

WILLERSON CUSTÓDIO DA SILVA

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA ESTIMAR O TAMANHO
ÓTIMO DE PARCELA EM BANANEIRA**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Estatística Aplicada e Biometria, para
obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

WILLERSON CUSTÓDIO DA SILVA

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA ESTIMAR O TAMANHO
ÓTIMO DE PARCELA EM BANANEIRA**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Estatística Aplicada e Biometria, para
obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

APROVADA: 12 fevereiro de 2010.

Prof. Antonio Policarpo Souza Carneiro
(Coorientador)

Prof. Fabyano Fonseca e Silva
(Coorientador)

Prof. Sebastião Martins Filho

Prof. Mário Puiatti

Prof. Paulo Roberto Cecon
(Orientador)

Confia ao Senhor as tuas obras, e teus pensamentos serão estabelecidos.
(Provérbios 16:3)

A DEUS dedico esta vitória.

À minha mãe, uma mulher batalhadora, que com muitas lutas criou a mim e meus irmãos, de forma correta e honesta.

À minha irmã Rosangela, que na hora mais difícil de minha vida esteve sempre ao meu lado me dando total apoio e cobertura espiritual.

À minha sobrinha Jéssica, que com a sua presença em minha vida muito me ajudou com suas atitudes de fé e esperança.

À minha avó Maria Paulina, fonte de orações e exemplo de fé.

Aos meus amigos de trabalho, que sempre estiveram prontos para me ajudar nas horas em que eu precisava.

A toda a minha família, que direta ou indiretamente me ajudou nesta conquista.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, por ter-me concedido esta bênção e me sustentado durante todo o Curso, com sua Destra forte e poderosa, capacitando-me onde eu sozinho jamais teria conseguido.

À minha mãe, por nunca ter-me abandonado e por sempre ter estado ao meu lado, contribuindo para que eu conquistasse as bênçãos de DEUS em minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa, por me acolher como estudante durante todo esse tempo.

À minha família, aos meus irmãos e aos meus sobrinhos, por terem estado ao meu lado sempre, incentivando-me e apoiando-me nas horas mais difíceis.

Ao Professor Paulo Roberto Cecon, por ter-me recebido de braços abertos e, com sua maneira de ser, me fez acreditar que era possível eu conseguir e, sempre que o procurava, ele estava pronto para me orientar naquilo que deveria ser feito. Obrigado por essa grande oportunidade de eu ter sido seu aluno e seu orientado, pois você é um exemplo de vida. Toda a sua dedicação e carinho me fizeram sempre acreditar que eu podia conseguir. Mesmo sabendo de minhas limitações, você não me abandonou, esteve sempre me estimulando a conseguir os meus objetivos. Cecon, com certeza, você será sempre aquele em quem eu me espelharei para realizar o

meu trabalho; você não é simplesmente um professor, mas sim um grande educador. Que DEUS abençoe infinitamente você e sua família.

Aos meus coorientadores, Professores Fabyano Fonseca e Silva e Antonio Policarpo S. Carneiro, pela prontidão com que me ajudaram naquilo em que eu os requisitava.

Ao Sérgio Donato Luiz Rodrigues, pela atenção e disposição dos dados que foram trabalhados.

À irmã Maria Damasceno, por ter sempre me coberto espiritualmente com suas orações de fé e amor.

À igreja do Evangelho Quadrangular, por ter me recebido com o coração aberto.

A todos do corpo docente do Departamento de Estatística da Universidade Federal de Viçosa, pela formação e pelos conhecimentos recebidos.

Ao Altino Alves de Souza Filho, por se prontificar sempre em me ajudar nas mais simples dúvidas a respeito da burocracia do mestrado e por sempre me receber em sua sala com alegria e sorriso contagiante, fazendo com que eu me sentisse seguro e acolhido no Departamento.

Ao meu amigo Fernando Bastos, por, com paciência e dedicação, ter estado sempre ao meu lado, esclarecendo minhas dúvidas e me auxiliando no que fosse necessário.

Ao Bruno, funcionário da LC Copiadora, pela paciência e atenção durante todo o processo de impressão deste trabalho.

A todos os meus colegas do mestrado e da graduação, por terem-me ajudado e contribuído, direta ou indiretamente, para o alcance desta conquista.

BIOGRAFIA

WILLERSON CUSTÓDIO DA SILVA, filho de José Custódio Neto e Maria Madalena Custódio, nascido no dia 30 de dezembro de 1972, na cidade de Itabira, MG.

Cursou o técnico profissionalizante em Metalurgia na cidade de Timóteo, na escola CTIM.

Em 1994, ingressou no Curso de Matemática da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG.

Antes mesmo de sua formação acadêmica, já trabalhava como professor do Ensino Básico nas escolas de Viçosa.

Em 2007, entrou como estudante não vinculado na Universidade Federal de Viçosa e, em 2008, foi selecionado para o Programa de Estatística Aplicada e Biometria do Departamento de Estatística da UFRV, submetendo-se à defesa da dissertação em fevereiro de 2010.

Atualmente, é Professor Efetivo do Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Governador Valadares, MG.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Importância da Bananicultura	3
2.2. Tamanho de parcela e precisão experimental	4
2.3. Determinação do tamanho ótimo de parcela	5
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1. Avaliações dos caracteres	12
3.1.1. Caracteres observados na época do florescimento	13
3.1.1.1. Altura da planta (AP)	13
3.1.1.2. Perímetro do pseudocaule (PPC)	13
3.1.1.3. Número de folhas vivas no florescimento (NFV)	13
3.1.1.4. Número de filhos emitidos até o florescimento (NFF) ..	13
3.1.2. Caracteres observados na época da colheita do cacho.....	13
3.1.2.1. Número de folhas vivas na colheita (NFVC)	14
3.2. Método para a determinação do tamanho ótimo de parcela	14
3.2.1. Método da Máxima Curvatura (MMC)	14
3.2.2. Método da Máxima Curvatura Modificado (MMCM)	15

	Página
3.2.3. Modelo Linear de Resposta Platô (MLRP).....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1. Método da máxima curvatura.....	18
4.2. Método da máxima curvatura modificada	22
4.3. Método do modelo linear de resposta platô	25
5. CONCLUSÕES.....	29
6. REFERÊNCIAS	30

RESUMO

SILVA, Willerson Custódio da, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2010. **Comparação de métodos para estimar o tamanho ótimo de parcela em bananeira.** Orientador: Paulo Roberto Cecon. Coorientadores: Fabyano Fonseca e Silva, Antonio Policarpo S. Carneiro e Luiz Alexandre Peternelli.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os métodos da Máxima Curvatura, Máxima Curvatura Modificado e Modelo Linear de Resposta Platô na determinação de tamanho ótimo de parcela, uma vez que os métodos tradicionais da Máxima Curvatura e Máxima Curvatura Modificado superestimam e subestimam, respectivamente, o tamanho da unidade básica. Por essa razão, foi proposta neste trabalho a comparação entre esses métodos e o método do Modelo Linear de Resposta Platô, considerando-se dados de genótipos de bananeira. Avaliaram-se os caracteres vegetativos altura da planta, perímetro do pseudocaule, número de folhas vivas no florescimento, número de filhos emitidos até o florescimento e número de folhas vivas na colheita. Nessa avaliação, cada planta foi julgada como uma unidade básica (ub) com área de 6 m², perfazendo, assim, 360 unidades, cujas adjacentes foram combinadas de modo a formar 23 tamanhos de parcelas preestabelecidas, com formatos retangulares dispostos em fileiras. Os resultados indicaram que os tamanhos

de parcela variaram com o método utilizado e a variável avaliada. No método da Máxima Curvatura, o tamanho da unidade básica variou entre 17,5 para Número de Filhos Emitidos no Florescimento (NFF) e 20,5 para Número de Folhas Vivas após a Colheita (NFVC), enquanto o coeficiente de variação variou entre 3,2 para Altura da Planta (AP) e 5,3 para Número de Folhas Vivas após a Colheita (NFVC). No método da Máxima Curvatura Modificado, o tamanho da unidade básica variou entre 0,74 para Altura da Planta (AP) e 6,88 para Número de Filhos Emitidos no Florescimento (NFF), enquanto o coeficiente de variação variou entre 5,2 para Altura da Planta (AP) e 13,84 para Número de Filhos Emitidos no Florescimento (NFF). Pelo método do Modelo Linear de Resposta Platô, o tamanho da unidade básica variou entre 10,50 para Número de Folhas Vivas (NFV) e 13,22 para Número de Filhos Emitidos no Florescimento (NFF), enquanto o coeficiente de determinação variou de 71,77% para Número de Filhos Emitidos no Florescimento (NFF) a 80,33% para Número de Folhas Vivas (NFV). Dessa forma, recomenda-se a utilização simultânea de mais de um método para determinação do tamanho ótimo da parcela, a fim de que o tamanho realmente adotado atenda, na medida do possível, aos diversos fatores considerados em cada método.

ABSTRACT

SILVA, Willerson Custodio da, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2010. **Comparison of methods to estimate the optimum plot size in musa.** Adviser: Paulo Roberto Cecon. Co-Advisers: Fabyano Fonseca e Silva, Antonio Policarpo S. Carneiro and Luiz Alexandre Peternelli.

The objective of this study was to evaluate the methods of maximum curvature, modified maximum curvature and linear model Response Plateau, in determining the optimum plot size, since the traditional methods of maximum curvature and Modified maximum curvature respectively underestimate and overestimate the size of the basic unit. For this reason a comparison between these methods and the method of Linear Model Response Plateau and the data are genotypes was proposed in this paper. We evaluated the vegetative characteristics, plant height, pseudostem circumference, number of green leaves at flowering, number of offspring produced at flowering and the number of green leaves at harvest. In the evaluation, each plant was treated as a basic unit (ub) with an area of 6 m², thus making up 360 units, which were combined adjacently to form 23 pre-set plot sizes, in rectangular shaped molds. The results showed that the plot sizes vary with the method used and the variable evaluated. In the method of maximum curvature the basic unit size ranged from 17.5 for the number of

offspring at flowering (NFF) to 20.5 for the number of green leaves after harvest (NFVC), while the coefficient of variation ranged from 3.2 for plant height (AP) to 5.3 for the number of green leaves after harvest (NFVC). For the method of modified maximum curvature, the size of the basic unit ranged from 0.74 for plant height (AP) to 6.88 for the number of offspring at flowering (NFF), while the coefficient of variation ranged from 5.2 for plant height (AP) to 13.84 for the number of offspring at flowering (NFF). In the linear model response plateau the size of the basic unit ranged from 10.50 for the number of green leaves (NFV) to 13.22 for the number of offspring at flowering (NFF), while the coefficient of determination ranged from 71.77% for the number of offspring at flowering (NFF) to 80.33% for the number of green leaves (NFV). Thus, it is recommended to simultaneously use more than one method to determine the optimum plot size so that the size adopted attends to the needs, as far as possible, of the various factors considered in each method.

1. INTRODUÇÃO

Símbolo dos países tropicais e muito conhecida no mundo todo, a banana, fruto da bananeira, é a fruta mais popular do Brasil. Embora não seja nativa do continente americano, pois é originária do Sul da Ásia e da Indonésia, adaptou-se muito bem ao nosso solo e clima e se transformou num dos principais produtos de exportação do país. A banana é o quarto alimento mais produzido no mundo, só fica atrás do arroz, trigo e milho. É cultivada em praticamente todas as regiões tropicais do planeta é uma fruta de alto valor nutritivo, muito rica em açúcares e sais minerais, principalmente cálcio, fósforo, ferro, e vitaminas A, B1, B2 e C (DAMATTO, 2005).

O mercado interno consome praticamente toda a produção nacional, com um consumo *per capita* de 29,0 kg/ano (GONÇALVES et al., 2008). A banana foi a fruta mais produzida no mundo em 2004, com uma área total de 4,54 milhões de hectares, em 128 países, produzindo 70,59 milhões de toneladas. Os principais países produtores são: Índia, Brasil, China, Equador e Filipinas, representando 58% da produção mundial dessa fruta (FAO, 2009).

A banana Maçã é uma das variedades mais apreciadas pelos brasileiros, mas sua alta suscetibilidade ao mal-do-Panamá limitou o seu cultivo em todo o território nacional. Diante disso, a *Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical* buscou soluções para o problema, por meio de seu

Programa de Melhoramento Genético, com o objetivo de obter cultivares tipo Maçã, que, por ora, resultaram no lançamento do híbrido Tropical (YB42-21).

Segundo Carvalho (1995) os caracteres normalmente estudados em trabalhos de avaliação e caracterização de genótipos de bananeira são: altura da planta, perímetro do pseudocaule, peso do cacho, número de frutos por cacho, comprimento e diâmetro dos frutos, pois esses são considerados relevantes para a identificação e seleção de indivíduos geneticamente superiores. Porém, para conduzir experimento de alta precisão é necessário estimar o tamanho de parcela e o número de repetições, que são questões práticas pertinentes ao planejamento experimental, e sua caracterização de forma otimizada é crucial para o aumento da precisão do experimento. O estudo dessas estimativas possibilita verificar a sua variação com espécie, cultivar, porte da planta, local, época da avaliação e forma da parcela.

O erro experimental é estimado mediante a aplicação da repetição, um dos princípios básicos da experimentação, e a utilização de parcelas muito grandes pode levar a poucas repetições e acarretar grande risco para a precisão experimental. Dessa forma, torna-se extremamente importante a utilização de métodos adequados de determinação do tamanho ótimo de parcelas.

Em relação aos métodos tradicionalmente utilizados para determinação do tamanho de parcela, o da Máxima Curvatura Modificado tem gerado tamanhos de parcelas muito pequenos, enquanto o método da Máxima Curvatura, além de ser subjetivo, proporciona tamanhos muito grandes (PARANAÍBA 2007).

Por essas razões, este trabalho teve como objetivo a utilização do método Modelo Linear de Resposta Platô e sua comparação com os métodos da Máxima Curvatura Modificado e o método da Máxima Curvatura, utilizando-se dados vegetativos genotípicos de bananeira.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância da Bananicultura

A banana constitui-se em fonte importante na alimentação do homem, dado o seu valor calorífico, energético e, principalmente, o seu conteúdo mineral e de vitaminas, sendo uma das frutas mais produzidas e consumidas no Brasil (TERUEL et al., 2002). É a principal fruta destinada ao consumo *in natura*. A Índia é o maior produtor mundial de banana, enquanto o Brasil ocupa o 2º lugar, com cerca de 9% do que é produzido mundialmente. A bananicultura ocorre em todos os Estados brasileiros e é prática comum entre os agricultores familiares (ABRAHÃO et al., 2008).

Segundo Lichtemberg (1999), a boa aceitação da banana se deve aos seus aspectos sensoriais e valor nutricional, consistindo em fonte energética graças à presença de carboidratos e minerais, como potássio e vitaminas. A casca da banana é uma "embalagem" individual, de fácil remoção, higiênica e, portanto, prática e conveniente. A ausência de suco na polpa e de sementes duras e a sua disponibilidade durante todo o ano também contribuem para a sua aceitação.

Dados do AGRIANUAL (2007) apontam que, apesar da grande quantidade de frutas produzida no país, destaca-se a enorme perda dos frutos, podendo chegar até 15 milhões de toneladas por ano. Entre as diversas causas que provocam esses desperdícios, ressalta-se o uso de

embalagens inadequadas durante as etapas de transporte, armazenamento e comercialização.

2.2. Tamanho de parcela e precisão experimental

Uma eficiente comparação de diferentes tratamentos em experimentos depende da precisão experimental. Quando a magnitude da diferença a ser detectada é pequena, ou o erro experimental é grande, o número ideal de repetições pode ser muito elevado para os recursos disponíveis, sendo necessário pesquisar outras maneiras de aumentar a precisão, como a mudança do tamanho da parcela (LIN; BINNS, 1984).

O tamanho e forma das parcelas não podem ser generalizados, pois variam com o solo e com a cultura. Sua determinação deve ser feita em cada cultura e cada local em que ocorram condições climáticas e de solo diferentes das que já tenham sido determinadas (OLIVEIRA; ESTEFANEL, 1995).

O tamanho da parcela influencia diretamente a precisão e o valor dos dados experimentais obtidos. Além da precisão estatística, existem outros aspectos importantes para determinar o tamanho ideal da parcela, como: tipo de cultura, número de tratamentos, nível de tecnologia empregada no cultivo e disponibilidade de área e recursos financeiros (BUENO; GOMES, 1983).

Para Durner (1989), o tamanho da parcela é de grande importância em experimentos de campo. Parcelas pequenas aumentam o número de repetições, mas parcelas grandes têm menor variância e são estatisticamente mais desejáveis.

Hatheway e Wiliams (1958) afirmam que o tamanho ideal da parcela depende da relação entre os custos fixos e os custos que variam com as parcelas e a variabilidade do solo.

De acordo com Cobo Munoz (1992), o tamanho e a forma da parcela, a heterogeneidade do solo e o coeficiente da variação são os fatores que mais influenciam a estimativa da produção, em experimentos de campo.

Para Vallejo e Mendonza (1992), o tamanho ótimo da parcela depende da natureza do material experimental, do delineamento adotado, do número de repetições e da disponibilidade de recursos.

O tamanho das parcelas pode assumir grande variação. Parcelas muito pequenas podem até ser utilizadas, mas o que de fato ocorre é que, na maioria das vezes, elas devem ser evitadas.

Segundo Le Clerg (1967), as principais fontes de variação em experimentos de campo são a heterogeneidade do solo e a variabilidade genética do material.

Para Steel e Torrie (1980), a característica de todo material experimental é a variação, que apresenta duas fontes: aquela que é inerente à variabilidade existente no material experimental em que os tratamentos foram aplicados e a variação que resulta da falta de uniformidade do meio onde o experimento é conduzido. De forma geral, as parcelas grandes apresentam menor variação que as parcelas menores.

De acordo com Federer (1955), na determinação do tamanho ótimo da parcela experimental devem ser considerados fatores como: considerações práticas, natureza do material experimental, número de tratamentos por bloco, variabilidade entre indivíduos ou unidades dentro da parcela experimental e os custos por parcela.

Para resolver o problema da determinação do tamanho ótimo de parcelas, vários métodos têm sido relatados na literatura. Ao longo dos anos, as metodologias foram se tornando mais eficientes e específicas e utilizando ferramentas estatísticas que possibilitam a estimação precisa dos parâmetros de interesse do pesquisador (LEITE, 2007).

2.3. Determinação do tamanho ótimo de parcela

Vários métodos são empregados para estimar o tamanho ótimo da parcela experimental, e a maioria deles se baseia na utilização de ensaios em branco, também conhecidos como ensaios de uniformidade, nos quais toda a área experimental é plantada com uma única cultivar, utilizando-se práticas idênticas de cultivo, sem efeitos de tratamentos.

A maioria dos experimentos agrícolas para determinação do tamanho adequado das parcelas com diferentes culturas, segundo Vallejo e Mendonza (1992), Ortiz (1995), Viana et al. (2002) e Henriques Neto et al. (2004), é realizada com ensaios de uniformidade, a partir dos quais são calculados a variância e o coeficiente de variação dos diferentes dimensões de parcelas avaliadas.

De acordo com Donato (2007), a definição do número de plantas úteis por parcela, em experimentos de avaliação de genótipos de bananeira, apresenta caráter empírico, baseado na experiência do pesquisador. Por exemplo, uma planta por parcela (SILVA et al., 2000), seis plantas (DONATO et al., 2007), 12 plantas (PEREIRA et al., 2002), 16 plantas (OLIVEIRA et al., 2007) e 25 plantas (LEITE et al., 2003). Desde a década de 1930 até hoje, as discussões acerca de estimativas de tamanho ótimo de parcelas para diferentes cultivos é bastante extensa.

Apesar disso, mesmo ao se fixar determinada espécie, o tamanho ideal da parcela pode variar com o solo, características avaliadas, local do ensaio, época da avaliação, recursos e práticas de manejo no local de experimentação e método de estimativa. Adicionalmente, aumentos de produtividade, como consequência da elevada evolução tecnológica e de melhoramento genético, tendem a ser de pequena magnitude (DONATO, 2007).

Em experimentos com bananeira cultivar Valery (AAA), quanto à característica peso do cacho, Ortiz (1995) encontrou tamanho ótimo de parcela de 120 m² (20 plantas), em cultivo em consórcio, e de 240 m² (40 plantas) em cultivo solteiro, valores superiores aos estimados. Segundo Donato (2007), o tamanho ótimo da parcela estimado pelo método da máxima curvatura não depende diretamente da magnitude do CV, mas do comportamento desse índice em resposta aos aumentos no tamanho da unidade experimental.

Smith (1938) desenvolveu uma forma empírica, conhecida como Lei da Variância de Smith, para determinar o melhor tamanho de parcela. Por ela, calcula-se o coeficiente de regressão “b” entre o logaritmo da variância da parcela por unidade básica e o logaritmo do número de unidades. O valor

de “b” mede a heterogeneidade do solo, e seu valor esperado varia de zero a 1, sendo baixo em solos homogêneos e altos em solos heterogêneos.

Storck (1980) comparou diferentes métodos de estimação do índice de heterogeneidade do solo e do tamanho de parcelas experimentais para a cultura da soja e os resultados evidenciaram que os melhores métodos foram os de Ray et al. (1973) e o da Máxima Curvatura Modificado (LESSMAN; ALTKINS, 1963), respectivamente.

Blake (citado por SIMPLÍCIO, 1987), utilizando o método da máxima curvatura, verificou que parcelas de uma planta apresentaram coeficiente de variação maior do que as parcelas de múltiplas plantas por parcela. O número de repetições reduzia com a utilização de parcelas maiores, mas havia necessidade de maior número de árvore no experimento, sendo, portanto, menos eficiente o emprego de parcelas grandes.

Segundo Donato (2007) e Viana et al. (2002), no método da máxima curvatura modificado a determinação algébrica do ponto de máxima curvatura X_0 resulta em maior precisão, pois a relação entre CV e tamanho de parcela é explicada por meio de equação de regressão, porém resulta em valores não necessariamente inteiros .

No trabalho apresentado por Donato (2007), o método da máxima curvatura mostrou maior proximidade dos valores estimados. Pelo método da máxima curvatura modificado, estimaram-se tamanhos de parcelas menores, relativamente aos demais, comportamento também observado por outros autores (VIANA et al., 2002; HENRIQUES NETO et al., 2004). Os tamanhos de parcela estimados pelo método da comparação de variâncias mostraram maior variação entre os valores.

Quanto à seleção do melhor método para estimativa do tamanho adequado de parcela, há muita divergência na literatura. Ortiz (1995) trabalhou com bananeira e considerou como mais adequado o método da comparação de variâncias, em relação ao método da máxima curvatura. Entretanto, Zanon e Storck (2000) em estudos com eucalipto e Lopes et al. (2005) com sorgo consideraram o método da máxima curvatura modificado o mais adequado, opinião também compartilhada por Viana et al (2002) em trabalho com mandioca, os quais argumentam como vantagens desse

método: o estabelecimento de uma equação de regressão, que normalmente apresenta altos valores de coeficientes de determinação; o aumento da confiabilidade das estimativas; e a possibilidade de associação com a diferença entre médias a ser detectada como informação adicional importante em planejamento experimental. Aliados a esses argumentos, valem ressaltar outros inconvenientes concernentes a outros métodos.

O método da máxima curvatura modificada é um dos mais utilizados em estudos para determinar tamanho ótimo de parcelas ou tamanho de amostra. Todavia, pelo fato de o aumento do tamanho da amostra promover ganho significativo na precisão experimental, visto que o vértice da curva do coeficiente de variação tende a ocorrer na região de amostras reduzidas, esse método tende a subestimar o número ótimo de plantas por parcela. Assim, na região imediatamente superior ao ponto de curvatura máxima (X_0) ainda ocorre considerável redução nos valores dos coeficientes de variação (CV), com o aumento do tamanho amostral.

Outro aspecto importante é que, ao estabelecer uma equação de regressão para explicar a relação entre tamanho de amostra e coeficiente de variação, outros fatores podem estar envolvidos. Segundo Chaves (1985), o valor da abscissa no ponto da curvatura máxima deve ser interpretado como o limite mínimo de tamanho de parcela e não o tamanho apropriado. Essa interpretação encontra apoio no trabalho original de Lessman e Atkins (1963), os quais propuseram a notação de ponto crítico e não ponto ótimo.

Na maioria das metodologias, o coeficiente de variação é o parâmetro mais utilizado nos estudos de tamanho amostral. Uma das técnicas mais simples é a comparação do coeficiente de variação obtidos nas análises de variância realizadas com diferentes tamanhos amostrais. Esse procedimento foi realizado por Silva et al. (1997) em milho e sorgo, respectivamente.

As literaturas apresentam vários métodos para calcular o tamanho ideal de parcela, sendo o mais utilizado o método da Máxima Curvatura (DONATO et al., 2007). Porém, recentemente, métodos fundamentados no ajuste de modelos de regressão segmentada vêm sendo utilizado com sucesso (PARANAÍBA, 2007).

Os modelos segmentados podem ser utilizados no contexto de dimensionamento de tamanhos ótimos de parcela ou tamanho de amostra. Entre os modelos segmentados, existe o Modelo Linear de Resposta Platô (MLRP). O modelo possui dois segmentos, dos quais o primeiro descreve uma reta crescente ou decrescente até uma altura P , que é o platô. A partir desse ponto, o valor P é constante, caracterizando o segundo segmento (FERREIRA, 2006). A teoria dos modelos lineares segmentados com platô foi aplicada, de forma pioneira, em culturas como arroz, trigo e mandioca (PARANAÍBA, 2007). Esse autor conclui que a metodologia é adequada para a determinação do tamanho ótimo de parcela, pois o método da Máxima Curvatura subestima o tamanho da Unidade Básica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho foram provenientes de um experimento implantado num Latossolo Vermelho-Amarelo, distrófico típico A fraco, textura média fase caatinga hipoxerófila, relevo plano a suavemente ondulado na área experimental da Escola Agrotécnica Federal Antônio José Teixeira, localizada no Município de Guanambi, Microrregião da Serra Geral, Sudoeste da Bahia, distando 108 km da margem direita do rio São Francisco e cerca de 90 km da divisa Minas-Bahia, com latitude de 14°13'30" sul, longitude de 42°46'53" oeste de Greenwich, altitude de 525 m e com as médias anuais: precipitação de 663,69 mm e temperatura média de 26 °C.

O experimento constituiu-se de um ensaio de uniformidade com a cultivar Tropical (YB42-21), híbrido tetraploide tipo Maçã, grupo genômico AAAB, gerado e selecionado pela Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. O espaçamento usado foi o de 3 m x 2 m, formado de 11 fileiras de 52 plantas cada, perfazendo um total de 572 plantas, numa área de 3.432 m², sendo consideradas como área útil as nove fileiras centrais com 50 plantas, com um total de 450 plantas e área de 2.700 m². Nas avaliações, que foram procedidas em dois ciclos de produção, cada planta foi considerada como uma unidade básica (ub), com área de 6 m², sendo, assim, 450 unidades básicas (ub), de cuja combinação foram formados os diferentes tamanhos e formas de parcelas. A unidade básica consta de uma planta devidamente identificada por sua posição na linha e na coluna, de forma a simular

parcelas de diferentes formas e tamanhos. Assim, a partir do mapa do ensaio em branco com as respectivas características avaliadas no primeiro e segundo ciclos de produção das plantas devidamente numeradas e identificadas nas linhas e colunas, puderam-se agrupar as 360 unidades básicas de 23 modos distintos, como descrito a seguir:

- a) 2 parcelas retangulares de 9 fileiras x 20 plantas por fileira (180 plantas cada, 1.080 m²);
- b) 3 parcelas retangulares de 3 fileiras x 40 plantas por fileira (120 plantas cada, 720 m²);
- c) 4 parcelas retangulares de 9 fileiras x 10 plantas por fileira (90 plantas cada, 540 m²);
- d) 5 parcelas retangulares de 9 fileiras x 8 plantas por fileira (72 plantas cada, 432 m²);
- e) 6 parcelas retangulares de 3 fileiras x 20 plantas por fileira (60 plantas cada, 360 m²);
- f) 8 parcelas retangulares de 9 fileiras x 5 plantas por fileira (45 plantas cada, 270 m²);
- g) 9 parcelas em fileira de 1 fileira x 40 plantas por fileira (40 plantas cada, 240 m²);
- h) 10 parcelas retangulares de 9 fileiras x 4 plantas por fileira (36 plantas cada, 216 m²);
- i) 12 parcelas retangulares de 3 fileiras x 10 plantas por fileira (30 plantas cada, 180 m²);
- j) 15 parcelas retangulares de 3 fileiras x 8 plantas por fileira (24 plantas cada, 144 m²);
- k) 18 parcelas em fileira de 1 fileira x 20 plantas por fileira (20 plantas cada, 120 m²);
- l) 20 parcelas retangulares de 9 fileiras x 2 plantas por fileira (18 plantas cada, 108 m²);
- m) 24 parcelas retangulares de 3 fileiras x 5 plantas por fileira (15 plantas cada, 90 m²);
- n) 30 parcelas retangulares de 3 fileiras x 4 plantas por fileira (12 plantas cada, 72 m²);

- o) 36 parcelas em fileira de 1 fileira x 10 plantas por fileira (10 plantas cada, 60 m²);
- p) 40 parcelas em fileira de 9 fileiras x 1 planta por fileira (9 plantas cada, 54 m²);
- q) 45 parcelas em fileira de 1 fileira x 8 plantas por fileira (8 plantas cada, 48 m²);
- r) 60 parcelas retangulares de 3 fileiras x 2 plantas por fileira (6 plantas cada, 36 m²);
- s) 72 parcelas em fileira de 1 fileira x 5 plantas por fileira (5 plantas cada, 30 m²);
- t) 90 parcelas em fileira de 1 fileira x 4 plantas por fileira (4 plantas cada, 24 m²);
- u) 120 parcelas em fileira de 3 fileiras x 1 planta por fileira (3 plantas cada, 18 m²);
- v) 180 parcelas em fileira de 1 fileira x 2 plantas por fileira (2 plantas cada, 12 m²); e
- w) 360 parcelas de 1 fileira x 1 planta por fileira (1 planta cada, 6 m²).

O sistema de irrigação utilizado foi o de aspersão convencional fixo com aspersores de subcopia. A implantação e todos os tratos culturais utilizados na cultura foram baseados em recomendações técnicas (ALVES, 1997; MOREIRA, 1999; RODRIGUES et al., 2001) e as adubações, baseadas em análise de solo e de folha (MOREIRA, 1999; SILVA et al., 1999).

3.1. Avaliações dos caracteres

As avaliações foram efetuadas na fase de florescimento e de colheita dos cachos no segundo ciclo de produção. Foram mensurados os descritores fenotípicos relevantes e normalmente utilizados na caracterização de genótipos de bananeira, seguindo-se a metodologia proposta (CARVALHO, 1995; SILVA, 1999), como apresentado nos tópicos subsequentes.

3.1.1. Caracteres observados na época do florescimento

3.1.1.1. Altura da planta (AP)

Foi avaliada, utilizando-se uma trena de 5 m, para medir a distância em centímetros da base do pseudocaule até a roseta foliar, na altura da inserção do engaço no pseudocaule. É denominada roseta foliar a região delimitada no pseudocaule entre a folha mais velha e a mais nova, considerando-se a posição da inserção do pecíolo no pseudocaule (limite pecíolo-bainha), sendo essa distância maior nas plantas jovens e menor nas plantas adultas que já floresceram.

3.1.1.2. Perímetro do pseudocaule (PPC)

A medida foi feita com uma fita métrica, medindo-se a circunferência do pseudocaule em centímetros, a uma altura de 30 cm do solo.

3.1.1.3. Número de folhas vivas no florescimento (NFV)

O número de folhas vivas presentes nas plantas na época do florescimento foi contado, considerando-se como viva ou funcional a folha que possuir mais de 50% do limbo verde, ainda que rasgado.

3.1.1.4. Número de filhos emitidos até o florescimento (NFF)

Foi contado o número de filhos emitidos pela planta até a época do florescimento.

3.1.2. Caracteres observados na época da colheita do cacho

Os cachos foram colhidos com a observação dos critérios de colheita com base no diâmetro ou calibre do fruto da fileira externa de frutos da segunda penca e o grau de desenvolvimento fisiológico dos frutos, considerando-se a particularidade do subgrupo (tipo de fruto).

3.1.2.1. Número de folhas vivas na colheita (NFVC)

Foi contado o número de folhas vivas presentes nas plantas na época da colheita do cacho, considerando-se como viva ou funcional a folha que possuía mais de 50% do limbo verde, ainda que rasgado.

3.2. Método para a determinação do tamanho ótimo de parcela

Para cada característica foi determinado o tamanho ótimo de parcela (X_o), usando-se três metodologias: Método da Máxima Curvatura, Método da Máxima Curvatura Modificado e Método do Modelo Linear de Resposta Platô.

3.2.1. Método da Máxima Curvatura (MMC)

A origem e autoria deste método são desconhecidas. Chacin Lugo (1977) chega a caracterizá-lo como o primeiro método usado na obtenção de tamanho ótimo de parcelas experimentais.

Sua metodologia consiste em utilizar ensaios em branco, calculando-se, então, os coeficientes de variação (CV) de cada tamanho (x) de parcela, sem considerar a sua forma, obtendo-se um conjunto de pontos do tipo (x , CV), que são relacionados num sistema de eixos coordenados.

Uma curva, então, é traçada através das coordenadas resultantes, e o seu ponto de máxima curvatura é localizado por inspeção visual, de forma subjetiva, adotando-se como tamanho ótimo de parcela o valor correspondente à abscissa do ponto de máxima curvatura (FEDERER, 1955).

Federer (1955) cita dois pontos restritivos a esse método, e não se consideram os custos envolvidos, e o tamanho adotado para a unidade básica do ensaio em branco influencia no ponto de máxima curvatura. Esse mesmo autor parte, em sua defesa, para os casos em que a escolha da unidade básica do ensaio é algo natural, não convencionada arbitrariamente como um animal, uma árvore, uma leitura ou determinação de algum aparelho etc., desaconselhando-se sua aplicação nos demais casos, pois o

tamanho arbitrário da unidade básica influencia no ponto de máxima curvatura.

Neste trabalho, optou-se por utilização de programa de computador (Microsoft Excel) na elaboração dos gráficos, conforme procedimento adotado por Ortiz (1995).

3.2.2. Método da Máxima Curvatura Modificado (MMCM)

Foi proposto por Lessman e Atkins (1963) e consiste em se determinar, algebricamente, o ponto onde a curvatura é máxima na curva que relaciona coeficiente de variação com o tamanho de parcela. Essa relação entre CV e tamanho de parcela, segundo Meier e Lessman (1971), pode ser estimada pela equação geral:

$$Y = aX^{-b}$$

em que Y representa o índice de variabilidade e X, o correspondente tamanho da parcela em unidades básicas. Neste trabalho, utilizou-se a função:

$$CV = aX^{-b}$$

para a qual o valor correspondente a ponto de máxima curvatura foi estimado pela fórmula seguinte (MEIER; LESSMAN, 1971), adotando-se o simétrico de b no procedimento de cálculo (CHAVES, 1985):

$$X_0 = \left[\frac{a^2 b^2 (2b+1)}{(b+2)} \right]^{\frac{1}{(2b+2)}}$$

em que X_0 é o valor da abscissa correspondente ao ponto de máxima curvatura e a e b são parâmetros do modelo.

3.2.3. Modelo Linear de Resposta Platô (MLRP)

Consiste em determinar uma reta crescente ou decrescente, em conjunto com uma reta constante, de forma que o valor da abscissa no ponto de encontro corresponde ao tamanho ótimo de parcela (X_0), em que X_0 é o ponto de junção dos dois segmentos, o qual indica o tamanho ótimo da parcela.

O seguinte modelo é dado por;

$$CV_i = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i, & X_i \leq X_0 \\ P + e_i, & X_i > X_0 \end{cases}$$

em que β_0 e β_1 são os parâmetros do modelo e e_i , os erros aleatórios. O coeficiente β_1 é também denominado coeficiente de regressão, o coeficiente β_0 é também conhecido como termo constante da equação de regressão e P é o platô, ou seja, a constante que representa o comportamento de Y_i após o ponto X_0 . O método usual para estimativa dos parâmetros β_0 e β_1 é o Mínimos Quadrados (MMQ). Esse método consiste em adotar como estimativas dos parâmetros os valores que minimizam a soma de quadrados dos desvios (ou dos erros). Esses são dados por:

$$e_i = Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i \quad \text{e a função} \quad Z = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i)^2$$

terá o mínimo quando suas derivadas parciais em relação a β_0 e β_1 forem nulas.

$$\begin{cases} \frac{\partial Z}{\partial \beta_0} = -2 \sum (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i) \\ \frac{\partial Z}{\partial \beta_1} = 2 \sum [Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i](-X_i) \end{cases}$$

Assim, as estimativas de β_0 e β_1 são definidas por:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 X_i) = 0 \\ \sum_{i=1}^n X_i (Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 X_i) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

A partir da expressão (1), pode-se escrever o seguinte sistema de equações normais:

$$\begin{cases} n\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \sum_i X_i = \sum_i Y_i \\ \hat{\beta}_0 \sum_i X_i + \hat{\beta}_1 \sum_i X_i^2 = \sum_i X_i Y_i \end{cases} \quad (2)$$

Resolvendo o sistema, tem-se:

$$\hat{\beta}_0 = \frac{\sum_i Y_i}{n} - \hat{\beta}_1 \frac{\sum_i X_i}{n}$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{Y} - \hat{\beta}_1 \bar{X} \quad \text{e} \quad \hat{\beta}_1 = \frac{\sum_i X_i Y_i - \frac{\sum_i X_i \sum_i Y_i}{n}}{\sum_i X_i^2 - \frac{\left(\sum_i X_i\right)^2}{n}}$$

Considerando um conjunto de dados com n pontos para a escolha do modelo de melhor ajuste, procede-se da seguinte forma:

Fazer as combinações dos pontos escolhendo dois pontos para a reta e n-2 para a paralela, 3 pontos para a reta e n-3 para a paralela até n-2 para a reta e 2 para a paralela. Em cada combinação, devem-se estimar os parâmetros da regressão β_0 e β_1 , e, eliminando as combinações dos pontos escolhidos, calculam-se a média dos pontos restantes e a soma de quadrado dos desvios de cada modelo ajustado. O modelo que tiver menor soma de quadrado dos desvios será o de melhor ajuste.

O software usado para obtenção dos resultados nas três metodologias foi o SAEG (2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do experimento estão apresentados na Tabela 1, indicando os coeficientes de variação CV em porcentagens e os valores de unidades básicas das variáveis: altura da planta (AP), perímetro do pseudocaule (PPC), número de folhas vivas no florescimento (NFV), número de filhos emitidos no florescimento (NFF) e número de folhas vivas após a colheita (NFVC).

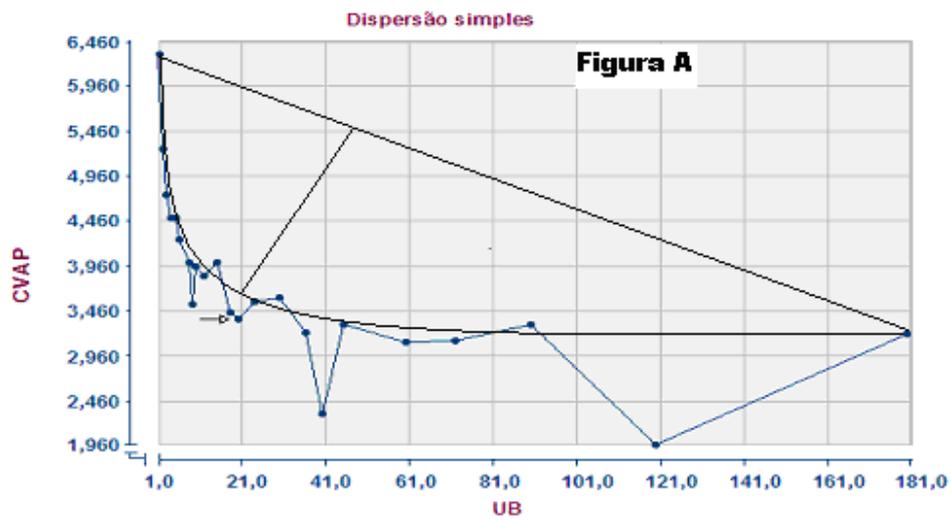
Verifica-se na Tabela 1 que o coeficiente de variação da altura da planta está entre 1,96 e 6,3%; no perímetro do pseudocaule está entre 2,39 e 7,6%; o número de folhas vivas varia de 1,84% e 11,48%; o número de filhos de 0,91 e 31-477%; eo número de folhas vivas na colheita varia de 2,2% a 16,59%. Esses valores de CV% são considerados de baixa magnitude.

4.1. Método da máxima curvatura

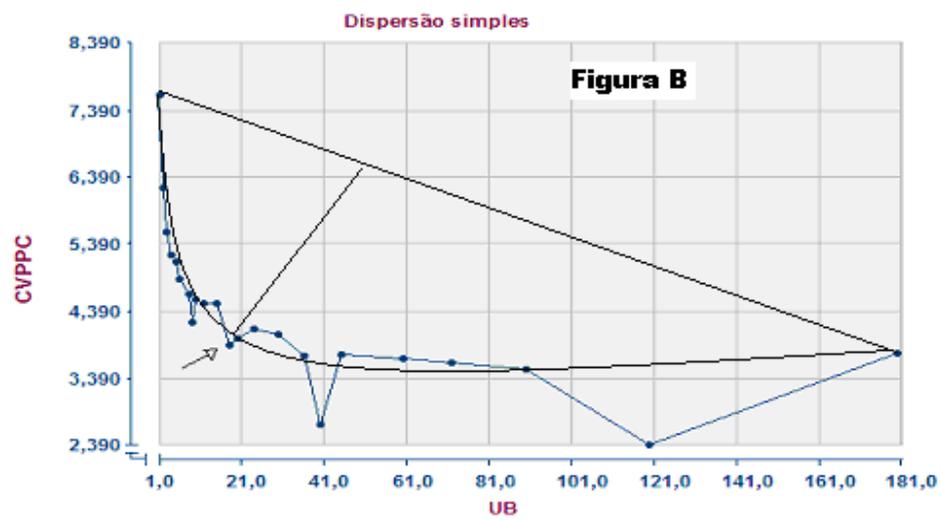
Na Figura 1A-E, encontra-se a dispersão dos coeficientes de variação (CV%) em função do tamanho da unidade básica das variáveis Altura da Planta (A), Perímetro do Pseudocaule (B), Número de Folhas Vivas no Florescimento (C), Número de Filhos Emitidos no Florescimento (D) e Número de Folhas Vivas na Colheita (E), no segundo ciclo da produção.

Tabela 1 – Valores de unidade básica (UB) e coeficiente de variação das variáveis Altura da Planta (CVAP), Perímetro do Pseudocaule (CVPPC), Número de Folhas Vivas no Florescimento (CVNFV), Número de Filhos Emitidos no Florescimento (CVNFF) e Número de Folhas Vivas na Colheita (CVNFVC), no segundo ciclo da produção de banana

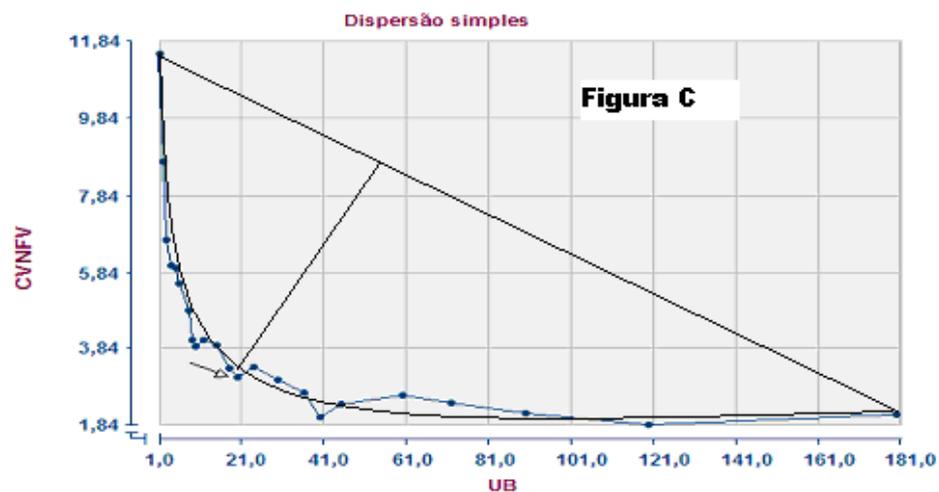
UB	CVAP (%)	CVPPC (%)	CVNFV (%)	CVNFF (%)	CVNFVC (%)
1	6,30	7,60	11,48	31,47	16,59
2	5,24	6,21	8,65	23,89	12,04
3	4,74	5,53	6,64	18,35	10,23
4	4,47	5,21	5,97	17,42	9,79
5	4,48	5,11	5,91	16,33	9,05
6	4,24	4,84	5,52	13,61	7,53
8	3,98	4,61	4,79	13,28	7,91
9	3,51	4,21	4,01	10,79	6,57
10	3,95	4,55	3,85	12,88	6,49
12	3,84	4,47	4,03	11,81	6,64
15	3,97	4,47	3,9	11,07	6,06
18	3,43	3,86	3,27	5,27	5,63
20	3,36	3,96	3,07	10,85	5,03
24	3,55	4,11	3,34	9,4	5,71
30	3,59	4,02	2,98	9,93	4,79
36	3,19	3,70	2,66	2,86	5,31
40	2,29	2,67	2,02	9,93	3,06
45	3,29	3,72	2,36	2,64	4,85
60	3,10	3,68	2,58	7,73	4,0
72	3,11	3,61	2,41	1,98	4,86
90	3,29	3,51	2,14	1,63	3,94
120	1,96	2,39	1,84	7,35	2,20
180	3,18	3,74	2,08	0,91	4,45



* A seta indica o ponto de máxima curvatura

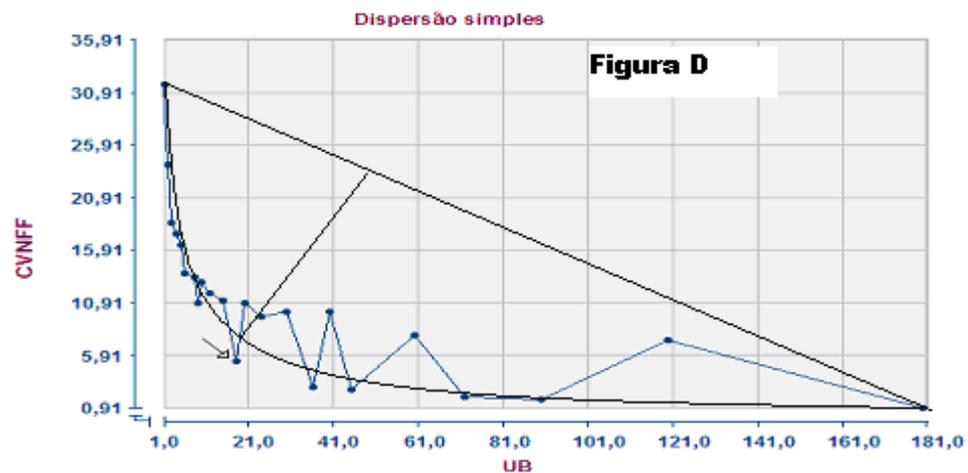


* A seta indica o ponto de máxima curvatura

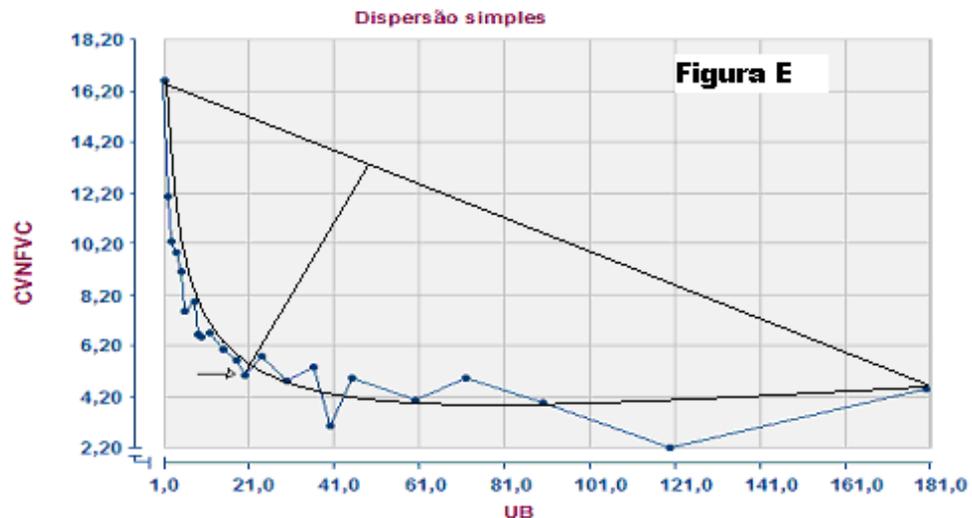


* A seta indica o ponto de máxima curvatura

Continua...



* A seta indica o ponto de máxima curvatura



* A seta indica o ponto de máxima curvatura

Figura 1 – Relação entre coeficientes de variação e tamanho de parcela para as características Altura da Planta (A), Perímetro do Pseudocaule (B), Número de Folhas Vivas no Florescimento (C), Número de Filhos Emitidos no Florescimento (D) e Número de Folhas Vivas na Colheita (E), no segundo ciclo de produção da bananeira Cv. Tropical, Guanambi, BA, 2006.

Na Tabela 2, encontram-se os valores dos CV% e os tamanhos ótimos da unidade básica das características em estudo. Verifica-se, nessa figura, que o tamanho da unidade básica varia de 17,5 a 20,5 UB.

Tabela 2 – Tamanho da unidade básica e coeficiente de variação de cada característica para o Método da Máxima Curvatura

Estatística	AP	PPC	NFV	NFF	NFVC
X_0	19,5	17,5	20	17,5	20,5
CV	3,2	4,1	3,2	5,1	5,3

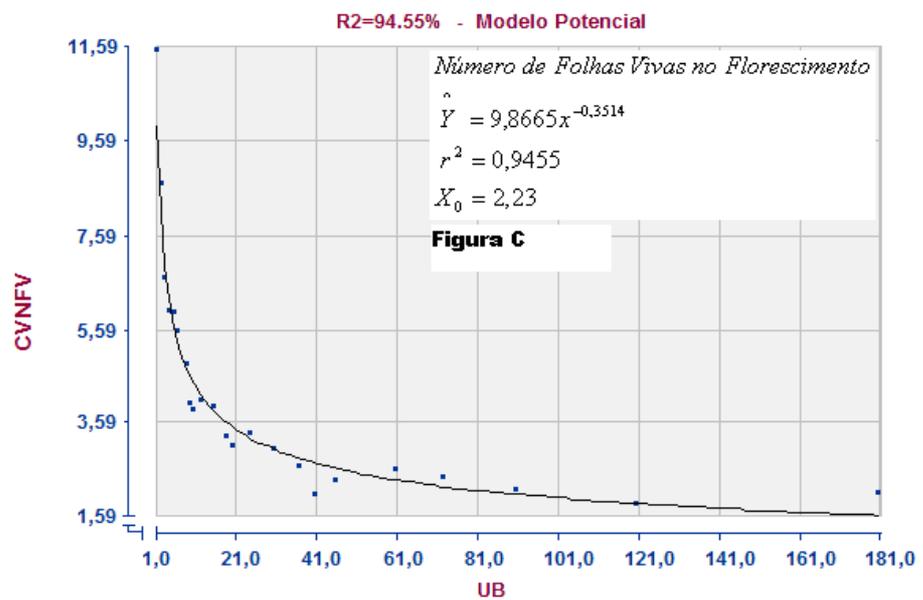
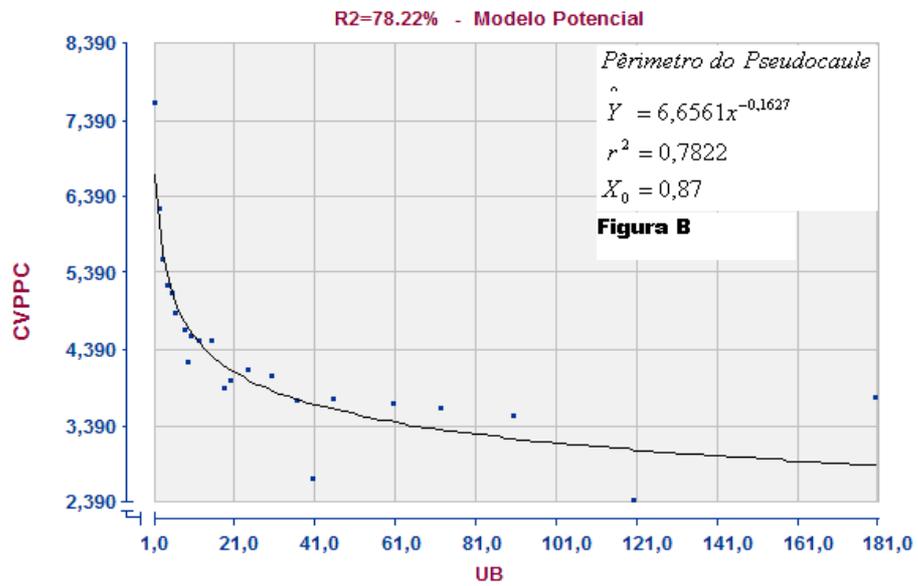
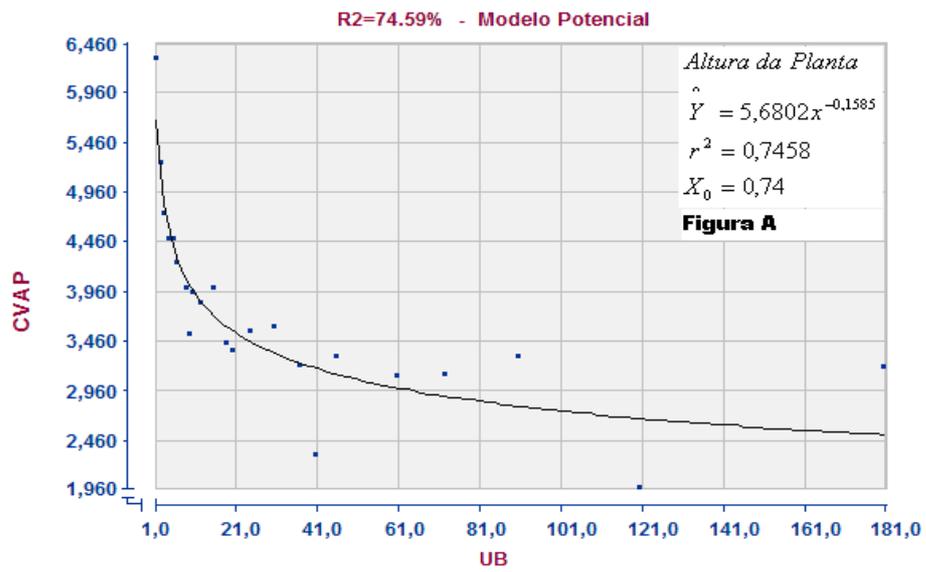
Em relação ao tamanho da unidade básica das características, obteve-se um intervalo de confiança (IC) de 95% para a média de $17,24 \leq \mu \leq 20,76$. Esse método da Máxima Curvatura geralmente superestima o tamanho da unidade básica em relação aos outros métodos. Com base no IC, pode-se recomendar que, independentemente da característica, utilize 20 UB, o que corresponde a 120 m².

4.2. Método da máxima curvatura modificada

Na Figura 2A-E, encontram-se os gráficos da relação entre coeficientes de variação (CV%) em função do tamanho de parcela, em unidades básicas, a equação de regressão, o coeficiente de determinação e o valor da abscissa no ponto de máxima curvatura (X_0) das características.

Na Tabela 3, encontram-se os valores do tamanho da unidade básica, coeficiente de variação e o coeficiente de determinação.

O tamanho da unidade básica variou entre 0,74 para AP e 6,88 para NFF, enquanto o coeficiente de variação variou entre 5,2 para AP e 13,84 para NFF. O coeficiente de determinação variou de 71,52% para NFF a 84,85% para o NFVC.



Continua...

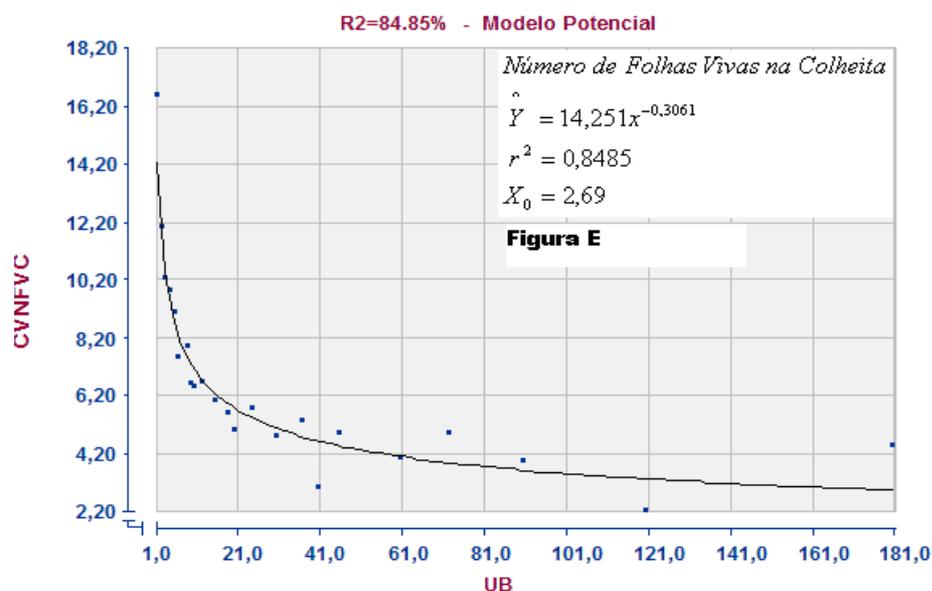
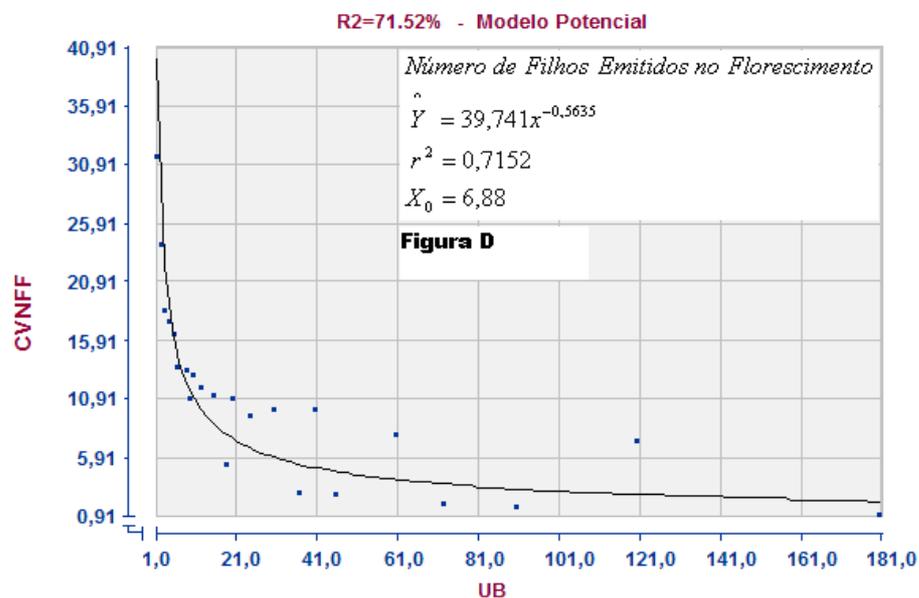


Figura 2 – Relação entre coeficiente de variação (CV%) e tamanho de parcela, em unidades básicas, e valor da abscissa no ponto de máxima curvatura (X_0) para características vegetativas Altura da Planta (A), Perímetro do Pseudocaule (B), Número de Folhas Vivas no Florescimento (C), Número de Filhos Emitidos no Florescimento (D) e Número de Folhas Vivas na Colheita (E), no segundo ciclo de produção em bananeira Cv. Tropical, Guanambi, BA, 2006.

Tabela 3 – Estimativa do tamanho da unidade básica (X_0) através do método da Máxima Curvatura Modificado, coeficiente de variação (CV%) e coeficiente de determinação (r^2) de cada característica

Estadística	<i>AP</i>	<i>PPC</i>	<i>NFV</i>	<i>NFF</i>	<i>NFVC</i>
X_0	0,74	0,87	2,23	6,88	2,69
<i>CV</i>	5,2	6,20	7,2	13,84	10,1
r^2	0,7458	0,7822	0,9455	0,7152	0,8485

Em relação ao tamanho da unidade básica das características, obteve-se um intervalo de confiança de 95% para a média de $-0,408 \leq \mu \leq 5,772$, indicando grande variabilidade do tamanho das características, e, além disso, esse método subestima o tamanho.

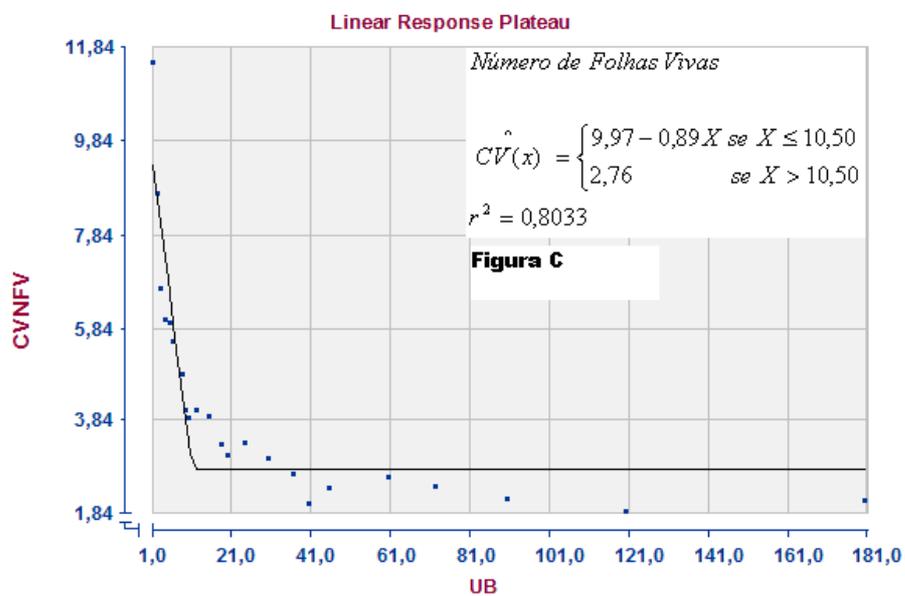
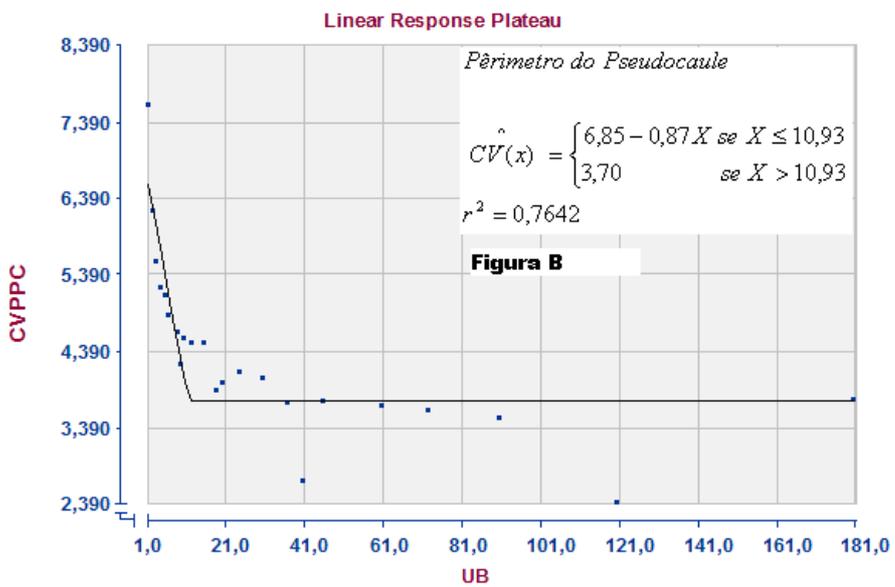
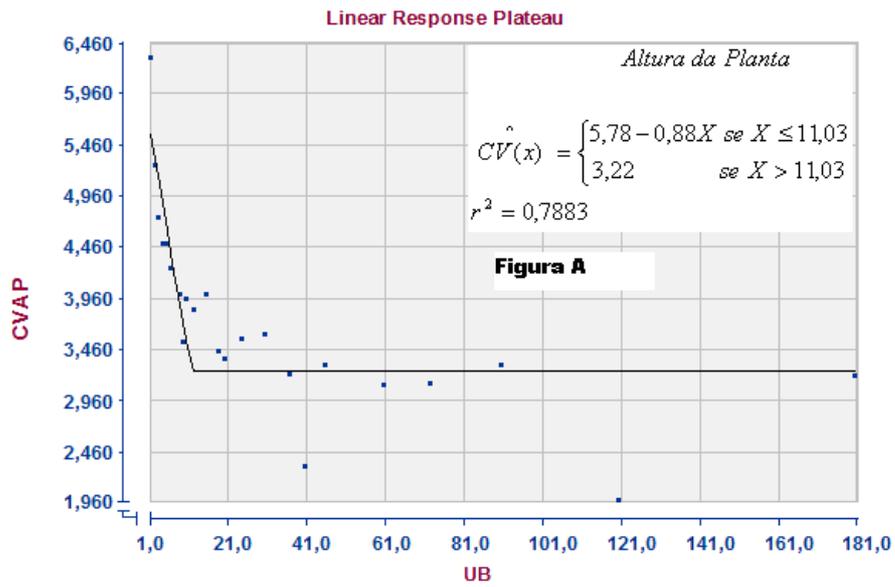
4.3. Método do modelo linear de resposta platô

Na Figura 3, encontram-se o modelo ajustado para cada característica e o seu coeficiente de determinação.

Na Tabela 4, encontra-se o valor do tamanho da unidade básica (x_0) e os coeficientes de determinação (r^2) das características Altura da Planta (AP), Perímetro do Pseudocaule (PPC), Número de Folhas Vivas (NFV), Número de Filhos Emitidos no Florescimento (NFF) e Número de Folhas Vivas na Colheita (NFVC).

Verifica-se, nessa tabela, que o tamanho da unidade básica variou entre 10,50 para Número de Folhas Vivas (NFV) e 13,22 para Número de Filhos Emitidos no Florescimento (NFF), enquanto o coeficiente de determinação variou de 71,77% para Número de Filhos Emitidos no Florescimento (NFF) a 80,33% para Número de Folhas Vivas (NFV).

Utilizando o método do Modelo Linear e resposta Platô, encontraram-se valores intermediários em relação aos outros métodos. O intervalo de confiança da média com 95% de probabilidade foi $9,81 \leq \mu \leq 12,65$, sendo o tamanho médio de 11,28. Independentemente da característica, pode-se recomendar um tamanho da unidade básica de 11 UB, o que corresponde a 66 m².



Continua...

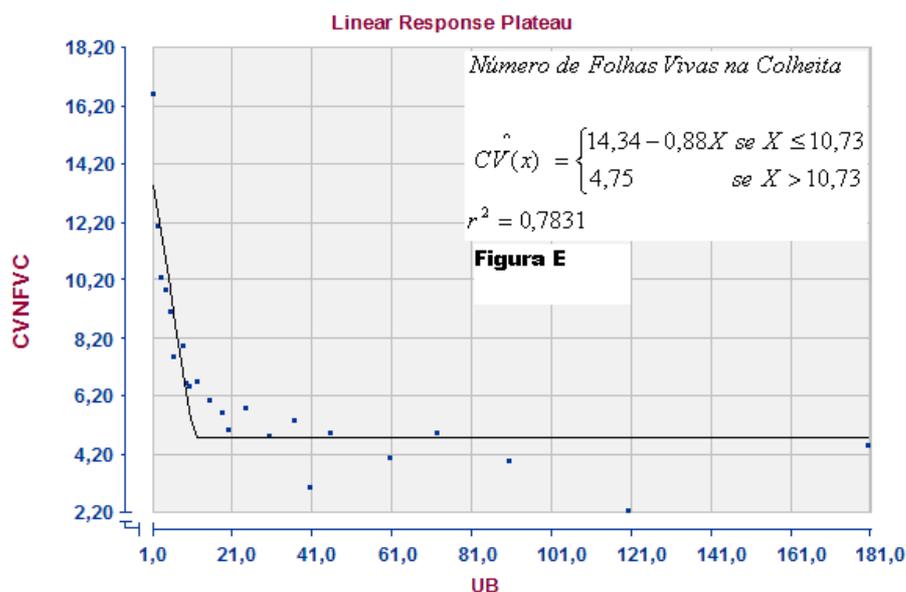
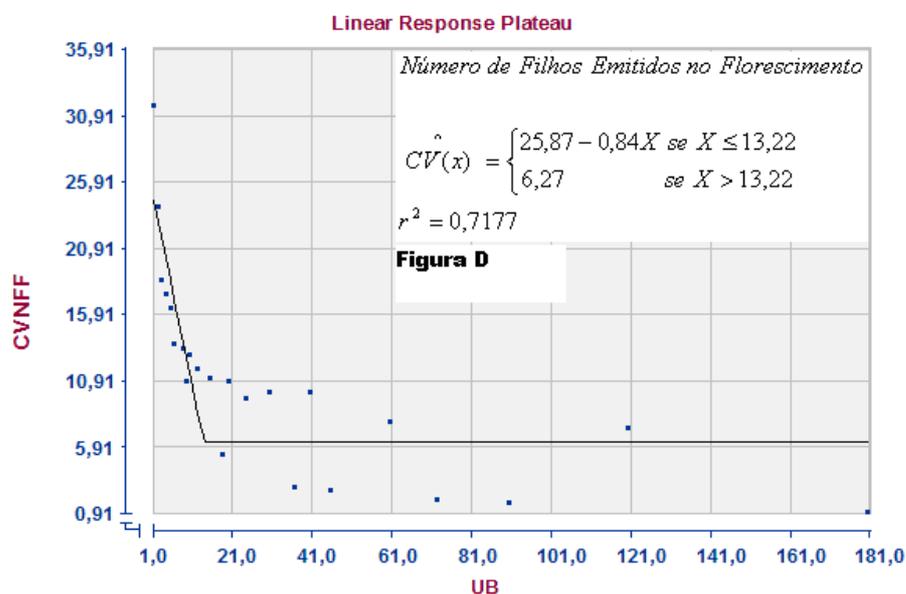


Figura 3 – Relação entre coeficiente de variação (CV%) e tamanho de parcela, em unidades básicas, e valor da abscissa no ponto de máxima curvatura (X_0) das características vegetativas altura da planta (a), número de filhos emitidos (b), número de folhas vivas na colheita (c), número de folhas vivas (d) e perímetro do pseudocaule (e), avaliadas no segundo ciclo de produção de bananeira Cv. Tropical, Guanambi, BA, 2006.

Tabela 4 – Tamanho da unidade básica (x_0) e coeficiente de determinação (r^2) do modelo ajustado para cada característica: Altura da Planta (AP), Perímetro do Pseudocaule (PPC), Número de Folhas Vivas (NFV), Número de Filhos Emitidos no Florescimento (NFF) e Número de Folhas Vivas na Colheita (NFVC)

Método do Modelo Linear de Resposta Platô					
Estadística	AP	PPC	NFV	NFF	NFVC
X_0	11,03	10,93	10,50	13,22	10,73
r^2	0,7883	0,7642	0,8033	0,7177	0,7831

Na Tabela 5, apresentam-se a média, o desvio-padrão, a variância e o intervalo de confiança de cada método.

Tabela 5 – Média, desvio-padrão e intervalo de confiança (IC) dos valores ótimos de todas as características dos respectivos métodos

	MMC	MMCM	MMLRP
\bar{X}_0	19	2,682	11,28
s	1,41	2,49	1,10
$IC_{95\%}(\mu)$	$19 \pm 1,76$	$2,682 \pm 3,09$	$11,28 \pm 1,37$

Verificou-se, de acordo com os resultados, que o método da Máxima Curvatura Modificado (MMCM) subestima o tamanho da unidade básica (2,682 UB), enquanto pelo método da Máxima Curvatura (MMC) foi encontrado um valor muito alto para o tamanho da unidade básica (19 UB). Já pelo método do Modelo Linear de Resposta Pato (MMLRP), encontrou-se na unidade básica um valor aproximadamente igual à média dos dois métodos.

5. CONCLUSÕES

Após a aplicação das metodologias propostas, foi possível concluir que:

O método da máxima curvatura determinou valores muito altos para as unidades básicas.

O método da Máxima Curvatura Modificada subestima o tamanho da UB.

De acordo com o método Modelo Linear de Resposta e Platô, o tamanho ótimo de parcela indicada foi de 11 unidades básicas, independentemente da característica.

O uso de mais de um método de determinação de tamanho e forma ótimos de parcelas experimentais é recomendável, sempre que couber, de modo que o tamanho de parcela adotado atenda, na medida do possível, aos diversos fatores considerados em cada método.

6. REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, R. F.; CORREIA, E.; TERUEL, B. J. Simulação computacional aplicada ao desenvolvimento de embalagens para bananas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 30, n. 1, p. 079-087, 2008.

ALVES, E. J. (Org.). **A cultura da banana**: aspectos técnicos socioeconômicos e agroindustriais. Brasília: SPI; Cruz das Almas: Embrapa-CNPMF, 1997. 585 p.

ALVES, S. de F. M.; SERAPHIN, J. C. Coeficiente de heterogeneidade do solo e tamanho de parcela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 105-111, 2004.

AGRIANUAL 2009. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, Consultoria e comércio, 2009. 300 p.

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

BELING, R. R. et al. **Anuário brasileiro da fruticultura**. Santa Cruz do Sul, SC: Editora Gazeta Santa Cruz, 2003. 136 p.

BRASIL – Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SD 23 Brasília; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. 660 p. il., 5 mapas (Levantamento de Recursos Naturais, volume 29).

BUENO, A.; GOMES, F. P. Estimativa do tamanho de parcela em experimento de mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 2, n. 2, p. 39-44, 1983.

CARVALHO, P. C. L. de. **Estabelecimento de descritores botânico-agronômicos para caracterização de banana (*Musa spp.*)**. 1995. 190 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, BA, 1995.

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

CHACIM LUGO, F. Tamaño de parcela experimental y su forma. **Revista de La Facultad de Agronomia**, Maracay, v. 9, n. 3, p. 55-74, 1977.

COBO MUNOZ, M. Trials with perennial tropical crops in commercial fields in 1971-1989. **Revista de la Facultad de Agronomia da Universidad Central de Venezuela.**, v. 18, n. 1, p. 133-158, 1992.

CORDEIRO, C. M. T.; MIRANDA, J. E. C. Tamanho da parcela e eficiência experimental em batata-doce usando a potência do teste F. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 7, p. 707-713, 1983.

DAMATTO JUNIOR, E. R. **Efeitos da adubação com composto orgânico na fertilidade do solo, desenvolvimento, produção e qualidade de frutos de bananeira 'Prata-anã' (*Musa AAB*)**. 2005. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2005.

DOLL, E. T. SALES JÚNIOR, S. G.; VIANA, A. E. S. Estimativa do tamanho de parcelas em experimentos com cafeeiros na região de Vitória da Conquista-BA. In: CONGRESSO DE PESQUISA E EXTENSÃO DA UESB-CONPEX, 5, 2000, Vitória da Conquista, **Anais...** Vitória da Conquista, BA: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2000. 306 p.

DONATO, S. L. R. **Comportamento de variedades e híbridos de bananeira (*Musa spp.*), em primeiro ciclo de produção no Sudoeste da Bahia, Região de Guanambi**. 2003. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2003.

DONATO, S. L. R. **Estimativas do tamanho e forma de parcelas experimentais para avaliação de descritores fenotípicos em bananeira (*Musa spp.*)**. 2007. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

DURNER, E. F. OPS: a computer program for estimating optimum plot size for field research. **HortScience**, Alexandria, v. 24, n. 6, p. 1040, 1989.

FAO – Food and Agriculture Organization. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 10 fev. 2010.

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

FERREIRA, D. F. **Uso de recursos computacionais**. Lavras, MG: UFLA, 2006. 123 p.

FLORES, J. C. de O. **Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira (*Musa spp.*) em quatro ciclos de produção em cruz das Almas, BA**. 2000. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, BA, 2000.

GENIZI, A.; LAHAV, E.; PUTTER, J. Determination of optimal plot size in banana experiments. **Fruits**, v. 35, p. 25-28. 1980.

GONÇALVES, V. D. et al. Avaliação das cultivares de bananeira Prata-Anã, Thap-Maeo e Caipira em diferentes sistemas de plantio no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 371-376, 2008.

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

HATHEWAY, W. H.; WILLIAMS, E. J. Efficient estimation of the relationship between plot size and the variability of crop yields. **Biometrics**, Raleigh, v. 14, n. 2, p. 207-222, 1958.

HENRIQUES NETO, D. **Estimativas de tamanho e forma de parcelas experimentais para avaliação do rendimento de grãos em trigo**. 2003. 138 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

HENRIQUES NETO, D.; SEDIYAMA, T.; SOUZA, M. A. de; CECON, P. R.; YAMANAKA, C. H.; SEDIYAMA, M. A. N.; VIANA, A. E. Tamanho de parcelas em experimentos com trigo irrigado sob plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 517-524, 2004.

KELLER, K. R. Uniformity trial on Hops, *Humulus lupulus* L., for increasing the precision of field experiments. **Agronomy Journal**, Madson, v. 41, n. 8, p. 389-392, 1949.

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

LEDO, A. da S.; SILVA, L., F. J. da; SILVA, S. de O. e. **Avaliação de cultivares de banana em Rio Branco – Acre**. Rio Branco: Embrapa – CPAF/AC, 1997. 16 p. (Embrapa – CPAFC/AC – Boletim de pesquisa, 15).

LEITE, J. B. V.; SILVA, S. de O. e; ALVES, E. J.; LINS, R. D.; JESUS, O. N. de. Caracteres da planta e do cacho de genótipos de bananeira, em quatro ciclos de produção, em Belmonte, Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 443-447, 2003.

LEITE, M. S. O. **Tamanho da amostra para seleção de famílias de cana-de-açúcar**. 2007. 51 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

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

LICHTENBERG, L. A. Colheita e pós-colheita da banana. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 196, p. 73-90, jan./fev.1999.

LIMA, M. B.; SILVA, S. de O. e; OLIVEIRA, W. S. J.; JESUS, O. N. de; GARRIDO, M. da S.; AZEVEDO, R. L. de. Avaliação de variedades e híbridos de bananeira no recôncavo baiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2, 2003, Porto Seguro. **Anais...** Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura/SBMP, 2003. v. 1, p. 2536-2540.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. Working rules for determining the plot size and numbers of plots per block in field experiments. **Journal of Agricultural Science**, v. 103, p. 11-15, 1984.

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

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. 3, p. 648-650, 1971.

MOREIRA, R. S. **Banana, teoria e prática de cultivo**. 2. ed. São Paulo, SP, FUNDAÇÃO CARGILL, 1999. CD-ROM.

MOTULSKY, H.; CHRISTOPOULOS, A. **Fitting models to biological data using linear and nonlinear regression: a practical guide to curve fitting**. 4. ed. San Diego, CA: GraphPad Software, 2003. 351 p.

MOURA, R. J. M. de; SILVA JUNIOR, J. F. da; SANTOS, V. F. dos; SILVA, S. de O. e; SÁ, V. A. de L. e; ANDRADE, O. J. L. de. Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira na Zona da Mata Norte de Pernambuco (1º ciclo). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém, PA: SBF, 2002.

MOURA, K. H. S. **Determinação do tamanho da amostra para avaliação de híbridos de melão amarelo**. 2008. 55 f. Dissertação (Mestrado em agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2008.

MUNIZ, J. A.; SIMPLÍCIO, E.; AQUINO, L. H. de; SOARES, A. R. Determinação do tamanho de parcelas experimentais em povoamento de *Eucalyptus grandis* Hill, II - parcelas quadradas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 446-453, 1999.

NOKOE, S.; ORTIZ, R. Optimum plot size for banana trials. **Hortscience**, v. 33, n. 1, p. 130-132, 1998.

NUNES, R. F. de M.; ALVES, E. J.; OLIVEIRA, C. A. V. **Comportamento de cultivares de banana no Vale do São Francisco**. – Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2001. 34 p. (Embrapa Semiárido. Documentos; 173).

OLIVEIRA, P. H.; ESTEFANEL, V. Tamanho e forma ótimos da parcela para avaliação do rendimento em experimentos com batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 205-208, 1995.

OLIVEIRA, C. A. P. de; SOUZA, C. M. de. Influência da cobertura morta na umidade, incidência de plantas daninhas e de broca-do-rizoma (*Cosmopolites sordidus*) em um pomar de bananeiras (*Musa* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 345-347, 2003.

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

ORTIZ, R. Plot techniques for assessment of bunch weight in banana trials under two systems of crop management. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, n. 1, p. 63-69, 1995.

PABLO, J. L.; CASTILLO, A. **Determinación del tamaño de parcela experimental óptimo mediante la forma canônica**. Chamingo: Colégio de Postgrado, Centro de Estadística Y Calculo, 1966. 16 p.

PARANAÍBA, P. F. **Proposição e avaliação de métodos para estimar o tamanho ótimo de parcelas experimentais**. 2007. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração em Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2007.

PASSOS, A. R.; SILVA, S. de O. e; REZENDE, J. C. F. de; RODRIGUES, M. G. V.; LIMA NETO, F. P.; ROCHA, M. A. C. da. Avaliação de genótipos de bananeira tipo maçã em diferentes ecossistemas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2003, Belém. **Anais...** Belém, PA: SBF, 2002. Disponível em: <<http://www.ufpel.tche.br/sbfruti>>. Acesso em: 10 ago. 2003.

PEREIRA, L. V.; ALVARENGA, A. A.; MATOS, L. E. S.; SILVA, C. R. de R. e. Avaliação de cultivares de bananeira (*Musa spp.*) em três locais do estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, p. 1373-1382, dez. 2002. Edição Especial.

PIGNATARO, I. A. B.; GONÇALVES, H. M. Estimativa do melhor tamanho de parcela para experimento de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 153-159, 1972.

RAY, S.; SHARMA, C. B.; SHUKLA, V. Technique of estimating optimum size and shape of plot from fertilisier trial data. **Journal of the Indian**, Banglore, v. 25, n. 2, p. 193-196, 1973.

RESENDE, M. D. V. de; SOUZA JÚNIOR, C. L. de. Número de repetições e tamanho da parcela para seleção de progênies de milho em solos sob cerrado e fértil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 8, p. 781-788, 1997.

RODRIGUES, M. G. V.; SOUTO, R. F.; DIAS, M. S. C.; SILVA, E. de B. Manejo do bananal de Prata Anã cultivado no Norte de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO NORTE MINEIRO SOBRE A CULTURA DA BANANA, 1., 2001, Nova Porteirinha, MG. **Anais...** Montes Claros, MG: Ed. Unimontes, 2001. p. 154-167.

ROSSETTI, A. G.; PIMENTEL-GOMES, F. Determinação do tamanho ótimo de parcelas em ensaios agrícolas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 5, p. 477-487, 1983.

SAEG – Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes-UFV – Viçosa, MG, 2007.

SILVA, J. T. da BORGES, A. L.; MALBURG, J. L. Solos, adubação e nutrição da bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p. 21-36. jan/fev., 1999.

SILVA, S. de O. e; ALVES, E. J.; LIMA, M. B.; SILVEIRA J. R. da S. Bananeira. In: BRUCKNER, C. H. (Ed.). **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. p. 101-157.

SILVA, S. de O. e; CARVALHO, P. C. L. de; SHERPHERD, K.; ALVES, E. J.; OLIVEIRA, C. A. P. de; CARVALHO, J. A. B. S. **Catálogo de germoplasma de bananeira (*Musa spp.*)**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. 100 p.

SILVA, S. de O. e; ROCHA, S. A.; ALVES, E. J.; CREDICO, M. DI.; PASSOS, A. R. Caracterização morfológica e avaliação de cultivares e híbridos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 22, n. 2, p. 161-169, ago. 2000.

SILVA, P. S. L. e; BARRETO, H. E. P.; SANTOS, M. X. dos. Avaliação de cultivares de milho quanto aos rendimentos de grãos verdes e secos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, p. 63-69, 1997.

SIMPLÍCIO, E. **Determinação do tamanho de parcelas experimentais em povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden**. 1987. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG, 1987.

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

SOTO BALLESTERO, M. **Bananos: cultivo e comercialización**. 2. ed. San José, Costa Rica: Litografia e Imprensa LIL, 1992. 674 p.

SPEIJER, P. R. S. F.; KAJUMBRA, C.; GOLD, C. S. Optimum sample size for *Pratylenchus goodeyi* (COBB) sher and allen density and damage assessment in highland banana (*Musa* AAA) in Uganda. **African Crop Science Journal**, v. 6, n. 3, p. 283-291, 1998.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**. 2. ed. New York: McGraw-Hill Book, 1980.

STORCK, L.; UITDEWILLIGEN, W. P. M. Estimativa para tamanho e forma de parcela e número de repetições para experimentos com milho (*Zea mays* L.). **Agronomia Sulriogradense**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 269-282, 1980.

TERUEL, M. N.; Meyer, T. Fluorescence imaging of signaling networks. **Trends in Cell Biology**, v. 13, n. 2, p. 101-6, 2002.

VALLEJO, R. L.; MENDONZA, H. A. Plot technique studies on sweetpotato yield trials. **Jornal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, n. 3, p. 508-511, 1992.

VIANA, A. S. **Estimativas de tamanho de parcelas e características do material de plantio em experimentos com mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 1999. 123 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

VIANA, A. E.; SEDIYAMA, T.; CECON, P. R.; LOPES, S. D.; SEDIYAMA, M. A. N. Estimativas de tamanho de parcela em experimentos com mandioca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 58-63, 2002b.

WIEBE, G. A. Variation and correlation in grain yield among 1.500 wheat nurse plots. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 50, n. 4, p. 331-357, 1935.

ZANON, M. L. B.; STORCK, L. Tamanho ótimo de parcelas experimentais para *Eucalyptus saligna* Smith. em dois estádios de desenvolvimento. **Cerne**, v. 6, n. 2, p.104-111, 2000.

ZIMMERMANN, F. J. P. Efeito de bordadura em parcelas experimentais de arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 297-300, jul. 1980.