tratamentos e de repetições, precisão assumida, do caráter em questão e do delineamento experimental.

Na comparação entre delineamentos experimentais, o tamanho de parcela é maior no quadrado latino, seguido de blocos ao acaso e inteiramente ao acaso, sendo que esta diferença é mais acentuada quando menor for o número de tratamentos e de repetições usados.

Recomenda-se o uso de nove plântulas por parcela na experimentação envolvendo a avaliação de mudas de mamoeiro 'Baixinho de Santa Amália' em viveiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO FILHO, G.C.; PAZ, J.S.; CASTRO, F.A. **Produtor de mamão**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, Instituto Centro de Ensino Tecnológico, 2004. 72p.

ARAÚJO, F.A.R.; MENEZES JUNIOR, J.C.; CAVALCANTE, L.F.; MESQUITA, E.F.; GONDIM, S.C.; DANTAS, T.A.G; CAVALCANTE, Í.H.L. Composição de macronutrientes em folhas de mamoeiro desenvolvido em solo com biofertilizante líquido. In: MARTINS, D. S. (Ed.). **Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão**. Vitória, ES: INCAPER, 2005. p.351-354.

BADILLO, M.V. Carica l. vs. Vasconcella St. Hil. (Caricaceae) com La rehabilitacion deste ultimo. **Ernstia**, p.70-72. 2002.

CARDOSO, D.L.; SILVA, R.F.; PEREIRA, M.G.; VIANA, A.P.; ARAÚJO, E.F. Diversidade genética e parâmetros genéticos relacionados à qualidade fisiológica de sementes em germoplasma de mamoeiro. **Revista Ceres**, v.56, n.5, p.572-579, 2009.

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

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; ALVES, B.M.; STEFANELLO, G.F.R.B. Tamanho de parcela para avaliar caracteres de tremoço branco em épocas de avaliação. **Ciência Rural**, v.45, n.2, p.206-214, 2015.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. ESALQ/USP. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/141/mamao.pdf>>. Acesso em: <04 jan. 2015>.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A. B. **Pós – colheita de frutos hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CIPRIANO, P.E.; FERREIRA JUNIOR, ALMEIDA, J.B.; ALMEIDA, S.L.S.; CAMPOS, K.A. Tamanho útil de parcela para produtividade de cafeeiro adulto. **Revista da Estatística**, v.3, n.3, p. 734-738, 2014.

COSTA, E.; LEAL, P.A.M.; SANTOS, L.C.R.; VIEIRA, L.C.R. Crescimento de mudas de mamoeiro conduzidas em diferentes ambientes protegidos, recipientes e substratos na região de Aquidauana, Estado do Mato Grosso do Sul. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v.32, n.3, p. 463-470, 2010.

DANTAS, J.L.L.; OLIVEIRA, E.J. O melhoramento genético do mamoeiro: avanços, desafios e perspectivas. In: **I SIMPÓSIO NORDESTINO DE GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS**, 2009, Fortaleza - CE. Anais: O melhoramento genético no contexto atual. Fortaleza - CE: Embrapa Agroindústria Tropical, v.1, 2009, p.151-180.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Production crops papayas 2013**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>. acesso em: <07 de fevereiro de 2015>.

FEDERER, W.T. **Experimental design: theory and application**. New York: MacMillan Publishing Company, 1955. 544p.

FERREIRA, J.P. **Precisão experimental para a cultura do mamoeiro à campo**. 2014. 50f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical), - Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2014.

FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 2.ed., v.1, 1985. 362p.

GASPARIN, E.; AVILA, A.L.; ARAUJO, M.M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; DORNELES, D.U.; FOLTZ, D.R.B. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.24, n.3, p.553-563, 2014.

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

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

LIMA, J.F.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casa de vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.5, p.1358-1363, 2007.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA, 2006. 640p.

LUGO, F.C. Tamaño de parcela experimental y su forma. **Revista de la Facultad Agronomia**, v.9, n.3, p.55-77, 1977.

LYRA, G.B. **Estimativa dos níveis ótimos econômicos de irrigação e de adubação nitrogenada nos mamoeiros (*Carica papaya* L.) Cultivar Golden e do**

**híbrido UENF Caliman 01.** 2007. 160 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ, 2007.

MAPA – **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Registro Nacional de Cultivares, disponível em: [http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php?txt\\_ordem=&postado=1&acao=pesquisar&first=M](http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php?txt_ordem=&postado=1&acao=pesquisar&first=M). Acesso em: <07 de fevereiro de 2015>

MARIN, S.L.D.; YAMANISHI, O.K.; MARTELLETO, L.A.P.; IDE, C.D. Hibridação do mamão. In: MARTINS, D. dos S. (Ed.). **Papaya Brasil:** qualidade do mamão para o mercado interno. Vitória: Incaper, 2003. p.175-220.

MELETTI, L.M.M; SAMPAIO, A.C; RUGGIERO, C. Avanços na fruticultura tropical no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.1, p.73-75, 2011.

MORAIS, A.R.; ARAÚJO, A.G.; PASQUAL, M.; PEIXOTO, A.P.B. Estimação do tamanho de parcela para experimento com cultura de tecidos em videira. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.1, p.113-124, 2014.

NAKASONE, H.Y., PAULL, R.E. **Tropical fruits:** Crop production Science in Horticulture. New York: Cab International, 1998. 445p.

OLIVEIRA, A.M.G.; CALDAS, R.C. Produção do mamoeiro em função de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.1, p.160-163, 2004.

OLIVEIRA, E.A.; CECON, P.R.; SILVA, F.F.; LIMA, C.G.; DONATO, S.L.R.; DIAS, C.T.S. Componentes principais na estimativa do tamanho ótimo de parcelas em experimentos envolvendo genótipos de bananeira. **Revista Brasileira de Biometria**, v.32, n.2, p.190-200, 2014.

PAIXÃO, M.V.S.; SCHMILDT, E.R.; MATTIELLO, H.N.; FERREGUETTI, G.A.; ALEXANDRE, R.S. Frações orgânicas e mineral da produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.4, p.1105-1112, 2012.

PARANAÍBA, P.F.; FERREIRA, D.F.; MORAIS, A.R. de. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimativa. **Revista Brasileira de Biometria**, v.27, n.2, 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, n.1, p.81-90, 2009b.

RAMOS, J.D.; CHALFUN, N.N.J.; PASQUAL, M.; RUFINI, J.C.M. Produção de mudas de plantas frutíferas por semente. **Informe Agropecuário**, v.23, n.216, p.64-72, 2002.

RUGGIERO, C.; DURIGAN, J.F.; NATALE, W.; OLIVEIRA, C.A.L. de; BENASSI, A. C. Mamão. In: DONADIO, L.C. (Org.). **História da fruticultura paulista.** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, p.210-234, 2010.

RUGGIERO, C.; GOTTARDI, M.V.C.; SANTOS, S.C.; MENEGUCI, R.F.S. Situação da cultura do mamoeiro no Brasil. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A.F.S. (Ed.). **A cultura do mamoeiro: tecnologia de produção**. Vitória: Incaper, 2003. p.35-56.

RUGGIERO, C.; MARIN, S.L.D.; DURIGAN, J.F. Mamão, uma história de sucesso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.especial, p. 76-82, 2011.

SALOMÃO, L.C.C.; SIQUEIRA, D.L.; SANTOS, D.; BORBA, N.A. **Cultivo do mamoeiro**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 74p.

SERRANO L.A.L.; CATTANEO, L.F. O cultivo do mamoeiro no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.3, p.657-959, 2010.

SILVA, F.F.; PEREIRA, M.G.; DAMASCENO JUNIOR, P.C.; DAHER, R.F.; PEREIRA, T.N.S.; SOUZA FILHO, G.A.; VIANA, A.P.; FERREGUETTI, G.A. Monitoring of the genetic variability in papaya parent 'Formosa' of 'UENF/CALIMAN 01' hybrid via RAPD. **Coop Breeding and Applied Biotechnology**, v.7, p.36-42, 2007.

SMIDERLE O.J.; SALIBE A.B.; HAYASHI A.H.; MINAMI K. Produção de mudas de alface, pepino e pimentão em substratos combinando areia, solo e Plantmax®. **Horticultura Brasileira**, v.19, p.253-257, 2001.

SMIDERLE, E.C.; BOTELHO, F.B.S.; GUILHERME, S.R.; ARANTES, S.A.C.M.; BOTELH, R.T.C.; ARANTES, K.R. Tamanho de parcelas experimentais para a seleção de genótipos na cultura do feijoeiro. **Comunicata Scientiae**, v.5, n.1, p.51-58, 2014.

SOUSA, R.P.; SILVA, P.S.L.; ASSIS, J.P.; SILVA, J.; OLIVEIRA, V.R.; OLIVEIRA, A.M.P. Tamanho ótimo de parcela para avaliação do rendimento de grãos do girassol. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.1, p.21-26, 2015.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. New York: McGraw-Hill, 1960. 481p.

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

VIEIRA, M.R.; CORREA, L.S.; CASTRO, T.M.G.; SILVA, L.F.S.; MONTEVERDE, M.S. Efeito do cultivo do mamoeiro (*Carica papaya* L.) em ambiente protegido sobre a ocorrência de ácaros fitófagos e moscas-brancas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.3, p.441-445, 2004.

VOYSEST, O. Tamaño de parcela. In: LÓPEZ, M.F.; SCHOONHOVEN, A.V. (Ed.). **Frijol: investigación y producción**. Cali: CIAT, 1985. p.409-417.